



# PROSIDING

Seminar Nasional Biologi XXII Perhimpunan Biologi Indonesia

“

Peran biologi dalam pendayagunaan  
*bioresources* Indonesia  
untuk meningkatkan  
daya saing bangsa

”



Editor :

RE Prabowo, AR Maharning, ER Ardli, H Pramono, GE Wijayanti, MH Sastranegara, Y Sistina



**Universitas Jenderal Soedirman**  
Purwokerto  
2014

PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL BIOLOGI XXII  
PERHIMPUNAN BIOLOGI  
INDONESIA

Peran Biologi dalam Pendayagunaan Bioresources Indonesia untuk  
Meningkatkan Daya Saing Bangsa

Purwokerto  
31 Agustus – 1 September 2013

Editor

Romanus Edy Prabowo  
Ardhini Rin Maharning  
Erwin Riyanto Ardli  
Hendro Pramono  
Gratiana Eka Wijayanti  
Moh. Husein Sastranegara  
Yulia Sistina

Diterbitkan Oleh

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman  
Purwokerto  
2014



Hak Cipta © 2014 Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Dicetak di Indonesia

Cetakan Pertama, Januari 2014

**ISBN cetak : 978-979-16109-6-4**

**ISBN elektronik : 978-979-16109-9-5**

Diterbitkan oleh Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman

Jalan dr. Suparno 63 Grendeng, Purwokerto, Indonesia 53122

Telephone dan Faksimili +62 281 625865

Email : [biologi@unsoed.ac.id](mailto:biologi@unsoed.ac.id)

<http://bio.unsoed.ac.id>



## PRAKATA

Buku prosiding ini disusun sebagai kumpulan makalah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional XXII Perhimpunan Biologi Indonesia yang dilaksanakan pada tanggal 30 Agustus hingga 1 September 2013 di Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto dengan tema “Peran biologi dalam pendayagunaan bioresources Indonesia untuk meningkatkan daya saing bangsa”. Seminar Nasional XXII Perhimpunan Biologi Indonesia ini diselenggarakan oleh Perhimpunan Biologi Indonesia Cabang Purwokerto bekerjasama dengan Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto dengan arahan dari Pengurus Pusat Perhimpunan Biologi Indonesia.

Makalah dalam prosiding ini dikelompokkan dalam enam topik yaitu: (1) Pendidikan Biologi; (2) Biologi Sel, Biologi Molekuler, dan Genetika; (3) Fisiologi dan Reproduksi; (4) Ekologi dan Konservasi; serta (5) Biologi Umum, yang seluruhnya sudah dipresentasikan baik dalam bentuk presentasi oral maupun poster. Makalah dalam prosiding ini telah ditelaah oleh editor untuk kelayakan dan kesesuaian penerbitan.

Semoga prosiding makalah ini bermanfaat dan dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi untuk pengembangan pendidikan dan pengetahuan serta penelitian dan aplikasi biologi secara umum.

Purwokerto, Januari 2014

Editor



# DAFTAR ISI

<i>Hubungan Aktivitas Peroksidase dengan Kandungan Katarantin pada Kultur Sel Catharanthus roseus dengan Perlakuan Triptofan</i> Dingse Pandiangan .....	2
<i>Polimorfisme rs1805034 Gen Rank (Receptor Activator of Nuclear Faktor Kappa B): Hubungannya Dengan Osteoporosis Pada Wanita Pascamenoopause Di Bekasi Indonesia</i> Luluk Yunaini <sup>1</sup> , Dwi Anita Suryandari <sup>1</sup> , Elza Ibrahim Auerkari <sup>2</sup> , Linda Kusdhany <sup>2</sup> dan Mala Kurniati <sup>3</sup> .....	10
<i>Expression and Purification of Voltage Dependent Anion Channel 3 (VDAC3) Recombinant Protein in Eschericia coli</i> Asmarinah <sup>1</sup> , Tri Panjiasih Susmiarsih <sup>2</sup> , Dwi Ari Pujiyanto <sup>1</sup> , Endang Winiati Bachtiar <sup>3</sup> .....	15
<i>Keanekaragaman Penanda SCAR dan Rep-Pot2 pada Turunan Hasil Infeksi Silang Pyricularia Asal Rumput Digitaria ciliaris</i> Sri Listiyowati <sup>1,2</sup> , Utut Widyastuti <sup>1,2</sup> , Gayuh Rahayu <sup>2</sup> , Alex Hartana <sup>1,2</sup> , Muhammad Jusuf <sup>1,2</sup> ..	16
<i>Identifikasi Produksi Artemisinin pada Artemisia annua L. Menggunakan Pendekatan Molekular</i> Utut Widyastuti <sup>1,2</sup> , Juliarni <sup>2</sup> , Yuli Widiastuti <sup>3</sup> , Dania <sup>2</sup> , Fajri <sup>2</sup> .....	17
<i>Transformasi Genetik Padi (Oryza sativa L) dengan Gen Penyandi Metallothionein Tipe II dari Melastoma malabathricum L. (MaMt2)</i> Suharsono <sup>1,2</sup> , Nurul Fitriah <sup>1</sup> , Utut Widyastuti <sup>1,2</sup> .....	18
<i>Uji Integritas DNA Sperma pada Semen Abnormal Menggunakan Metode Terminal Deoxynucleotidyl Transferase dUTP Nick-end Labelling (TUNEL) dan Sperm Chromatin Dispersion (SCD) Assay</i> Dwi Ari Pujiyanto <sup>1</sup> , Eldafira <sup>1</sup> , Uswatun Hasanah <sup>2</sup> .....	19
<i>Variasi Genetik Masyarakat Klan Pasek Catur Sanak Bali Mula Berdasarkan Haplotipe DNA Mikrosatelit Kromosom-Y</i> I Ketut Junitha <sup>1</sup> , Sang Ketut Sudirga <sup>1</sup> , Made Pharmawati <sup>1</sup> , Ni Luh Watiniasih <sup>1</sup> , Wayan Rosiana <sup>2</sup> .....	20
<i>Potensi Senyawa Bioaktif Strain Pleurotus ostreatus Di Jawa Dalam Menghambat Proliferasi Sel Kanker Leher Rahim</i> Nuraeni Ekowati <sup>1</sup> , Juni Safitri Muljowati <sup>1</sup> , dan Rina Sri Kasiamdari <sup>2</sup> .....	21
<i>Induksi Pembelahan Sporofitik Pada Kultur Antera Sebagai Tahap Awal Pengembangan Teknologi Haploid Untuk Kedelai</i> Ence Darmo Jaya Supena <sup>1</sup> , Budiana <sup>1</sup> , Suharsono <sup>1</sup> , Ika Mariska <sup>2</sup> .....	22
<i>Indeks Proliferasi Sel Granulosa Ovarium Pada Wanita SOPK Yang Mengikuti Program Bayi Tabung (IVF)</i> Roselina Panghiyangan <sup>1</sup> , Purnomo Soeharso <sup>2</sup> , Dwi Anita Suryandari <sup>2</sup> .....	23
<i>Aspek Genetik : Sindroma Ovarium Polikistik (SOPK)</i> Roselina Panghiyangan <sup>1</sup> dan Mala Kurniati <sup>2</sup> .....	24
<i>Evaluasi Ekspresi Protein Outer Dense Fiber (ODF) pada Kasus Pria Infertil Astenozoospermia</i>	



Silvia Werdhy Lestari, Dwi Ari Pujiyanto, Purnomo Soeharso .....	30
<i>The Role of Angiotensin II Signaling on Ischaemia Reperfusion (IR) Injury-Induced Myofibroblast Differentiation</i>	
Kartika Ratna Pertiwi .....	31
<i>Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanolik dan Metanolik Gracilaria sp. terhadap Escherichia coli, Shigella disenteriae, dan Salmonella typhii</i>	
Fauziatul Fitriyah, Afra Meiliand, Afina Kamila, Amir Sidiq, Try Laili Wirduna .....	38
<i>Tanggap Beberapa Aksesori Kentang Hitam (Solenostemon rotundifolius (Poir.) J. K. Morton Terhadap Tingkat Pemberian Air pada Fase Pertumbuhan dan Produksi.</i>	
Fauzia Syarif .....	39
<i>Gambaran DNA pada Spermatozoa Normal Pria Fertile</i>	
Zeti Harriyati .....	46
<i>Potensi Efek Apoptosis Ekstrak Etanol Daun Sendok (Plantago mayor L.) Melalui Peningkatan Kadar Caspase-3 pada Tikus Model Hipergastrinemia</i>	
Eman Sutrisna <sup>1</sup> , Ani M Maskoen <sup>2</sup> , Muchtan Sujatno <sup>3</sup> , Herri S. Sastramihardja <sup>3</sup> .....	47
<i>Pemanfaatan Limbah Medium Tanam Jamur Tiram (Pleurotus ostreatus) Sebagai Penyerap Logam Zn Limbah Cair Batik</i>	
Ratna Stia Dewi, Uki Dwiputranto, Hana .....	54
<i>Preservasi Empat Strain Nostoc (Cyanobacteria) Pada Suhu -80°C Dengan Variasi Protektan DMSO 5%, Trehalosa 5%, DMSO+Trehalosa 5% dan Gliserol 5%</i>	
Regy Ineke Ridart, Dian Hendrayanti .....	58
<i>Kemampuan Pleurotus ostreatus, Penicillium sp. dan Aspergillus sp. Dalam Menyerap Logam Zn Pada Limbah Cair Batik</i>	
Anna Yulita, Sri Lestari, Ratna Stia Dewi .....	65
<i>Fotostabilitas <math>\beta</math>-Karoten di Minyak Kelapa (Coconut oil) dan Minyak Olive (Oleic acid)</i>	
Matheos J. Takaeb <sup>1</sup> , Haryono Semangun <sup>2</sup> , Ferdy S. Rondonowu <sup>3</sup> .....	70
<i>Aktivitas Nitrifikasi Agrobacterium tumefaciens N1 Asal Sedimen Tambak Udang di Daerah Karawang, Jawa Barat</i>	
Nina Hermayani Sadi, Tri Widiyanto, M. Badjoeri .....	74
<i>Daya Hambat Bakteriosin Pseudomonas (Pseudomonasin) Terhadap Pertumbuhan Beberapa Kapang Patogen Secara In Vitro</i>	
Sukanto, Endang Sri Purwati dan Purnomowati .....	75
<i>Produksi Bioplastik Poli-<math>\beta</math>-Hidroksibutirat Oleh Bakteri Amilolitik Yang Diisolasi Dari Tepung Sagu Basah Menggunakan Berbagai Macam Substrat Pati</i>	
Nur Arfa Yanti .....	80
<i>Efektivitas Pengendalian Nyamuk Aedes aegypti dengan Mat Elektrik dari Minyak Atsiri Zodia</i>	
Muhamat <sup>1</sup> , Hasbianor, Hidayaturrahmah .....	85
<i>Inhibition Test of Ethanol Extract of Asam Jawa (Tamarindus indica) Fruit Against Growth of Pathogenic Bacteria Staphylococcus aureus at In Vitro Level</i>	
Nurhasanah <sup>1</sup> , Nurmaya Papuangan <sup>1</sup> , Nur Syaban .....	88



<i>Hutan Tanaman Industri Jenis Acacia mangium Sebagai Sumber Pakan Lebah Apis cerana</i>	
Avry Pribadi dan Purnomo .....	94
<i>Morfometri Kerang Darah Anadara granosa L Pada Beberapa Pasar Rakyat Makassar, Sulawesi Selatan</i>	
Muhammad Teguh Nagir, Magdalena Litaay, Eddy Soekendarsi .....	98
<i>Aplikasi Biosurfaktan Konsorsium Untuk Biodegradasi Limbah Hidrokarbon</i>	
Joko Sulistyono dan Rita Dwi Rahayu .....	104
<i>Salmonella Identification Method</i>	
Hazin Yusuf .....	111
<i>Bakteri Amilolitik Penghasil Asam Laktat Dari Sagu Masam Hasil Pengolahan Secara Tradisional Di Jayapura</i>	
Tri Gunaedi .....	112
<i>Pola Pertumbuhan Bakteri Ralstonia solanacearum Penyebab Penyakit Layu di Kalimantan Selatan</i>	
Yusriadi <sup>1</sup> , Abd. Latief Abadi, Hakimah Halim, Syamsudin Djauhari .....	117
<i>Aktivitas Enzim Selulase dari Aspergillus niger pada Media Ampas Tahu dengan Variasi Waktu Inkubasi</i>	
Hartono, Oslan Jumadi, Tita Popita .....	121
<i>Ekstraksi Protein Rekombinan VDAC3 dari Bakteri Escherichia coli BL21 StarTM (DE3)</i>	
Tri Panjiasih Susmiarsih <sup>1,2</sup> , Asmarinah <sup>3</sup> .....	126
<i>Analisis T-RFLP Mikrobiota Saluran Cerna Tikus yang Mengonsumsi Maltooligosakarida Berbasis Umbi Xanthosoma sp.</i>	
Achmad Dinoto, Rita Dwi Rahayu, Sri Purwaningsih .....	127
<i>Pengaruh Berbagai Konsentrasi Ekstrak Daun Teh Hijau (Camellia sinensis (L) O.Kunze) dalam Menghambat Ketengikan Minyak jagung</i>	
Santoso Sastrodihardjo <sup>1</sup> , Jimmy Hindarto <sup>1</sup> , dan Yeanne Sisilia Bulu <sup>2</sup> .....	128
<i>Studi Kasus pada Kualitas dan Kuantitas Selai Dari Uji Kadar Gula, Vitamin C dan Kesukaan</i>	
Chalimah <sup>1</sup> , Nur'aini <sup>2</sup> .....	131
<i>Analisis Komparasi Kandungan Gizi pada Salut Biji dan Daging Buah Carica (Carica pubescens) asal Desa Sembungan Dataran Tinggi Dieng</i>	
Sugiyarto, Suranto, Siti Fatimah, Alfatika Permatasari .....	135
<i>Kemampuan Membentuk Biofilm oleh Isolat Bakteri dari Limbah Cair Rumah Sakit, Industri Tekstil, dan Tanah Gambut</i>	
Arifah Khusnuryani <sup>1,2</sup> , Erni Martani <sup>3</sup> , Triwibawa <sup>4</sup> , Jaka Widada <sup>3</sup> .....	141
<i>Penambahan Pupuk Hayati Jamur Sebagai Pendukung Pertumbuhan Tanaman Padi (Oryza sativa) Pada Tanah Salin</i>	
YB Subowo .....	146
<i>Produksi Inulinase Berbahan Umbi Dahlia (Dahlia sp) oleh Fusarium F1</i>	
Wijanarka <sup>1</sup> , Endang Sutariningsih Soetarto <sup>2</sup> , Kumala Dewi <sup>3</sup> , dan Ari Indrianto <sup>4</sup> .....	152
<i>Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Amilase Termotabil dari Bakteri Termofilik Pasca Erupsi Merapi</i>	



Evy Yulianti dan Anna Rakhmawati .....	156
<i>Biji Labu Kuning (Cucurbita moschata Ex Poir) sebagai Peningkat Antioksidan pada Tempe</i>	
Rivy Valen Pabesak, Lusiawati Dewi, Lydia Ninan Lestario .....	164
<i>Biomarker Prognosis Radioterapi, dari AgNOR sampai Akt</i>	
Iin Kurnia .....	173
<i>Pendekatan Fuzzy Method sebagai Preliminary Segmentation pada Ekstraksi Venasi Daun</i>	
Pesigrihastamadya N <sup>1</sup> dan M. Rahmat Widiyanto <sup>2</sup> .....	174
<i>Amplifikasi Gen CHD untuk Identifikasi Jenis Kelamin Burung Famili Columbidae</i>	
Any Aryani <sup>1)</sup> , Winas Mizzarina, Ratu Vanny Septiani, Diah Kusumawaty <sup>1)</sup> .....	184
<i>Pengaruh Konsentrasi Inokulum Terhadap Kualitas Tempe Kedelai (Glycine max (L.) Merr) var. Grobogan</i>	
Lusiawati Dewi, Susanti Puji Hastuti, Reni Kumalasari .....	185
<i>Performa Pertumbuhan Rumput Laut "Sea Grapes" Caulerpa lentillifera dalam Bak Terkontrol</i>	
Wawan Andriyanto dan Muhammad Marzuqi .....	193
<i>Analisis Kandungan Pigmen B-Karoten Empat Varietas Ubi Jalar Lokal Papua Yang Diolah Menjadi Bahan Pangan</i>	
Loretha Natalia Samber, Haryono Semangun, dan Budhi Prasetyo .....	198
<i>Potensi <math>\beta</math>-Karoten pada Rumput Laut Merah Sebagai Provitamin A</i>	
Federika Kondororik <sup>*</sup> , Martanto Martosupono <sup>1</sup> , dan AB Susanto <sup>2</sup> .....	204
DAFTAR PUSTAKA.....	208
<i>Gastropoda di Kawasan Teluk Penyu dan Segara Anakan Cilacap, Jawa Tengah : Keanekaragaman Jenis dan Distribusi</i>	
Nova Mujiono.....	211
<i>Molecular Phylogeny of the Indonesian Lymantria (Lepidoptera: Erebiidae) Based on CO I Gene Sequences</i>	
Hari Sutrisno .....	231
<i>Pengembangan Sistem Konservasi Ikan Endemik di Danau Towuti, Sulawesi Selatan</i>	
Syahroma Husni Nasution dan Sulastri .....	232
<i>Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Lendir Kulit Katak Sawah (Fejervarya cancrivora) Lokal Muntilan pada Bagian Dorsal dan Ventral</i>	
Lela Susilawati <sup>*1</sup> , Afrizka Premana Sari <sup>2</sup> .....	233
<i>Kajian Kehilangan Hasil Tanaman Padi Sawah (Oryza sativa L.) Akibat Kehadiran Gulma Pada Sistem Tanam SRI dan Konvensional</i>	
Merry Antralina, Endang Kantikowati .....	237
<i>Isolasi dan Pencirian Xilanase dari Bakteri asal Tanah Hutan Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi, Indonesia</i>	
Kurrataa'yun, Anja Meryandini, Yopi .....	243
<i>Kemelimpahan dan Distribusi Polygonum chinense Linn. di Gunung Lawu</i>	
Yudha Noviana, Muhammad Ridwan, Dea Astuti, Dinar Larasati .....	244





<i>Status Resistensi Populasi <i>Brevipalpus phoenicis</i> Geijskes Terhadap Fungisida Kocide 77wp Yang Digunakan Di Perkebunan Teh Ptpn Ix Kaligua Bumiayu</i>	
Bambang Heru Budianto .....	250
<i>Potensi Tanaman Peneduh Jalan Sebagai Penjerap Pb Udara Ambien di Kota Purwokerto Berdasarkan Respon Anatomis dan Kadar Klorofilnya</i>	
Slamet Santoso, Sri Lestari, dan Siti Samiyarsih .....	255
<i>Kajian Akumulasi Logam Berat Kadmium Pada Kepiting Bakau Di Segara Anakan Cilacap</i>	
Hernawati <sup>1</sup> dan Moh. Husein Sastranegara <sup>2</sup> .....	256
<i>Keragaman <i>Bifidobacterium spp.</i> Hasil Isolasi dari Feses Bayi dengan Proses Kelahiran Berbeda</i>	
P. Maria Hendrati, Dyah Fitri Kusharyati, Dini Ryandini, Lestanto Unggul Widodo, dan Oedjijono .....	263
<i>Kualitas Air Ditinjau dari Keanekaragaman Makrobenthos di Sungai Pekalongan, Pekalongan</i>	
Syafiq Naqsyabandi, Endang Widyastuti, Indarmawan .....	264
<i>Analisis Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Tumbuhan Bawah di Kawasan Hutan Mangrove Segara Anakan, Cilacap</i>	
Eva Seoulinda Rosani, Erwin Riyanto Ardli dan Eming Sudiana .....	270
<i>Keanekaragaman Zooplankton Di Perairan Waduk Wadaslintang Wonosobo</i>	
Mustolih Hamid, Endang Widyastuti, Christiani .....	277
<i>Kelimpahan <i>Chrysophyta</i> Ditinjau dari Aspek Nitrat, Ortofosfat dan Silika di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman Kabupaten Banjarnegara</i>	
Bagas Prakoso, Endang Widyastuti, Carmudi .....	284
<i>Dinamika Populasi Ektoparasit pada Ikan Gurami yang Dibudidayakan Monokultur dan Polikultur</i>	
Rokhmani <sup>1</sup> , Edy Riwidiharso <sup>1</sup> , Prasetyarti Utami <sup>2</sup> .....	289
<i>Coral Reef Condition and Water Quality at Marine Protected Area Gili Matra, North of Lombok</i>	
Luh Putu Ayu Damayanti <sup>1</sup> , Romanus Edy Prabowo <sup>2</sup> , Achmad Iqbal <sup>3</sup> .....	294
<i>Keragaman Strain <i>Rhizopus oligosporus</i> dari Beberapa Inokulum Tempe Berdasarkan Marka RAPD</i>	
Yeni Parera, Nuniek Ina Ratnaningtyas, Saefudin Aziz .....	302
<i>Keanekaragaman <i>Pandanus</i> dan Pemanfaatannya oleh Suku Sentani di Kabupaten Jayapura, Papua</i>	
Lisye Iriana Zebua .....	310
<i>Ekologi Persarangan Burung Maleo Gunung (<i>Aepyodius arfakianus</i>) di Kawasan Cagar Alam Pegunungan Arfak-Papua Barat</i>	
Hotlan Manik <sup>1</sup> dan Agustinus Kilmaskossu <sup>2</sup> .....	311
<i>Keanekaragaman Arthropoda Pada Persawahan Irigasi Di Kalimantan Selatan Studi Kasus Di Desa Sungai Rangas</i>	
Samharinto <sup>1</sup> , Abdul Latief Abadi <sup>2</sup> , Bambang Tri Rahardjo <sup>2</sup> dan Hakimah Halim <sup>1</sup> .....	316
<i>Struktur Komunitas Tingkat Pohon di Kawasan Suaka Margasatwa Nantu Sub Kawasan Kabupaten Gorontalo Utara</i>	



Marini Susanti Hamidun.....	319
<i>Keragaman Jenis dan Potensi Siput Air Tawar (Mollusca: Gastropoda) Serta Kelestariannya di Danau Sentani Jayapura, Papua</i>	
Suriani Surbakti <sup>1</sup> , Evi Warikar <sup>2</sup> , Vita Purnamasari <sup>2</sup> .....	320
<i>Survey Kepadatan Nyamuk Aedes spp yang Berperan Sebagai Vektor Demam Berdarah di Ex Kotatip Purwokerto</i>	
Endang Srimurni K, Edy Riwidiharso, Edi Basuki, Hery Pratiknyo, Darsono, Trisnowati Budiambarningrum, Endang Ariyani S, Rokhmani .....	321
<i>Prediksi Laju Degradasi dan Perubahan Ekosistem Mangrove di Taman Nasional Sembilang, Kawasan Pantai Timur Sumatera Selatan (KPTSS) Berdasarkan Interpretasi Citralandsat</i>	
Yetty Hastiana Hasyim <sup>1</sup> , Fachrurrozie Sjarkowi <sup>2</sup> , Dinar Dwi AP <sup>2</sup> , Rasjid Ridho <sup>2</sup> .....	322
<i>Kajian Ekologi Serangga Wereng (Hemiptera: Auchenorrhyncha) pada Ekosistem Padi di Kawasan Tapanuli-Sumatera Utara</i>	
Binari Manurung <sup>1</sup> , Puji Prastowo <sup>1</sup> , Erika Rosdiana <sup>2</sup> .....	333
<i>Diversitas dan Etnobotani Tumbuhan Famili Piperaceae di Suku Dayak Meratus Loksado Kalimantan Selatan</i>	
Gunawan <sup>1</sup> , Eny Dwi Pujawati <sup>2</sup> , Riany Andita Putri <sup>3</sup> .....	334
<i>Studi Etnobotani Jenis-Jenis Tanaman Obat pada Suku Dayak Meratus Loksado Kalimantan Selatan</i>	
Gunawan, Siti Hamidah, Eko Suhartono, Adistina Fitriani .....	341
<i>Keanekaragaman Jenis Vegetasi Pohon Hutan Gunung Sinabung pada Jalur Pendakian Lau Kawar Pasca Letusan Tahun 2010*</i>	
Retno Widhiastuti dan Kaniwa Berliani .....	344
<i>Karakteristik Fisik Sebagai Dasar dalam Konservasi Danau Limboto</i>	
M. Fakhrudin .....	345
<i>Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton Situ Gunung di Sukabumi, Jawa Barat</i>	
Sulastri .....	346
<i>Catatan Pertama Tentang Rayap Tanah Coptotermes gestroi Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae) dari Lingkungan Permukiman di Kota Bandung</i>	
Eko Kuswanto <sup>1</sup> , Intan Ahmad <sup>1</sup> , Ramadhani E. Putra <sup>1</sup> , Idham S. Harahap <sup>3</sup> , Amran <sup>1</sup> , Sobri, dan Rudolf H. Scheffrahn <sup>2</sup> .....	356
<i>Analisis Grey Water Footprint pada Budidaya Kentang Konvensional dan Semi Organik</i>	
Hafsah, Chay Asdak, Parkesit .....	357
<i>Kajian Bioekologi Ikan Kerapu Lumpur (Epinephelus coioides) di Area Karang Kretek Perairan Ujung Negoro Kabupaten Batang</i>	
Agung Setyo Sasongko <sup>1</sup> , Sutrisno Anggoro <sup>2</sup> dan Muh. Yusuf <sup>2</sup> .....	358
<i>Riset Bio-Arkeologi di Indonesia Peran Kajian untuk Masa Lalu untuk Masa Kini dan Masa yang Akan Datang</i>	
Siswanto .....	359
<i>Analisis Metapopulasi dan Prediksi Kepunahan Lokal Macan Tutul Jawa (Panthera pardus melas Cuvier, 1809) Di Jawa Tengah</i>	
Hendra Gunawan <sup>1</sup> ; Lilik B. Prasetyo <sup>2</sup> ; Ani Mardiasuti <sup>3</sup> and Agus P. Kartono <sup>4</sup> .....	360



<i>Monitoring Burung Liar di Indonesia dengan Teknik Penandaan: Indonesian Bird Banding Scheme (IBBS)</i> Dewi M. Prawiradilaga.....	377
<i>Kelimpahan Perifiton pada Lamun di Kawasan Perairan Pulau Parang, Kecamatan Karimunjawa, Kabupaten Jepara</i> Hendrayana, Ambariyanto, Delianis Pringgenis .....	378
<i>Keanekaragaman Rumpun Laut di Pantai Sayang Heulang dan Potensinya Sebagai Bahan Baku Bioetanol</i> Siti Mutriyah, Romanus Edy Prabowo, Maria Dyah Nur Meinita .....	379
<i>Refleksi Perubahan Iklim Holosen Berdasarkan Bukti Palinomorf pada Batuan Sedimen Daerah Cilacap</i> Rachmad Setijadi <sup>1</sup> , Asmoro Widagdo <sup>1</sup> , Kartika Anggi Hapsari <sup>2</sup> , S.W.A.Suedy <sup>3</sup> .....	383
<i>Keberadaan Larva Nyamuk Aedes spp. Sebagai Vektor Penyakit Demam Berdarah Dengue di Kelurahan Kedungwuluh Kecamatan Purwokerto Barat</i> Ana Yuliana, Endang Ariyani S, Edy Riwidharso .....	388
<i>Aktivitas dan Kemelimpahan Burung Jalak Gading (Turdus poliocephalus stressemanni Bartels.) di Gunung Lawu</i> Muhammad Ridwan <sup>1</sup> , Suratman <sup>2</sup> , Sugiyarto <sup>1,2</sup> .....	389
<i>Isolasi dan Identifikasi Actinomycetes yang Berpotensi Sebagai Penghasil Antibiotik Antitumor</i> Dewi Peti Virgianti <sup>1</sup> , Agus Irianto <sup>2</sup> , Hendro Pramono <sup>3</sup> .....	394
<i>Production of Methylripariochromene-A Bioactive Compound at Eupatorium Riparium Reg. by In Vitro Tissue Culture Technique</i> Linus Yhani Chrystomo <sup>1</sup> , Aditya Krishar Karim <sup>1</sup> , Issirep Sumardi <sup>2</sup> , L. Hartanto Nugroho <sup>2</sup> , Subagus Wahyuono <sup>3</sup> .....	404
<i>Sterilisasi Eksplan Nanas (Ananas comosus L.) Asal Sipahutar Dan Induksi Pertumbuhan Dengan Perlakuan Benzil Amino Purine Dan Indole Acetic Acid Secara In Vitro</i> Fauziah Harahap, Hasruddin, Cicik Suriani, Nusyirwan, Juliana Siallagan, Rohyana.....	411
<i>Pertumbuhan Benih Kerapu Raja Sunu Plectropoma laevis Lacepede, 1801 pada Kegiatan Budidaya dalam Wadah Terkontrol</i> Ni Wayan Widya Astuti, Regina Melianawati, Bejo Slamet.....	412
<i>Analisis Dampak Pencemaran Perairan Danau Singkarak Terhadap Nilai Darah Ikan Asang (Osteochilus hasseltii, C.V)</i> Muhammad Syukri Fadil.....	413
<i>Uji Pengenalan Antibodi Hasil Induksi Protein 116 kDa Membran Spermatozoa Manusia pada Jaringan Spermatozoa dan Reproduksi Hewan Mamalia (Upaya Pengembangan Bahan Imunokontrasepsi Pria)</i> Umie Lestari .....	414
<i>Efek Warna Cahaya pada Pertumbuhan, Survival Rate dan Profil Protein Serum Darah Ikan Nila Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758</i> Rudi Nirwantono dan Nastiti Widjayanti .....	415



<i>Profil Glukosa Darah dan Pertumbuhan Mencit (Mus musculus L.) Jantan Diabetik yang Mendapat Perlakuan Ekstrak Daun Salam (Syzygium polyanthum [Wight.] Walp.)</i>	
Rahmatia Kasim Koly, Ermelinda D. Meye, Vinsensius M. Ati .....	421
<i>Sinyal Transduksi Senyawa Kurkumin dalam Menghambat Steroidogenesis Sel Luteal</i>	
Endang Purwaningsih.....	425
<i>Korelasi Mikrodelesi Gen AZFc dengan Kemampuan Membuahi Sel Telur pada Pria Azoospermia dan Oligozoospermia Berat yang Mengikuti Program ICSI</i>	
Dwi Anita Suryandari <sup>1</sup> , Budi Wiweko <sup>2</sup> , Silvia W Lestari <sup>1</sup> , Luluk Yunaini <sup>1</sup> .....	426
<i>Respon Fisiologi dari Tiga Genotipe Gandum terhadap Aplikasi Putresin</i>	
Miftahudin, Shely Rahmalani, Yusi Nurmala, Tatik Chikmawati.....	432
<i>Analisis Pertumbuhan Kubis (Brassica oleracea) pada Tanah yang Terakumulasi Logam Cadmium (Cd)</i>	
Kusdianti <sup>1</sup> , Rini Solihat <sup>1</sup> , Hafsa <sup>2</sup> , Gayatri Anggi <sup>1</sup> .....	433
<i>Pemajanan Extremely Low Frequency-Electromagnetic Field pada Mencit Strain Swiss Webster dan Implikasinya terhadap Folikel Sekunder</i>	
Puji Sari, Dwi Anita Suryandari, Monika Besti Yolanda .....	434
<i>Pengaruh Kombinasi Depot Medroksi Progesteron Asetat (DMPA) dan Ekstrak Cabe Jawa terhadap Populasi Sel-Sel Spermatogenik dan Sel Leydig Tikus Jantan Galur Sprague-Dawley</i>	
Yurnadi <sup>1</sup> , Dita Rany Anggraeni <sup>2</sup> , Dwi Anita Suryandari <sup>1</sup> , Nukman Moeloek <sup>1</sup> .....	440
<i>Pertumbuhan Dan Frekuensi Molting Induk (Macrobrachium rosenbergii De Man) Betina Pasca Ablasi Unilateral Dan Suplementasi Tocopherol</i>	
Rachmawati Nasution <sup>1</sup> , Moh. Husein Sastranegara, dan Yulia Sistina .....	441
<i>Kajian Reproduksi Ikan Golsom (Aequidens sp.) Sebagai Ikan Introduksi Di Situ Lengkong Kecamatan Panjalu Kabupaten Ciamis Jawa Barat</i>	
Yadi Herdiman <sup>1</sup> , Isdy Sulisty <sup>2</sup> , Siti Rukayah <sup>2</sup> .....	444
<i>Isolasi Sel-sel Spermatogenik Ikan Nilem (Osteochilus hasselti C.V.) Menggunakan Gradien Sentrifugasi Sukrosa</i>	
Muhimatul Umami, Priyo Susatyo dan Gratiana Ekaningsih Wijayanti .....	453
<i>Perkembangan Testis Fetus Tammar Wallaby yang Ditransplantasikan di Bawah Kulit Fetus Betina</i>	
Gratiana E. Wijayanti <sup>1</sup> , G. Shaw <sup>2</sup> , M.B. Renfree <sup>2</sup> .....	461
<i>Eksresi Reseptor FSH dan Reseptor Estrogen pada Wanita Infertil Endometriosis: Hubungannya dengan Polimorfisme Gen Reseptor Estrogen</i>	
Eldafira, Purnomo Soeharso, Muharam, Roselina Panghyagani, Luluk Yunaini .....	462
<i>Maskulinisasi Larva Cupang (Betta splendens) dengan Kombinasi Perendaman Madu dan Fotoperiod</i>	
Rika Prihati Cahyaning Pertiwi, Isdy Sulisty, Yulia Sistina.....	463
<i>Fertilitas Spermatozoa Nilem (Osteochilus hasselti Valenciennes, 1842) Setelah Pembekuan Freezer -20°C dalam Medium Penyimpanan Madu atau Air Kelapa Muda</i>	
Sastri Delila, Edy Yuwono, dan Yulia Sistina.....	464



<i>Pemanfaatan Berbagai Tanaman Untuk Pengendalian Jentik Nyamuk Penyebab DBD</i>	
Aseptianova .....	466
<i>Efektivitas Penerapan Strategi Pembelajaran Humor pada Konsep Genetika dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XII SMANegeri 8 Makassar</i>	
Andi Citra Pratiwi, Abd. Muis, dan Andi Faridah Aرسال .....	471
<i>Karakter Fisiologi Tumbuhan Garut (Maranta arundinacea L.) Hasil Induksi Mutasi Sinar Gamma untuk Ketahanan terhadap Kekeringan</i>	
Titi Juhaeti, Nuril Hidayati dan LA Sukamto .....	478
<i>Respon Pertumbuhan Stek Cabe Jawa (Piper retrofactum) pada Media Cair dengan Penambahan Iba dan Vitamin C</i>	
Ning Wikan Utami dan Fauzia Syarif .....	486
<i>Studi Adaptasi Pertumbuhan Taka (Tacca eontopetaloides) pada berbagai Tingkat Naungan</i>	
Ning Wikan Utami, Peni Lestari, dan Albert Husein Wawo .....	492
<i>Kebun Raya Sekolah, Pembelajaran Biodiversity Berbasis Konservasi</i>	
Melani Kurnia Riswati dan Sugiarti <sup>1</sup> .....	500
<i>Pengembangan Perkuliahan Anatomi Tumbuhan Berbasis Web untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Mikroskopis Calon Guru Biologi</i>	
Romy Faisal Mustofa .....	508
<i>Pendidikan Tanpa Batasan: Apa Yang Dapat Kita Lihat dari Burung Unta di Taman Safari Indonesia?</i>	
Herdhanu Jayanto <sup>1</sup> dan Donan Satria Yudha <sup>2</sup> .....	514
<i>Kajian Populasi Lalat Musca Domestica, Kuantitas Sampah, dan Perilaku Siswa Di SMA Negeri 1 dan 2 Cilacap</i>	
Siti Amaranthi Andam <sup>1</sup> , Imam Widhiono M.Z. <sup>2</sup> , Moh. Husein Sastranegara <sup>2</sup> .....	515
<i>Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Inkuiri Pada Materi Sistem Gerak (Perangkat Menggunakan Media Model Kaki Dan Tangan Manusia)</i>	
Viskarita F M Ambotuo <sup>1</sup> , A. Mushawwir Taiyeb <sup>2</sup> dan Oslan Jumadi <sup>2</sup> .....	521
<i>Pengaruh Media Pembelajaran Dan Motivasi Siswa Terhadap Hasil Belajar Pada Materi Pokok Ekosistem Di Kelas X SMA Negeri 7 Medan Tahun Pembelajaran 2012/ 2013</i>	
Purwati dan Fauziyah Harahap .....	532
<i>The Differentiation of Students Learning Achievement and Critical Thinking Between The Using of Learning Video and Graphic as Media in Problem Based Learning (PBL) Model in SMA Negeri 3 Medan</i>	
Sri Hayuni and Fauziyah Harahap .....	538



**PROSIDING**

Seminar Nasional Biologi XXII Perhimpunan Biologi Indonesia

## BIOLOGI MOLEKULER, BIOLOGI SEL, GENETIKA



# Hubungan Aktivitas Peroksidase dengan Kandungan Katarantin pada Kultur Sel *Catharanthus roseus* dengan Perlakuan Triptofan

**Dingse Pandiangan**

*Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado  
Email: dingsepan@yahoo.com*

Penelitian hubungan aktivitas peroksidase dengan kandungan katarantin pada agregat sel *Catharanthus roseus* dengan penambahan prekursor triptofan telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini untuk menemukan suatu metoda dan pembuktian konsep untuk meningkatkan suatu kandungan senyawa biokatif. *Catharanthus roseus* sudah lama diketahui mengandung alkaloid antikanker, antara lain katarantin yang mengalami fluktuasi selama kultur. Kultur dalam penelitian ini memanfaatkan teknologi in vitro (kultur jaringan). Pengamatan pertumbuhan agregat sel perlakuan pada perlakuan prekursor triptofan dilakukan dengan penimbangan berat basah. Penelitian ini menggunakan media Murashige dan Skoog dengan NAA 2 mg/L dan Kinetin 0,2 mg/L. Perlakuan triptofan pada kultur agregat sel dari 0-250 mg/L. Aktivitas PO ditentukan dengan spektrofotometer. Penentuan kandungan katarantin ditentukan dengan menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi atau HPLC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan katarantin paling tinggi terjadi pada hari ke-14 setelah diberi perlakuan triptofan 150 mg/L dengan kandungan katarantin 50,96 µg/g bk. Hail aktivitas PO tertinggi terjadi pada hari ke -4, pada T2 yaitu 1305,65±157,78 (Unit/mg protein) dan tidak berbeda dengan T1 yang hanya terjadi pada hari ke-4. Hasil uji hubungan antara kandungan katarantin dengan aktivitas PO terjadi korelasi negatif yaitu -0,46. Hubungannya saling bertolak belakang. Ketika aktivitas PO tinggi maka kandungan katarantin menurun sebesar 0,46 (demikian sebaliknya). Dengan demikian setiap 1 aktivitas PO mengurangi kandungan katarantin 0,46.

Kata kunci : Aktivitas Peroksidase, Katarantin, aggregate sel, *Catharanthus roseus* Hubungan, Triptofan

## PENDAHULUAN

Kemampuan *C. roseus* untuk mengubah prekursor triptofan menjadi beberapa metabolit sekunder dikarenakan adanya gen *tdc* yang mengatur aktivitas triptofan dekarboksilase untuk mengubah triptofan menjadi triptamin (Thomas *et al.*, 1995). Namun ada juga enzim lain yang terlibat dalam biosintesis alkaloid seperti peroksidase (PO). PO (EC 1.11.1.7) berperan dalam menggabungkan vindolin dan katarantin menjadi senyawa  $\gamma$ -3', 4'-anhydrovinblastin ((Sotomayor and Barcelo, 2003). Disamping itu triptofan akan diubah menjadi triptamin. Triptamin mengalami nasib beberapa kemungkinan. Satu bagian akan mensintesis IAA dan sebagian lagi mensintesis katarantin. Bagaimana hubungan ini dapat saling mempengaruhi, maka perlu dilakukan penelitian ini.

Apabila triptofan yang ditambahkan dapat menginduksi ekspresi gen maka akan menunjukkan adanya protein baru yang dapat mempengaruhi kandungan dan aktivitas enzim antara lain enzim Peroksidase (PO). Menurut Herbert (2000) triptofan dekarboksilase (TDC) merupakan enzim utama dalam biosintesis terpenoid indole alkaloid. Penelitian pada kultur sel *Peganum harmala* dan *C. roseus* menunjukkan bahwa aktifitas TDC dan PO dipengaruhi dan secara dramatis ketika terjadi inisiasi pembentukan alkaloid. Penambahan prekursor, seperti triptofan dapat langsung masuk ke dalam jalur biosintesis metabolit sekunder dan mempengaruhi produksinya, yang terkait juga dengan aktivitas enzim dan profil protein (Whitmer, *et al.*, 2002; Zhao, *et al.*, 2001)

Pandiangan *et al.* (2006a) sudah melaporkan bahwa pendekatan penambahan prekursor sudah dilakukan. Perlakuan triptofan pada kalus tapak dara dapat meningkatkan kandungan katarantin sampai 950,536 µg/g berat kering (BK). Dari penelitian tersebut ditemukan pertumbuhan optimum adalah pada perlakuan 175 mg/L prekursor triptofan. Moreno-Valenzuela (1998), juga melaporkan bahwa pada sel yang mengalami spesialisasi dan diferensiasi menghasilkan metabolit sekunder yang tinggi pada kultur *in vivo*. Sel yang mengalami diferensiasi berkaitan juga dengan peningkatan aktivitas PO (Gaspar *et al.*, 1985). Penelitian yang lain seperti Pandiangan *et al.*, 2008, 2010 dan 2011 menunjukkan ada fluktuasi kandungan katarantin dengan menggunakan sumber ekplan yang sama, namun subkultur stok kalusnya yang berbeda. Oleh karena itu kemungkinan fluktuasi tersebut bias juga akibat aktivitas PO yang mengubah katarantin menjadi  $\gamma$ -3', 4'-anhydrovinblastin atau bahkan sampai vinblastin. Penelitian ini ingin membuktikan hubungan antara aktivitas PO dengan kandungan katarantin pada kultur sel *C. roseus*.

## METODA PENELITIAN

### *Rancangan Penelitian*

Penelitian menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 6 perlakuan penambahan triptofan yaitu kontrol dan triptofan 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5) mg/L dan T0 sebagai kontrol (Pandiangan *et al.*, 2006a) dan dilakukan dalam wadah Erlenmeyer 100 ml Setiap satuan percobaan terdiri atas 3 ulangan dimana setiap ulangan terdiri dari 3 botol kultur.

### *Kultur Kalus*

Setelah 2 minggu di induksi kalus, Nampak kalus yang pertama muncul dipinggiran eksplan daun. Setelah berumur 4 minggu, kalus dipisahkan dari eksplan daun dan dipindahkan ke medium baru dengan komposisi yang sama dengan medium sebelumnya. Ketika kalus berusia 8 minggu, kalus dipindahkan ke dalam medium produksi, yaitu MS padat yang ditambahkan zpt 2 mg/L NAA dan 0,2 mg/L kinetin. Setelah berumur 12 minggu, kalus disubkultur ke dalam medium yang mengandung triptofan, yaitu medium MS padat ditambah dengan komposisi ZPT dengan NAA 2 mg/L dan kinetin 0,2 mg/L yang sama dengan medium produksi sebelumnya. Parameter yang diamati adalah penampakan morfologi kalus.

### *Pembentukan Kultur Agregat dan Suspensi Sel*

Setelah kalus dari subkultur pertama mencapai umur 12 minggu, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan subkultur ke dalam medium kultur cair, dengan cara memindahkan 1 hingga 2 gram kalus ke dalam labu erlenmeyer 100 mL yang berisi 50 mL medium cair MS dengan kombinasi zpt yang sama dengan medium produksi kalus. Kultur cair sel *C. roseus* diagitasi pada kecepatan 120 rpm (*rotation per minutes*) dalam kondisi ruang terbuka dan diinkubasi pada suhu kamar. Subkultur kedua dilakukan setelah agregat sel *C. roseus* pada medium cair tahap pertama berumur 2 minggu, yaitu dengan cara mengganti medium cair MS yang lama dengan medium cair MS yang baru sebanyak 50 mL. Setelah agregat sel *C.roseus* dari subkultur berulang-ulang maka diperoleh kultur suspensi sel. Kultur suspensi yang sudah disubkultur mencapai umur kultur 10 hari, maka sel-sel tersebut siap dipindahkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi medium dengan variasi triptofan dan kontrolnya.

### *Analisis Aktivitas PO*

Prosedur kerja pada tahap ini akan menggunakan metoda yang pernah dipergunakan pada Pandiangan, *et al.*, 2001. Analisis aktivitas PO mempunyai tahap-tahap mulai ekstraksi enzim, penentuan kadar protein dan penentuan aktivitas PO. Analisis aktivitas PO dan kandungan protein dari sel kontrol (T0) dan perlakuan diamati pada hari pengamatan 0, 4, 7, 10, 14, 18, 21,24 dan 28 setelah perlakuan dalam Erlenmeyer (T0-T5).

### *Pembuatan ekstrak*

Ekstraksi dilakukan menurut metoda Li *et al.* (2003) dan Pandiangan, (2001) yang dimodifikasi. Dari setiap sampel diambil 1 g sel segar. Sampel digerus dalam nitrogen cair. Hasil gerusan ditambahkan dan sambil digerus dalam 3 mL buffer yang mengandung 0,05 M dapar Tris HCl (pH 8 pada suhu 0°C) dan 0,15%(v/v) Triton X-100. Homogenat disentrifuse dengan kecepatan 14.000 g selama 10 menit pada suhu 0°C.

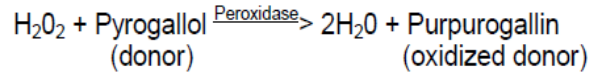
### *Penentuan kadar protein*

Penentuan kadar protein dilakukan mengikuti metoda Lowry *et al.* (1951). Penentuan kadar protein dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama yaitu penentuan persamaan regresi kurva standar BSA. Tahap kedua adalah penentuan kadar protein sampel. Reagen pewarna yang digunakan adalah Folin-Ciocalteu (Sigma). Sebelum digunakan reagen disaring dulu dengan kertas saring Whatman  $\varnothing$  1. Penentuan kadar protein standar digunakan konsentrasi 0-700  $\mu$ g/mL dengan selang 100  $\mu$ g/mL berturut-turut. Absorbansi setiap protein standar ditentukan dengan menggunakan Spectrophotometer U-2800 (Hitachi) pada  $\lambda$  500 nm. Absorbansi dinyatakan sebagai Y dan konsentrasi protein dinyatakan sebagai X dalam persamaan  $Y = a + bX$ . Penentuan kadar protein sampel dilakukan dengan hal yang sama dengan mengkonversikannya ke persamaan regresi linier dari BSA. Kadar protein yang diperoleh digunakan untuk menentukan aktivitas PO spesifik.

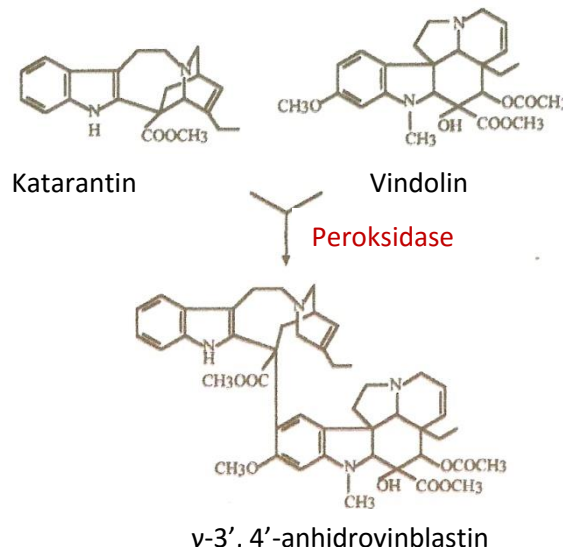


### Penentuan Aktivitas Peroksidase

Penentuan aktivitas PO (EC 1.11.1.7) digunakan metoda Maehly and Chance, (1955) dalam Pandiangan *et al.* 2001 yang dimodifikasi. Penentuannya dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama yaitu penentuan koefisien absorbansi standar purpurogalin. Tahap kedua adalah penentuan aktivitas PO sampel. Larutan pirogalol dipipet sebanyak 250  $\mu$ L, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi bertutup yang dibungkus plastik berwarna hitam dan ditempatkan pada suhu 20°C. Selanjutnya ditambahkan 250  $\mu$ L larutan hidrogen peroksida dan larutan buffer fosfat pH 6,0 0,01 M sehingga volume total akhir 10 ml.



Gambar 1. Prinsip reaksi enzim PO dalam uji aktivitas enzim PO (Maehly and Chance, 1955 dalam Sigma)



Gambar 2. Reaksi atau jalur sintesis  $\gamma$ -3', 4'-anhidrovinblastin yang memanfaatkan katarantin sebagai prekursor (Sotomayor and Barcelo, 2003)

Kemudian dimasukkan 100  $\mu$ L larutan ekstrak enzim dan diinkubasi selama 5 menit. Untuk menghentikan reaksi, ditambahkan 100  $\mu$ L asam sulfat 5N (Pandiangan, 1996). Hasil reaksi enzimatis langsung diukur pada panjang gelombang 420 nm. Konsentrasi pereaksi yang digunakan : pirogalol 25 mg/10 ml dan hidrogen peroksida 0,25 mg/10ml. Sebagai standar yang digunakan digunakan larutan purpurogallin standar sehingga diperoleh harga koefisien absorpsi molarnya dengan demikian dapat ditentukan jumlah purpurogalin oleh enzim peroksidase yang diuji. Prinsip kerja aktivitas PO dalam reaksi campuran reaksi kerja uji aktivitas PO dapat dilihat pada Gambar 1. Hubungan katarantin dengan aktivitas PO dalam biosintesis katarantin dan vinblastin dapat dilihat pada Gambar2.

### ANALISIS DATA

Data akan dikumpulkan, ditabulasi dan dianalisis secara statistik untuk penarikan kesimpulan. Data hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk persentase, tabel, grafik atau kurva sesuai dengan jenis data yang diperoleh dalam percobaan. Uji statistik untuk mengetahui aktivitas PO dan kandungan katarantin dilakukan dengan analisis varian (ANOVA) dalam rancangan acak lengkap (RAL) pada tingkat kepercayaan 95%. Jika terlihat adanya perbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan *post hoc test* DMRT (*Duncan's multiple range test*) pada tingkat kepercayaan 95%. Uji korelasi digunakan program Statistika 6.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ekstraksi (ekstrak) yang telah ditentukan kandungan proteinnya mirip dengan hasil pada penelitian sebelumnya (Pandiangan *et al.* 2011). Dengan kandungan protein yang sama,

kemudian ditentukan dan dianalisis aktivitas PO dengan menggunakan metoda Maehly and Chance, (1955) pada Spektrofotometer U 2800 (Hitachi).

Tabel 1 Rata-rata aktivitas PO spesifik (Unit/mg protein) dari sel dengan perlakuan triptofan (mg/L) 0 (T0), 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), dan 250 (T5) pada hari kultur 0, 4, 7, 10, 14, 18, 21,24 dan 28.

Perl. TRP	Hari 0	Hari 4	Hari 7	Hari 10	Hari 14	Hari 18	Hari 21	Hari 24	Hari 28
	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD	Akt.PO ±SD
T0	116,59 ±15,43	1125,73 ±96,66	543,40 ±7,18	529,03 ±4,26	536,21 ±1,88	104,77 ±1,88	132,29 ±7,03	132,41 ±3,79	212,98 ±13,52
	abcde	r	no	no	no	abcde	abcdef	abcdef	cdefghij
T1	166,18 ±7,58	1271,36 ±195,84	628,89 ±1,20	194,51 ±6,50	666,89 ±7,76	124,02 ±7,76	50,08 ±0,66	205,85 ±4,55	261,41 ±4,91
	s	op	bcdefgh	p	Abcde	a	bcdefghi	fghijk	
T2	72,37 ±6,12	1305,65 ±157,78	468,27 ±38,80	153,93 ±5,42	391,41 ±9,44	119,61 ±9,44	52,67 ±9,11	158,63 ±1,03	292,01 ±8,38
	ab	s	mn	bcdefg	lm	abcde	a	bcdefgh	hijkl
T3	179,37 ±33,24	818,39 ±181,95	276,07 ±3,79	330,30 ±8,75	399,28 ±4,77	117,19 ±4,77	43,40 ±4,09	236,40 ±6,82	154,50 ±17,06
	bcdefgh	q	ghijkl	ijkl	lm	abcde	a	efghij	bcdefg
T4	77,19 ±9,10	867,08 ±180,05	371,03 ±4,87	164,26 ±9,21	220,17 ±2,33	88,35 ±2,33	82,58 ±2,43	112,57 ±2,53	341,29 ±32,85
	abc	q	klm	bcdefgh	defghij	abcd	abcd	abcde	jkl
T5	92,97 ±7,82	1157,89 ±153,95	1139,27 ±7,18	173,98 ±10,34	272,50 ±28,13	104,24 ±28,13	81,63 ±2,18	120,96 ±0,99	106,91 ±1,64
	abcd	r	r	bcdefgh	ghijkl	abcde	abc	abcde	abcde

Keterangan: Huruf pada angka yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Rata-rata didapatkan dari 3 kali pengukuran. Masing-masing pengukuran dilakukan duplo.

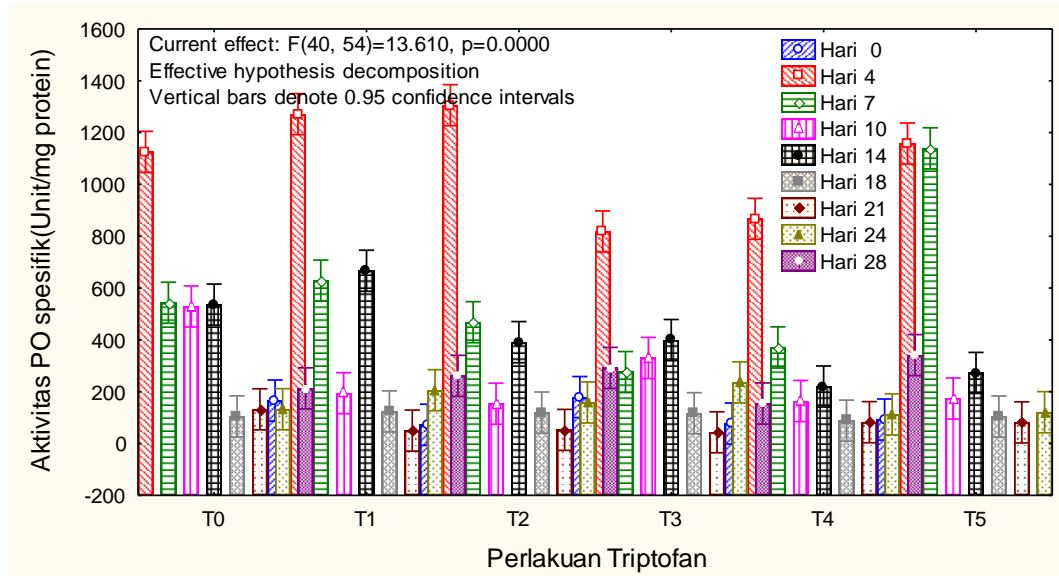
Aktivitas PO yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengukuran intensitas dikonversi dengan cara seperti pada Lampiran 1. Pada Tabel 1 tersebut ditunjukkan rata-rata aktivitas PO spesifik dari sel dengan perlakuan triptofan (mg/L) 0 (T0), 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5). Pengamatan dilakukan pada hari yang 0, 4, 7, 10, 14, 18, 21,24 dan 28 setelah kultur pada medium perlakuan. Aktivitas PO diukur dengan hari yang sama dengan penentuan kandungan protein total. Aktivitas PO dinyatakan dalam Unit per setiap mg protein total yang telah diketahui dari penelitian (Pandiangan *et al.*, 2001).

Berbeda halnya dengan kandungan protein total, bahwa aktivitas PO pada hari ke-14 umumnya menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi triptofan (Gambar 3). Hasil penelitian Liman *et al.* 1998 juga menunjukkan hal yang sama dengan penelitian ini, bahwa aktivitas PO menurun pada kultur suspensi *C. roseus* dengan perlakuan fitohormon auksin yang mempunyai gugus indol setelah 12 hari kultur.

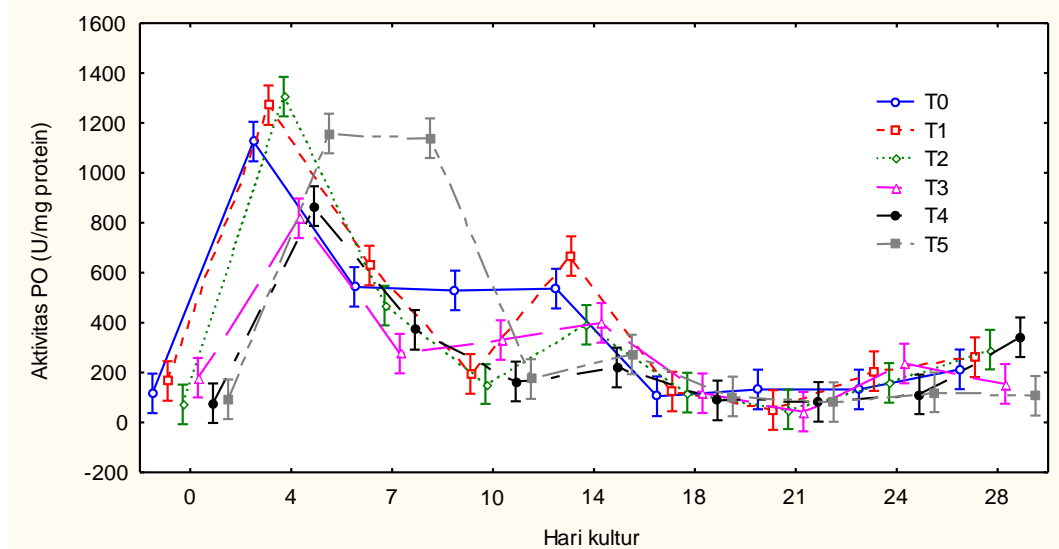
Namun pada hari ke-4 dan sebagian pada hari ke-7 menunjukkan peningkatan yang drastis pada perlakuan T1, T2 dan T5. Peningkatan tersebut diduga karena pengaruh adaptasi terhadap medium baru untuk menyesuaikan dengan kondisi baru. Pada hari ke-4 dan sebagian hari ke-7 tersebut merupakan tahap adaptasi. Menurut Pandiangan, (1996) bahwa aktivitas PO meningkat pada saat lini kalus padi mengalami cekaman salinitas. Sebaliknya lini kalus yang toleran justru mengandung aktivitas PO rendah atau sama dengan aktivitas PO kontrol.

Tabel 1 menunjukkan aktivitas PO tertinggi terjadi pada hari ke -4, pada T2 yaitu 1305,65±157,78 (Unit/mg protein) seperti yang tertera pada Tabel 2 dan tidak berbeda dengan T1 yang hanya terjadi pada hari ke-4.

Untuk menganalisis kaitan antara aktivitas PO dengan lamanya atau hari kultur maka dibuat grafik antara hari kultur pada setiap perlakuan triptofan seperti pada Gambar 4. Pada Gambar tersebut sangat nyata ditunjukkan bahwa perlakuan triptofan menurunkan aktivitas PO pada T3 dan T4 mulai hari ke-10 sampai ke-28 setelah kultur. Tetapi pada T1 dan T2 ada peningkatan aktivitas PO. Namun apabila dikaitkan dengan kandungan protein pada Pandiangan *et al.* 2011 dan Gambar 4 bahwa kandungan protein mempunyai kandungan optimum pada hari ke-14 pada T5. Hari selanjutnya setelah 21 kultur pada perlakuan triptofan merupakan aktivitas PO paling rendah.



Gambar 3. Grafik aktivitas PO spesifik (Unit/mg protein) sel *C. roseus* dalam erlenmeyer setelah 0, 4, 7, 10, 14, 18, 21, 24 dan 28 hari kultur dalam medium MS yang diberi perlakuan triptofan (mg/L) 0 (T0), 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5) yang berorientasi pada perlakuan.



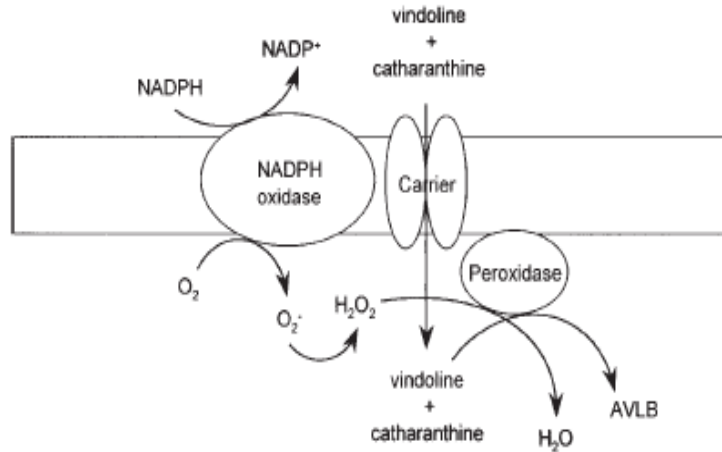
Gambar 4. Pola aktivitas PO spesifik (Unit/mg protein) sel *C. roseus* dalam erlenmeyer setelah 0, 4, 7, 10, 14, 18, 21, 24 dan 28 hari kultur dalam medium MS yang diberi perlakuan triptofan (mg/L) 0 (T0), 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5) yang berorientasi pada hari kultur.

Sotomayor and Barcelo, (2003) melaporkan bahwa peroksidase akan aktif atau terdeteksi apabila ada suatu situasi yang menyediakan  $H_2O_2$  ada dalam sitoplasma. Umumnya dalam larutan sel atau sitoplasma akan ada  $H_2O_2$  apabila ada situasi yang mencekam atau stress. Penelitian tersebut dijelaskan seperti pada Gambar 5. Dari analisis aktivitas PO bahwa perlakuan triptofan tidak menimbulkan cekaman terhadap sel, dan penurunan pertumbuhan pada T1 dan T2 bukan karena tercekam melainkan adanya suatu mekanisme fisiologis yang merupakan adaptasi terhadap lingkungan baru. Disamping itu mungkin ada kaitannya dengan sintesis IAA yang terjadi dalam kultur.

#### Kandungan Katarantin

Kandungan katarantin ditentukan dengan menggunakan KCKT. Hasil KCKT direkam dalam kertas kromatogram . Kromatogram mengandung informasi luas area serapan senyawa, waktu retensi dan gambar puncak masing masing senyawa yang diukur. Luas area senyawa

katarantin dari kromatogram dikonversi berdasarkan kurva standar katarantin yang sudah dibuat sebelumnya. Kurva standar katarantin terlebih dahulu di tentukan dengan kondisi yang sama terhadap kondisi KCKT sampel. Hasil KCKT standar dihasilkan senyawa tunggal dengan 1 waktu retensi selama penelitian. Waktu retensi pengukuran 1 dan 2 terdapat pada sekitar 13,5 menit. Waktu retensi katarantin pengukuran 3 dan 4, terdapat sekitar menit 6,5 menit. Setiap pengulangan mempunyai kurva standar sendiri-sendiri dan persamaan regresinya.. Sebagai contoh, ulangan 1 atau pengukuran 1 mempunyai persamaan regresi  $Y = 4229.X + 465,1$  dengan  $R^2 = 0.996$  atau 99,6 % ketepatannya. Persamaan ini digunakan dalam menentukan kandungan katarantin dalam sampel.



Gambar 5. Mekanisme sintesis AVLB (produk hasil sintesis vindolin dan katarantin oleh PO yang membutuhkan adanya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dalam sitoplasma (Sotomayor and Barcelo, 2003).

Tabel 2. Rata-rata kandungan katarantin ( $\mu\text{g/g}$  bk) dan peningkatan dari kontrolnya pada sel *C. roseus* yang diberi perlakuan triptofan ( $\text{mg/L}$ ) kontrol (T0), 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5), pada hari ke-14 setelah kultur pada medium perlakuan.

Perlakuan Triptofan	Kandungan Katarantin ( $\mu\text{g/g}$ bk)		Peningkatan Katarantin (%)	Notasi Duncan
	Rata-rata $\pm$ SD			
T0	8,76 $\pm$ 0,20		0	a
T1	15,36 $\pm$ 0,84		75,32	b
T2	31,69 $\pm$ 1,18		261,75	d
T3	50,96 $\pm$ 1,87		481,72	f
T4	35,66 $\pm$ 1,20		307,05	e
T5	17,71 $\pm$ 1,21		102,17	c

Ketetapan: Rata-rata dari 3 kali pengukuran. Huruf yang sama dalam notasi Duncan dalam tabel menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi  $\alpha$  0.05

Rata-rata kandungan katarantin dalam kultur sel *C.roseus* yang diberi perlakuan triptofan dalam labu Erlenmeyer dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan katarantin mengalami peningkatan pada sel yang diberi perlakuan triptofan. Peningkatannya mencapai 481,72% terjadi pada T3. Peningkatan dari T0 sampai T3 sejalan dengan peningkatan konsentrasi prekursor triptofan. (Whitmer *et al.*, 1998).

Namun berbeda dengan T4 dan T5, tidak meningkat sejalan dengan konsentrasi yang meningkat tetapi lebih rendah dari perlakuan T3 (Tabel 2). Penurunan ini mungkin disebabkan pH yang semakin tinggi pada perlakuan tersebut. Berdasarkan hasil uji korelasi antara perlakuan triptofan dan pH bahwa pH meningkat sesuai dengan meningkatnya konsentrasi triptofan yang ditambahkan. Korelasi ini sebesar 98% dibenarkan. PH yang tinggi dapat mengganggu metabolisme atau kinerja enzim yang terkait dengan biosintesis katarantin. Enzim dapat aktif pada pH yang optimum (Taiz and Zeiger, 2002; Endress, 1994). Menurut Fulzele and Heble, (1994), bahwa perlakuan triptofan pada sel tapak dara dapat meningkatkan ajmalisin juga pada 100-250 mg/L, sedangkan perlakuan 500 mg/L justru menurunkan kandungan ajmalisin. Perlakuan yang dilakukan adalah 0, 100, 250, 500 mg/L triptofan. Kemungkinan katarantin dan alkaloid juga

mengalami hal yang sejalan dengan ajmalisin tersebut yaitu ada konsentrasi optimum, dan tergantung pada siklus subkultur dan tipe selnya (Rijhwani and Shanks. 1998).

### **Hubungan aktivitas peroksidase dengan kandungan katarantin pada kultur sel *C. roseus* yang diberi perlakuan triptofan**

Hubungan antara aktivitas PO dengan kandungan katarantin dapat diketahui melalui analisis Korelasi melalui program Statistica. Besar koefisien korelasi dari kandungan katarantin dengan aktivitas PO pada sel *C. roseus* yang diberi perlakuan triptofan dalam erlenmeyer setelah kultur 14 hari sebesar -0,46.

Hubungan antara aktivitas PO dengan kandungan katarantin menunjukkan korelasi negatif. Korelasi antara PO terhadap katarantin pada erlenmeyer -0,46. Oleh sebab itu bahwa banyak faktor yang berperan dalam meningkatkan kandungan katarantin yang diberi perlakuan triptofan 50-250 mg/L dalam Erlenmeyer. Faktor waktu kultur menentukan terhadap kandungan katarantin yang optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengamatan kandungan katarantin dari hari ke-0 sampai 28 pada agergat sel kontrol (T0) menunjukkan adanya pola kandungan katarantin yang maksimum terjadi pada hari ke 10 dan 21 setelah disubkultur pada media kontrol. Namun pada T3 (perlakuan triptofan) kandungan katarantin optimum justru bergeser menjadi hari ke-14. Hal ini mempertegas hasil (Pandiangan, *et al.* 2006) bahwa pola produksi katarantin bergeser setelah perlakuan prekursor triptofan. Kandungan metabolit lain juga kemungkinan juga mengalami fluktuasi selama perioda kultur sama dengan perubahan pola katarantin. Oleh karena itu produksi katarantin pada erlenmeyer sebaiknya hari ke-14.

Tipe sel dan subkultur juga tidak kalah pentingnya mempengaruhi kandungan katarantin yang diberi perlakuan triptofan (Rijhwani and Shanks, 2008). Sel kalus dan suspensi telah diteliti dan dibandingkan oleh Wilkens *et al.*, (2005) dan menyatakan kedua tipe sel tersebut mengandung metabolit sekunder berbeda. Kandungan suspensi lebih rendah kandungan metabolit sekundernya daripada kalus. Penurunan tersebut ada hubungannya dengan waktu subkultur yang berkepanjangan. Pengamatan pada kontrol (tanpa perlakuan triptofan) juga mulai dari kalus subkultur 1 kali pada medium padat dan sekitar 8 kali subkultur serta disubkultur berulang-ulang untuk memperbanyak kalus (sekitar 1 tahun lebih atau sekitar 22 kali subkultur). Hasil pengukuran dari ketiga tahapan tersebut menunjukkan adanya penurunan kandungan katarantin pada subkultur yang panjang menjadi tidak terdeteksi. Kandungan katarantin secara berturut-turut berkurang pada tipe sel antara lain dari sel tanaman utuh ke sel kalus ke sel dan suspensi sel per gram berat kering yang sama pada kontrol. Namun dengan perlakuan triptofan kandungan katarantin dapat ditingkatkan pada semua tipe sel dengan persentase yang berbeda-beda.

### **KESIMPULAN**

1. Kandungan katarantin paling tinggi terjadi pada hari ke-14 setelah diberi perlakuan triptofan 150 mg/L dengan kandungan katarantin 50,96 µg/g bk.
2. Aktivitas PO tertinggi terjadi pada hari ke -4, pada T2 yaitu 1305,65±157,78 (Unit/mg protein) dan tidak berbeda dengan T1 yang hanya terjadi pada hari ke-4.
3. Hubungan antara kandungan katarantin dengan aktivitas PO terjadi korelasi negatif yaitu -0,46. Hubungannya saling bertolak belakang. Ketika aktivitas PO tinggi maka kandungan katarantin menurun sebesar 0,46 (demikian sebaliknya). Dengan demikian setiap 1 aktivitas PO mengurangi kandungan katarantin 0,46.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penelitian ini didanai oleh Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Nomor : 0748/023-04.2.01/27/2012 Tanggal 9 Desember 2011 Tahun Anggaran 2012 Satuan Kerja Universitas Sam Ratulangi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Endress, R. 1994. *Plant Cell Biotechnology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York. P.67.
- Fulzele, D.P. and M.R. Heble. 1994. Large-scale cultivation of *Catharanthus roseus* cells: Production of ajmalicine in a 20-1 airlift bioreactor. *Journal of Biotechnology* 35: 1-7.
- Gaspar, T., Penel, C., Castillo, F.J. dan Greppin, H. 1985. A two step control of basic and asidic peroxidase and its significance for growth and development. *Physiol. Plant.* 64: 418-423.
- Liman, F., K.Chahed, N.Ouelhazi, R.Ghrir, L. Ouelhazi. 1998. Phytohormone regulation of Isoperoxidase in *Catharanthus roseus* suspension cultures. *Phytochemistry* 49(5): 1219-1225.

- Lowry, O. H., N. J. Rosebrou6h, A. L. Farr, and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin-phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Moreno-Valenzuela, O., J. Coello-Coello, V.M. Loyola-Vargas and F. V´azquez-Flota. 1999. Nutrient consumption and alkaloid accumulation in a hairy root line of *Catharanthus roseus*. *Biotechnology Letters* 21: 1017–1021.
- Pandiangan D, Tilaar W, Karyono, Esyanti R. R dan Subarnas A. 2011. Respons Pertumbuhan, Kadar Protein Dan Aktivitas Triptofan Dekarboksilase Agregat Sel. *Bionatura* vol. 13, pp. 16-25
- Pandiangan, D. 1996. Aktivitas Peroksidase dan Profil Protein Lini Kalus Padi (*Oryza sativa* L.) yang Toleran Salinitas. Tesis Pascasarjana. ITB Bandung
- Pandiangan, D. dan N. Nainggolan 2006b. Respons pertumbuhan dan kandungan katarantin kalus *C. roseus* yang diberi asam 2,4-Diklorofenoksi asetat. *Jurnal Eugenia* 12:3, p. 184-195.
- Pandiangan, D. dan N. Nainggolan. 2006c. Peningkatan produksi katarantin pada kultur kalus *C. roseus* yang diberi NAA. *Jurnal Hayati* 13:3 p.90-94
- Pandiangan, D. Widiyanto, S.N., Siregar, A. 1997. Profil protein lini kalus padi yang toleran salinitas. *Eugenia* 3 (4) tahun XIII Oktober 1997.
- Pandiangan, D. Widiyanto, S.N., Siregar, A. 2001. Aktivitas Peroxidase pada lini kalus padi yang toleran salinitas. *Eugenia*. Edisi April 2001.
- Pandiangan, D., D. Rompas, H. Aritonang, R. Esyanti, E. Marwani. 2006a. Pengaruh triptofan terhadap pertumbuhan dan kandungan katarantin pada kultur kalus *C. roseus*. *Jurnal Matematika dan Sains* 11:4,111-118.
- Pandiangan, D., D. Rompas, H. Aritonang, R. Esyanti, E. Marwani. 2006b. Produksi katarantin pada kultur agregat sel *C. roseus*: Optimasi dan peningkatan produksi. Laporan Penelitian Hibah Pekerti. Lembaga Penelitian UNSRAT
- Rijhwani, S. K. and J. V. Shanks. 2008. Effect of subculture cycle on growth and indole alkaloid production by *Catharanthus roseus* hairy root cultures. *Enzyme and Microbial Technology* 22: 606–611
- Rijhwani, S.K and J.V. Shanks. 1998. Effect of subculture cycle on growth and indole alkaloid production by *Catharanthus roseus* hairyroot cultures. *Enzyme Microb. Technol.*, 22: 606-611
- Sottomayor, M. and A. R. Barceló. 2003. Peroxidase from *Catharanthus roseus* (L.) G. Don and the biosynthesis of -3 ,4-anhydrovinblastine: a specific role for a multifunctional enzyme. *Protoplasma* 222: 97–105
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*, 3rd ed. Publisher: Sinauer Associates. p 423-460
- Thomas, J.C., D. C. Adams, C.L. Nessler, J. K. Brown, and H. J. Bohnert. 1995. Tryptophan Decarboxylase, Reproduction of the Tryptamine, and Whitefly. *Plant Physiol.* 109: 71 7-720
- Whitmer S, R van der Heijden, R Verpoorte. 2002. Effect of precursor feeding on alkaloid accumulation by a tryptophan decarboxylase over-expressing transgenic cell line T22 of *Catharanthus roseus*. *J Biotechnol.* 96 (2) : 193-203.
- Whitmer, S., C. Canel, D. Hallard, C. Gonçaves, and R. Verpoorte. 1998. Influence of Precursor Availability on Alkaloid Accumulation by Transgenic Cell Line of *Catharanthus roseus*. *Plant Physiol.* 116(2): 853–857.
- Wilken, D, E.J.Gonzalez, A. Hohe, M. Jordan, R. G Kosky, G. S, Hirschmann and A. Gerth. 2005. Comparison of secondary plant metabolite production in cell suspension, callus culture and temporary immersion system. In: A. K. Hvoslef-Eide and W. Preil (Eds) *Liquid Culture Systems For In Vitro Plant Propagation*. pp.525-538. Springer Netherlands.
- Zhao J, W. Zhu, Q. Hu. 2001a. Enhanced catharanthine production in catharanthus roseus cell cultures by combined elicitor treatment in shake flasks and bioreactors. *Enzyme Microb Technol.* 28(7-8):673-681.

## Polimorfisme rs1805034 Gen Rank (*Receptor Activator of Nuclear Faktor Kappa B*): Hubungannya Dengan Osteoporosis Pada Wanita Pascamenopause Di Bekasi Indonesia

Luluk Yunaini<sup>1</sup>, Dwi Anita Suryandari<sup>1</sup>, Elza Ibrahim Auerkari<sup>2</sup>, Linda Kusdhany<sup>2</sup>  
dan Mala Kurniati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Oral Biologi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Mahasiswa Magister Program Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

Email : lyunaus@yahoo.com

Osteoporosis seringkali dihubungkan dengan perubahan hormon yang dialami oleh wanita pascamenopause. Perubahan hormon ini dapat meningkatkan proses osteoklastogenesis. *Receptor activator of nuclear faktor kappa B* (RANK) merupakan protein yang memiliki peranan penting dalam osteoklastogenesis, yaitu sebagai reseptor faktor diferensiasi osteoklas. Peningkatan produksi osteoklas akan memicu peningkatan proses resorpsi tulang, sehingga dapat mengakibatkan penurunan kerapatan massa tulang. Banyak penelitian yang melaporkan bahwa penurunan kerapatan massa tulang dipengaruhi oleh faktor genetik. Sehingga perlu dilakukan analisis untuk mengetahui distribusi frekuensi genotip dan alotip RANK serta hubungan polimorfisme RANK terhadap resiko osteoporosis pada wanita pascamenopause. Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian analitik observasi yang melibatkan 210 wanita pascamenopause, 105 wanita kelompok osteoporosis dan 105 wanita lainnya kelompok normal. Analisis genetik dilakukan dengan menggunakan teknik PCR-RFLP sedangkan diagnosis osteoporosis ditegakkan dengan menentukan nilai T-Score yang diukur menggunakan dual energy X-ray absorptiometry (DXA). Selanjutnya data dianalisis menggunakan Chi-Square dengan asumsi kemaknaan  $p < 0,05$ . Hasil penelitian memperlihatkan distribusi frekuensi genotip rs1805034 pada wanita pascamenopause di Bekasi adalah 5,71% genotip CC, 36,10% genotip CT dan 58,10% genotip TT. Sedangkan distribusi frekuensi alotipnya adalah 23,81% untuk alotip C dan 76,19% untuk alotip T. Pada populasi wanita pascamenopause di Bekasi Indonesia genotip tertinggi adalah TT sedangkan terendah adalah CC, untuk alotipnya tertinggi alotip T dan terendah alotipnya adalah C. Kelompok osteoporosis memiliki distribusi frekuensi genotip CC sebesar 6,67%, CT 34,29% dan TT 59,05%, sedangkan kelompok normal memiliki distribusi frekuensi genotip CC 4,76%, CT 38,1% dan 57,14%. Distribusi frekuensi alotip baik kelompok osteoporosis maupun normal untuk alotip C sebesar 23,81% dan T sebesar 76,19%. Data dianalisis dengan menggunakan uji Chi-Square dan menghasilkan nilai  $p > 0,05$ . Hal ini menunjukkan bahwa distribusi frekuensi genotip dan alotip RANK (rs1805034) tidak berbeda bermakna pada populasi wanita pascamenopause. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa SNP pada gen RANK (rs1805034) tidak berhubungan dengan resiko osteoporosis pada wanita pascamenopause di Bekasi Indonesia.

Kata kunci: RANK, osteoporosis, pascamenopause

### PENDAHULUAN

Menopause merupakan suatu proses penuaan alami dalam kehidupan seorang perempuan, yang ditandai dengan berhentinya secara fisiologis siklus menstruasi. Pada perempuan pascamenopause angka kejadian terhadap osteoporosis dan penyakit kardiovaskular lebih tinggi. Hal ini dipercaya sebagai akibat penurunan kadar estrogen (Raisz LG, 2005; Finkelstein *et.al.*, 2008).

Penelitian pada hewan coba telah banyak dilakukan untuk memperoleh informasi yang dapat menjelaskan mekanisme terjadinya penurunan kerapatan mineral tulang pada proses penuaan, kondisi defisiensi estrogen, atau akibat dari berbagai kondisi patologis dan penyakit. Penelitian pada hewan coba menggunakan model tikus yang dilakukan ovariektomi, menunjukkan terjadinya peningkatan resorpsi tulang trabekular disertai penurunan kekuatan tulang setelah terjadinya penurunan kadar estrogen (Weitzmann MN and Pacifici R., 2006; Kearns AE *et.al.*, 2008; Bitto A *et.al.*, 2008). Hormon estrogen dapat menghambat resorpsi tulang melalui berbagai aspek dalam sumsum tulang dan sel tulang, yang pada akhirnya akan menurunkan osteoklastogenesis, meningkatkan apoptosis osteoklas, dan menurunkan kemampuan osteoklas dewasa untuk meresorpsi tulang (Bell NH, 2003).

Penelitian mengenai osteoklastogenesis berkembang sejak ditemukannya peran dari osteoprotegerin (OPG), *receptor activator of nuclear factor κB* (RANK) dan *receptor activator of nuclear factor κB* ligand (RANKL) dalam proses metabolisme tulang. Ketiga substansi tersebut berperan dalam proses pengaturan sel tulang (Lacey D *et al.*, 1998; Boyle WJ *et al.*, 2003). Aktivasi osteoklas terjadi atas pengaruh afinitas RANKL terhadap RANK, sementara OPG

berperan sebagai reseptor kompetitor RANK yang dapat mengikat RANKL untuk mencegah RANKL berikatan dengan RANK sehingga dapat menghambat resorpsi tulang (Kearns AE *et al.*, 2008; Eghbali-Fatourehchi, 2003; McClung M, 2007). Studi dengan menggunakan hewan coba berupa tikus yang dilakukan oleh Srivastava S dkk. (2001) melaporkan bahwa peningkatan osteoklastogenesis disebabkan oleh meningkatnya respon RANK terhadap RANKL.

Giroux S. dan Rousseau F. (2009) melaporkan bahwa, variasi genetik mengatur kerapatan massa tulang pada populasi khususnya pada wanita yang telah mengalami menopause. Osteoklastogenesis dipengaruhi oleh aktivitas RANKL/RANK/OPG. Variasi genetik pada gen RANK, RANKL dan OPG telah dilakukan pada populasi Indonesia tetapi hubungan dengan kerapatan massa tulang (T-Score) belum dilakukan. Pada penelitian ini akan dianalisis variasi genetic RANK pada wanita pascamenopause di Bekasi, Indonesia.

Protein RANK terdiri atas 616 asam amino, yang termasuk ke dalam protein transmembran tipe I. RANK mengandung ekstraseluler yang kaya akan sistin. Protein RANK pada tikus dan manusia memiliki kesamaan sebesar 70%. Analisis Northern blot mengindikasikan bahwa 4,5 kb mRNA RANK pada manusia diekspresikan di hampir semua jaringan (Styrkarsdottir U *et al.*, 2008; Guerrini MM *et al.*, 2008). Single nucleotide polymorphism (SNP) rs1805034 terletak pada daerah exon 6, yang terjadi perubahan basa C menjadi T dan menyebabkan perubahan asam amino alanin (Ala) menjadi valin (Val) pada posisi asam amino ke 192 (Koh JM *et al.*, 2007).

Pada penelitian ini akan dianalisis distribusi frekuensi genotip dan alotip polimorfisme gen RANK, serta melihat hubungan antara genotip dengan resiko osteoporosis pada wanita pascamenopause di Bekasi Indonesia.

## METODE PENELITIAN

### *Subyek penelitian*

Subyek penelitian adalah wanita pascamenopause usia 45-75 tahun, ras Deutero Melayu, kondisi fisik sehat, tanpa kelainan sistemik. Subyek tidak sedang menjalani terapi obat-obatan, tidak pernah mengalami operasi pengambilan ovarium, tidak sedang menjalani program diet. Pada kelompok osteoporosis harus memenuhi syarat tambahan yaitu memiliki T-Score lebih kecil sama dengan -2,5 sedangkan kelompok normal memiliki T-score lebih besar sama dengan -1.

### *Isolasi DNA dari darah tepi*

Metode isolasi DNA yang dilakukan merupakan modifikasi isolasi DNA dari Maniatis dkk (1982). Sebanyak 3 mL darah tepi dimasukkan ke dalam tabung (15 mL) yang telah berisi larutan pelisis darah merah (NH<sub>4</sub>Cl 1,45 M, EDTA anhidrous 5 mM, dan KHCO<sub>3</sub> 0,1 M) kemudian dibolak-balik dan diinkubasi pada suhu kamar selama 10 menit. Sampel kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 1.500 rpm selama 10 menit pada suhu ruang. Supernatan dibuang dengan meninggalkan endapan putih berupa sel mononukleus leukosit. Ke dalam pelet ditambahkan larutan pelisis sel (Tris-HCl 10 mM pH 8, EDTA 0,25 mM, dan SDS 0,5 %), kemudian dipipeting hingga larutan homogen. Selanjutnya sampel diinkubasi pada water bath pada suhu 37°C selama 30-60 menit. Kemudian ditambahkan 1,3 mL larutan presipitasi protein (ammonium asetat 5 M) dan di-vortex selama 15-20 detik dan disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama 15 menit pada suhu 4°C. Selanjutnya supernatan dituang ke dalam tabung Falcon baru yang berisi isopropanol dingin. Tabung dibolak-balik sebanyak 20-30 kali sampai terlihat DNA seperti kumpulan benang-benang. Sampel kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama 5 menit pada suhu 4°C. Supernatan dibuang dan pada pelet ditambahkan etanol 70 %. Larutan DNA disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama 5 menit pada suhu 4°C. Supernatan dibuang dan DNA dikeringkan dalam udara terbuka dengan membalikkan tabung selama lebih kurang 2 jam. DNA direhidrasi dengan 200-300 µL larutan TE (Tris-HCl EDTA) dan kemudian diinkubasi di dalam water bath pada suhu 37°C selama 2 jam. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam tabung microsentrifugasi 1,5 mL yang steril. Larutan DNA selanjutnya disimpan pada suhu -20°C.

### *Amplifikasi fragmen DNA target*

Amplifikasi fragmen DNA dengan metoda PCR (Polymerase Chain Reaction) yang menggunakan Gotaq™ PCR Core System kit (promega). Volume setiap pereaksi adalah 50 µL yang terdiri dari 10 µL DNA genom, masing-masing 1 µM primer oligonukleotida (First Base), 1x Green Gotaq, 2,5 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 mM dNTP mix dan 1,25U Tag DNA polymerase. Primer yang digunakan untuk mengamplifikasi DNA target sama dengan primer yang digunakan oleh Isleten B *et al.* (2012). Sekuen primer yang digunakan adalah 5'GGGGATTCAAATGTCCAAGAAGG-3', 3'-CATGCACGGGATGAAATAAAGGG-5' IDT).



Sampel DNA diamplifikasi sebanyak 35 siklus dengan denaturasi awal pada suhu 94°C selama 5 menit, kemudian masuk kedalam siklus yang terdiri dari denaturasi pada suhu 94°C selama 30 detik, annealing pada suhu 56°C selama 30 detik dan pemanjangan pada suhu 72°C selama 30 detik. Pada akhir siklus dilakukan pemanjangan waktu ekstensi 72°C selama 7 menit. Setelah proses amplifikasi DNA selesai, amplikon disimpan pada suhu 4°C. Hasil amplifikasi dipisahkan dengan elektroforesis pada gel agarose 2% (Promega) yang mengandung etidium bromida (Promega, 0,5 mg/mL) dalam larutan dapar TAE 1X (0,04 M Tris-asetat, 0,002 M EDTA pH 8,0). Pita fragmen DNA kemudian dipisahkan dengan elektroforesis pada tegangan 90V selama 60 menit. Panjang DNA target hasil PCR gen RANKL adalah 353 pb.

#### ***Deteksi polimorfisme rs1805043 dengan teknik Restriction Fragment Length Polimorphism (RFLP)***

Pemotongan dilakukan dengan menggunakan enzim restriksi AciI (New England Biolabs) sebanyak 1U ke dalam tabung yang telah berisi 10 µL fragmen DNA hasil amplifikasi, 2 µL larutan dapar RE 10X dan ddH<sub>2</sub>O hingga volume 20 µL. Selanjutnya diinkubasi di waterbath pada suhu 37°C selama 45 menit. Enzim restriksi yang digunakan diinaktivasi dengan cara diinkubasi pada suhu 65°C selama 20 menit. Fragmen DNA dianalisis pada 3% gel agarose dalam TAE 1x pada tegangan 90V selama 60 menit. Hasil pemotongan dengan menggunakan enzim restriksi AciI adalah untuk genotip CC dengan ukuran 188 pb, 130 pb, 36 pb; CT berukuran 316 pb, 188 pb, 130 pb, dan 36 pb; genotip TT berukuran 316 pb dan 37 pb.

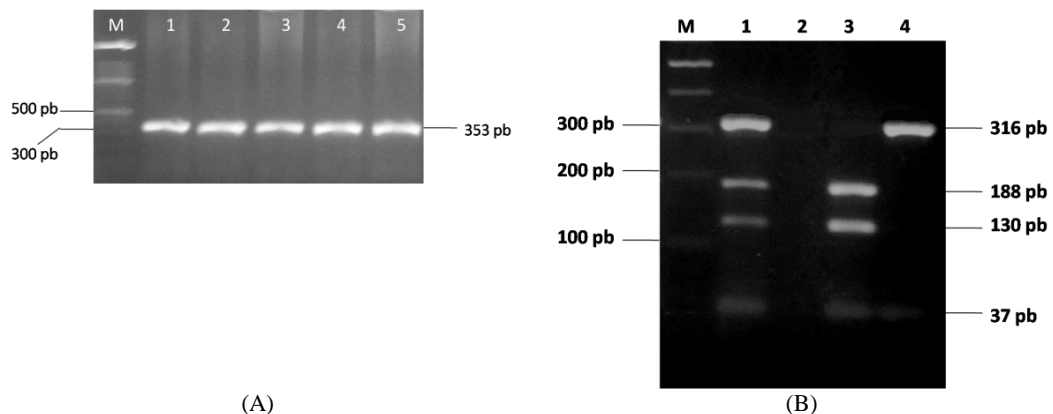
#### ***Analisis statistik***

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan software SPSS versi 19. Analisis untuk mengetahui asosiasi genotip dengan osteoporosis pada wanita pascamenopause menggunakan uji *Chi-Square*.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### ***Analisis Molekuler***

Teknik PCR dilakukan untuk mengamplifikasi DNA target pada daerah ekson 6 gen RANK yang mengandung situs polimorfik rs1805034 dan dikenali oleh enzim restriksi AciI. Hasil PCR menggunakan sepasang primer untuk analisis RANK menghasilkan pita tunggal sebesar 353 bp (Gambar 1.). Amplikon DNA dipotong menggunakan enzim AciI untuk menentukan nukleotida yang mengalami mutasi. Terdapat tiga kemungkinan dari hasil elektroforesis dari hasil PCR-RFLP yaitu: terdapat tiga pita dengan ukuran 188 pb, 130 pb, dan 36 pb (CC), terdapat empat pita yaitu 316 pb, 188 pb, 130 pb, dan 36 pb (CT), dan terdapat dua pita dengan ukuran 316 pb, dan 37 pb (TT).



Gambar 1. Gambar elektroforesis hasil PCR-RFLP. Hasil Amplifikasi DNA menggunakan teknik PCR dengan primer RANK menghasilkan pita tunggal dengan ukuran 353 pb. M = DNA penanda 100 bp, Sumur 1-5= hasil PCR (A). Hasil PCR-RFLP dengan AciI. Sumur 1 = heterozigot (CT) menghasilkan empat pita dengan ukuran 316pb, 188pb, 130pb dan 36pb. Sumur 3= homozigot (CC) terlihat 3 pita yaitu 188pb, 130pb dan 36pb. Sumur 4= homozigot wild type (TT) terlihat dua pita dengan ukuran 316pb, 37pb. Sumur M= marker dengan menggunakan DNA ladder 100 bp.

Pemberian kode polimorfisme ini berdasarkan pada perubahan yang terjadi pada nukleotidanya. Pada bentuk wild type ditemukan timin (T) sedangkan pada mutan ditemukan sitosin (C). Enzim AciI akan memotong jika nukleotida pada titik polimorfisme adalah sitosin (C) yang sesuai dengan daerah restriksinya sedangkan jika nukleotida pada titik tersebut timin (T) maka tidak akan dipotong.

***Distribusi Frekuensi Polimorfisme rs1805034 gen RANK pada wanita pascamenopause di Bekasi Indonesia***

Sampel sebanyak 210 orang pascamenopause dianalisis genotip dan alotipnya pada daerah ekson 6 gen RANK. Dari 210 wanita postmenopause yang dianalisis, wanita dengan genotip CC 12 wanita (5,71%), 76 wanita (36,19%) memiliki genotip CT, dan 122 wanita (58,10%) memiliki genotip TT. Frekuensi alotip pada wanita postmenopause yang diteliti adalah 23,81% untuk alotip C dan 76,19% pada alotip T. Hasil dapat dilihat pada Tabel 1. Distribusi genotip RANK pada populasi wanita pascamenopause yang diteliti sesuai dengan hukum keseimbangan Hardy-Weinberg ( $p>0,05$ ).

Distribusi frekuensi gen RANK rs121908659 pada wanita pascamenopause di Indonesia memperlihatkan genotip TT lebih dominan dibandingkan dengan genotip CT maupun TT. Hasil yang diperoleh ini sama dengan yang diteliti oleh Choi et al. (2005), mereka meneliti pada populasi Korea. Hasil penelitian mereka menunjukkan frekuensi genotip TT (46,5%) lebih tinggi dibandingkan dengan CT (41,9%) dan CC (11,6%). Hasil Choi et al. Bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kim et al (2007) pada populasi Korea juga. Kim et al. melaporkan tidak ditemukannya polimorfisme pada rs1805034 pada 385 wanita pascamenopause di Korea. Hasil yang menunjukkan frekuensi genotip TT lebih tinggi dibandingkan dengan CC juga didapatkan dari penelitian Hsu et al (2006) yang meneliti pada populasi Cina.

Tabel 1. Distribusi frekuensi genotip dan alotip gen RANK dengan menggunakan metode PCR-RFLP pada wanita postmenopause.

		Jumlah (n)	Frekuensi (%)
Genotip	CC	12	5,71
	CT	76	36,19
	TT	122	58,10
Alotip	C	100	23,81
	T	320	76,19

***Hubungan frekuensi genotip dengan kelompok normal dan osteoporosis***

Frekuensi genotip CC, CT dan TT tidak berbeda bermakna ( $p>0,05$ ) antara kelompok normal dan osteoporosis dengan menggunakan uji chi-Square interval kepercayaan 95%. Pada frekuensi alotip juga tidak berbeda bermakna antara kelompok normal dan osteoporosis. Frekuensi alotip C dan T sama pada kelompok osteoporosis maupun normal, yaitu 23,81% untuk alotip C dan 76,19% untuk alotip T (lihat Tabel 2.).

Tabel 2. Distribusi Genotip dan alotip pada kelompok osteoporosis dan normal.

	Normal	Osteoporosis	P
Genotip			
CC	4,76%	6,67%	$p>0,05$
CT	38,10%	34,29%	
TT	60%	62%	
Alotip			
C	23,81%	23,81%	$p>0,05$
T	76,19%	76,19%	

Distribusi frekuensi genotip pada kelompok osteoporosis maupun normal yang diperoleh sesuai dengan keseimbangan Hardy-Weinberg dengan nilai  $p>0,05$ . Frekuensi genotip CC dan TT pada kelompok osteoporosis (6,67% untuk CC dan 62% untuk TT) lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelompok normal (4,76% untuk CC dan 60% TT). Walaupun secara statistika tidak berbeda bermakna. Hal ini menunjukkan bahwa polimorfisme pada SNP ini kemungkinan tidak berperan pada afinitas ikatan RANK-RANKL. Sehingga tidak mengakibatkan manifestasi klinik berupa penurunan kerapatan tulang yang pada akhirnya akan menyebabkan terjadinya osteoporosis.

Polimorfisme pada SNP yang di teliti terletak pada posisi protein ke 192. Pada titik tersebut terjadi perubahan asam amino valin (Val) menjadi alanin (Ala). Perubahan ini tidak memberikan efek nyata karena kedua asam amino tersebut yaitu valin dan alanin termasuk ke dalam golongan asam amino yang bersifat hidrofob. Selain itu kedua asam amino ini memiliki titik isoelektrik yang hampir sama, yaitu 5,96 untuk asam amino valin dan 6,00 untuk alanin. Persamaan sifat ini kemungkinan mengakibatkan tidak terjadinya perubahan struktur protein yang pada akhirnya tidak memberikan perubahan fungsi biologis bagi protein tersebut.

### KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa polimorfisme gen RANK pada rs1805034 tidak berperan dalam resiko osteoporosis pada wanita pascamenopause di Bekasi Indonesia.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bell NH. *RANK ligand and the regulation of skeletal remodeling*. J Clin Invest. 2003;111:1120-22.
- Bitto A, Burnett BP, Polito F, Marini M, Levy RM, Ambruster MA, dkk. *Effects of genistein aglycone in ovariectomized, ovariectomized rats: a comparison with alendronate, raloxifene and oestradiol*. Br J Pharmacol. 2008;155:896-905.
- Boyle WJ, Scott, Simonet W, Lacey DL. *Osteoclast differentiation and activation*. Nature. 2003;423:337-42.
- Choi JY, Shin A, Park SK, Chung HW, Cho SI, Shin CS, et al. *Genetic polymorphisms of OPG, RANK, and ESRI and bone mineral density in Korean postmenopausal women*. Calcify Tissue Int. 2005;77(3):152-159.
- Eghbali-Fatourehchi G, Khosla S, Sanyal A, Boyle WJ, Lacey DL, Riggs BL. *Role of RANK ligand in mediating increased bone resorption in early postmenopausal women*. J Clin Invest. 2003;111:1221-30.
- Finkelstein JS, Brockwell SE, Mehta V, Greendale GA, Sowers MR, Ettinger B et al. *Bone mineral density changes during the menopause transition in a multiethnic cohort of women*. J Clin Endocrinol Metab. 2008;93:861-68.
- Giroux S. dan Rousseau F. *Genes and osteoporosis: time for a change in strategy*. Inter J of Clin Rheumatol. 2009; 4(2):221-33.
- Guerrini MM, Sobacchi C, Cassani B, Abinun M, Kilic SS, Pangrazio A et al. *Human osteoclast-poor osteopetrosis with hypogammaglobulinemia due to TNFRSF11A (RANK) mutations*. Am.J.Hum.Genet.2008;83:64-76.
- Hsu YH, Niu T, Terwedow HA, Xu X, Feng Y, Li Z et al. *Variations in gene involved in the RANKL/RANK/OPG bone modeling pathway are associated with bone mineral density at different skeletal sites in men*. Hum Genet.2006;118(5):568-577.
- Kearns AE, Khosla S dan Kostenuik PJ. *Receptor activator of nuclear factor  $\kappa$ B ligand and osteoprotegerin regulation of bone remodeling in health and disease*. Endocrinol Rev.2008;29:155-92.
- Kim JG, Kim JH, Kim JY, Ku SY, Jee BC, Suh CS et al. *Association between osteoprotegerin (OPG), receptor activator of nuclear factor- $\kappa$ B (RANK), and RANK Ligand (RANKL) gene polymorphisms and circulating OPG, soluble RANKL levels, and bone mineral density in Korean postmenopausal women*. Menopausal. 2007;14(5):913-918.
- Koh JM, Park BL, Kim DJ, Kim GS, Cheong HS, Kim TH et al. *Identification of novel RANK polymorphisms and their putative association with low BMD among postmenopausal women*. Osteoporos Int. 2007;18(3):323-331.
- Lacey, D. L.; Timms, E.; Tan, H.-L.; Kelley, M. J.; Dunstan, C. R.; Burgess, T et al. *Osteoprotegerin ligand is a cytokine that regulates osteoclast differentiation and activation*. Cell. 1998;93: 165-76.
- McClung M. *Role of RANKL inhibition in osteoporosis*. Arthr Res Ther. 2007;9(Suppl 1):S3-9.
- Raisz LG. *Pathogenesis of osteoporosis: concept, conflict, and prospects*. J Clin Invest. 2005;115: 3318-25.
- Srivastava S, Taraldo G, Weitzmann MN, et al. *Estrogen decreases osteoclast formation by down-regulating receptor activator of NF- $\kappa$ B Ligand (RANKL)-induced JNK activation*. J Bio Chem. 2001;34:234-45.
- Styrkarsdottir U, Halldorsson BV, Gretarsdottir S, Gudbjarnsson DF, Walters GB, Ingvarsson T, dkk. *Multiple genetic loci for bone mineral density and fractures*. N Engl J Med. 2008;358 (22):2355-65.
- Weitzmann MN and Pacifici R. *Estrogen deficiency and bone loss: an inflammatory tale*. J Clin Invest.2006;116:1186-94.

## Expression and Purification of Voltage Dependent Anion Channel 3 (VDAC3) Recombinant Protein in *Eschericia coli*

**Asmarinah<sup>1</sup>, Tri Panjiasih Susmiarsih<sup>2</sup>, Dwi Ari Pujianto<sup>1</sup>, Endang Winiati Bachtiar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Departement of Medical Biologi, Faculty of Medicine, Universitas Indonesia, Jakarta*

<sup>2</sup>*Doctoral Program in Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, Universitas Indonesia, Jakarta*

<sup>3</sup>*Departement of Oral Biology, Faculty of Dentistry Universitas Indonesia, Jakarta*

*E-mail: asmarinah.si@gmx.de*

Human Voltage Dependent Anion Channel 3 (VDAC3) gene in sperm was obtained by reverse transcription-PCR (RT-PCR) strategy and succesfull subcloned to pET 100/D-TOPO. Recombinant VDAC3 protein was expressed in *Eschericia coli* BL21 star and purified by Ni-NTA Agarose and its concentration was measured quantly. VDAC3 was suggested play a role in sperm motility and proposed as potential sperm antigen for male immunocontraception development.

Keyword : Recombinant VDAC3, sperm, male immunocontraception

## Keanekaragaman Penanda SCAR dan Rep-Pot2 pada Turunan Hasil Infeksi Silang *Pyricularia* Asal Rumpuk *Digitaria ciliaris*

**Sri Listiyowati<sup>1,2</sup>, Utut Widyastuti<sup>1,2</sup>, Gayuh Rahayu<sup>2</sup>, Alex Hartana<sup>1,2</sup>, Muhammad Jusuf<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorium Genetika Cendawan Pusat Penelitian Sumber Daya Hayati dan Bioteknologi IPB

<sup>2</sup>Departemen Biologi, FMIPA-Institut Pertanian Bogor

Email: srilistiyowati@yahoo.com.sg

Adaptasi mikroba terhadap lingkungannya dapat menghasilkan variasi genetik. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh pergantian inang terhadap keanekaragaman penanda SCAR (Cut1, PWL2, Erg2) dan rep-Pot2 pada *Pyricularia* d4 yang diperoleh dari rumput *Digitaria ciliaris*. Hasil uji infeksi silang menunjukkan d4 hanya mampu berganti inang ke padi var. Kencana bali, Cisokan, dan rumput *Panicum repens*. Perubahan penanda d4 ketika pada padi var. Kencana bali dan Cisokan meliputi fenotipe SCAR berupa Cut1 dan PWL2, serta perubahan fenotipe rep-Pot2. Sebaliknya d4 tidak mengalami perubahan fenotipe SCAR (Cut1, PWL2, Erg2) ketika berada pada rumput *Panicum repens*, tetapi mengalami perubahan fenotipe rep-Pot2. Tipe perubahan fenotipe rep-Pot2 d4 pada *Panicum repens* berbeda dengan d4 pada padi var. Kencana bali dan Cisokan. Tipe fenotipe rep-Pot2 d4 pada Kencana bali maupun Cisokan adalah sama. Penanda turunan d4 dari padi tidak berubah ketika diinfeksi kembali pada varietas padi yang sama. Pergantian genus inang d4 menghasilkan keanekaragaman genetik.

Kata kunci : *Pyricularia*, *Digitaria ciliaris*, padi, *Panicum repens*, SCAR, rep-Pot2

## Identifikasi Produksi Artemisinin pada *Artemisia annua* L. Menggunakan Pendekatan Molekular

**Utut Widyastuti<sup>1,2</sup>, Juliarni<sup>2</sup>, Yuli Widiastuti<sup>3</sup>, Dania<sup>2</sup>, Fajri<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi (PPSHB), IPB*

<sup>2</sup>*Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, IPB*

<sup>3</sup>*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional (BPTO), Tawangmangu*  
*Email: ututsuharsono2002@yahoo.com*

Produksi artemisinin yang merupakan zat bioaktif antimalaria pada tanaman *Artemisia annua* (Asteraceae) disekresikan oleh trikoma kelenjar yang telah mencapai kematangan fisiologi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pada tahap pertumbuhan daun yang dapat menghasilkan trikoma kelenjar yang sudah mencapai kematangan fisiologi (berkembang sempurna) dalam jumlah besar serta melihat ekspresi dari gen CYP71AV, gen yang bertanggung jawab dalam biosintesis artemisinin. Pengamatan trikoma kelenjar pada beberapa tahapan pertumbuhan daun (kuncup, setengah membuka, lamina berkembang sempurna, dan daun tua sebelum gugur) menunjukkan bahwa baik pada aksesori ungu (genjah) maupun aksesori hijau (dalam) produksi artemisinin tertinggi terdapat pada stadia perkembangan daun setengah membuka dan ditandai dengan banyaknya trikoma kelenjar yang belum pecah. Ekspresi gen CYP71AV tertinggi pada aksesori hijau terdapat mulai daun kuncup dan maksimal pada daun setengah membuka, kemudian menurun pada daun membuka dan tidak terekspresi pada daun luruh. Sedangkan pada aksesori ungu ekspresi tertinggi hanya terdapat pada daun kuncup dan sedikit pada daun membuka. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dianjurkan untuk memanen tanaman sebelum anthesis pada stadia daun setengah membuka sampai membuka.

## Transformasi Genetik Padi (*Oryza sativa* L) dengan Gen Penyandi Metallothionein Tipe II dari *Melastoma malabathricum* L. (MaMt2)

Suharsono<sup>1,2</sup>, Nurul Fitriah<sup>1</sup>, Utut Widyastuti<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi, LPPM, IPB

<sup>2</sup>Departemen Biologi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor

Metallothionein (MT) mempunyai peranan penting dalam detoksifikasi ion logam berat seperti Cadmium dan Mercury. Ion-ion logam berat ini diikat oleh MT. Tanaman yang mengekspresikan secara berlebihan (over-expression) gen penyandi MT diperkirakan menjadi lebih toleran terhadap cekaman ion logam, termasuk aluminium (Al). Gen penyandi MT tipe II telah diisolasi dari *Melastoma malabathricum* yang merupakan tumbuhan yang sangat toleran terhadap cekaman Al yang disebut dengan MaMt2. Gen ini telah difusikan dengan promoter ubiquitin di dalam vektor biner pIG6 dan dimasukkan ke dalam *Agrobacterium tumefaciens* LBA 4404. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan transformasi genetik padi (*Oryza sativa* L.) dengan gen MaMt2 di bawah kendali promoter ubiquitin dan terminator Nos. Untuk itu, dua kultivar dari dua subspecies padi yaitu Kasalath (Indica) dan Nipponbare (Japonica) digunakan dalam penelitian ini. Transformasi dilakukan terhadap kalus yang berasal dari biji masak dengan metode ko-kultivasi. Berdasarkan resistensi kalus terhadap agen seleksi higromisin, efisiensi transformasi di kultivar Kasalath lebih rendah yaitu 7.69% dari pada di kultivar Nipponbare yaitu 20%. Regenerasi tunas transgenik putatif yang dilakukan di media selektif yang mengandung higromisin menunjukkan bahwa efisiensi regenerasi kultivar Kasalath yaitu 20% lebih rendah dari pada kultivar Nipponbare yaitu 29%. Analisis molekuler dengan PCR menunjukkan bahwa tanaman padi kultivar Kasalath transgenik generasi To mengandung transgen MaMt2 di bawah kendali promoter ubiquitin. Tanaman transgenik ini telah menghasilkan biji generasi T1. Seleksi resistensi higromisin terhadap bibit generasi T1 menunjukkan bahwa gen penyandi resistensi higromisin diwariskan ke generasi berikutnya yaitu generasi T1.

## Uji Integritas DNA Sperma pada Semen Abnormal Menggunakan Metode *Terminal Deoxynucleotidyl Transferase* dUTP *Nick-end Labelling* (TUNEL) dan *Sperm Chromatin Dispersion* (SCD) Assay

Dwi Ari Pujiyanto<sup>1</sup>, Eldafira<sup>1</sup>, Uswatun Hasanah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi Kedokteran, FK Universitas Indonesia

<sup>2</sup>Program Magister Ilmu Biomedik, FK Universitas Indonesia

Email : dwi.ari@ui.ac.id

Terdapatnya kasus infertilitas pria menimbulkan dugaan bahwa salah satu penyebabnya adalah tingkat integritas DNA sperma, sehingga pemeriksaan tingkat kerusakan DNA sperma dipandang perlu dimasukkan dalam analisa semen standar untuk menilai kesuburan pria. Namun demikian sampai saat ini masih terdapat ketidakteragaman laporan mengenai hubungan tingkat integritas DNA sperma dengan parameter standar kualitas spermatozoa seperti motilitas dan morfologi. Disamping itu terdapat berbagai metode pemeriksaan integritas DNA sperma dengan prinsip deteksi yang berbeda yang menyebabkan kesulitan dalam menginterpretasi hasil. Di antara metode tersebut adalah uji Sperm Chromatin Dispersion (SCD) assay dengan melihat pola penyebaran kromatin sperma dan *Terminal Deoxynucleotidyl Transferase* dUTP *Nick-end Labelling* (TUNEL) yang mampu mendeteksi patahan DNA. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hubungan antara tingkat integritas DNA sperma dengan parameter standar kualitas spermatozoa dan juga untuk mengetahui korelasi antara uji SCD dan TUNEL. Penelitian ini menggunakan metode observasional. Sampel diperoleh dari kelompok pria dengan semen abnormal yang akan dibandingkan dengan kelompok pria dengan semen normal. Total sampel yang diteliti berjumlah 36 sampel dengan rincian 23 sampel pria dengan semen abnormal dan 13 sampel pria dengan semen normal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan metode SCD spermatozoa dengan semen abnormal (n = 23) mempunyai kisaran indeks fragmentasi DNA (IFD) kriteria baik sebesar 34%, IFD sedang 26% dan IFD kurang 40%, sedangkan pada sperma dengan semen normal (n = 13) dengan urutan kriteria yang sama menunjukkan kisaran IFD sebesar 46%, 46%, dan 8%. Pada pemeriksaan dengan menggunakan metode TUNEL, sperma dengan semen abnormal diperoleh IFD baik, sedang dan kurang sebesar 35%, 35%, dan 30%, sedangkan sperma dengan semen normal diperoleh IFD berkisar antara 31%, 61% dan 8%. Hal ini menunjukkan bahwa baik pada uji SCD maupun TUNEL, terdapat kecenderungan tingginya IFD pada sampel abnormal walaupun hasil analisa statistik pada kedua metode tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari analisa korelasi antara SCD dan TUNEL diperoleh hasil bahwa pemeriksaan dengan kedua metode menunjukkan korelasi yang kuat dan signifikan. sehingga dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan integritas DNA sperma dengan uji SCD maupun TUNEL memberikan hasil yang serupa.

Kata kunci : Fragmentasi DNA, Sperma, SCD, TUNEL.



## Variasi Genetik Masyarakat Klan Pasek Catur Sanak Bali Mula Berdasarkan Haplotipe DNA Mikrosatelit Kromosom-Y

**I Ketut Junitha<sup>1</sup>, Sang Ketut Sudirga<sup>1</sup>, Made Pharmawati<sup>1</sup>, Ni Luh Watiniasih<sup>1</sup>,  
Wayan Rosiana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jurusan Biologi F MIPA Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Kuta Bali*

<sup>2</sup>*Program Studi Biologi Universitas Dhyana Pura Denpasar, Bali*

*Email : junithaketut@yahoo.com*

Masyarakat Bali berkelompok berdasarkan garis keturunan laki-laki disebut klan. Pengelompokan tersebut dikaitkan dengan leluhur pembentuk kelompok masing-masing yang memiliki peran penting dalam sejarah perkembangan masyarakat Bali di masa lalu. Masing-masing soroh meyakini merupakan keturunan dari leluhur yang sama dan memiliki pura tempat pemujaan disebut Pura Kawitan. Dalam klan dapat terbentuk pengelompokan yang lebih kecil menjadi sub-sub klan atau soroh. Klan Catur Sanak Bali Mula merupakan keturunan dari Mpu Kameraka terbagi menjadi empat soroh yaitu Soroh Kayu Selem yang merupakan keturunan dari Empu Kayu Ireng dengan pura Kawitan terletak di Pura Gowa Song, desa Songan, Soroh Celagi merupakan keturunan Empu Made Celagi dengan pura kawitan di desa Pedahan Tianyar Karangasem, masyarakat Terunyan dibentuk oleh Empu N Terunyan di desa Terunyan kecamatan Kintamani Bangli dan Soroh Kayuan merupakan keturunan dari Empu Kayuan dengan pura kawitan terletak di desa Siakin, kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli. Keempat leluhur soroh ini merupakan keturunan dari Empu Kamareka. Soroh Kayu Selem memiliki penyebaran yang paling luas terdapat di seluruh kabupaten dan kota di Bali, diikuti oleh soroh Celagi terdapat kabupaten klungkung dan Gianyar dan Buleleng, Soroh Kayuan hanya terdapat di desa Songan sebagai tempat asal leluhurnya, desa Siakin sebagai tempat Pura Kawitannya serta desa sekitar seperti Blandingan dan Kutuh yang semuanya di Kecamatan Kintamani. Sedangkan Masyarakat Terunyan hanya di desa Terunyan Kintamani Bangli. Hasil penelitian terhadap masyarakat laki-laki soroh Kayu Selem, Celagi, Kayuan dan Terunyan dari seluruh Bali menggunakan empat pasang primer DNA mikrosatelit kromosom-Y lokus DYS19, DYS390, DYS393, dan DYS395 diperoleh sebanyak 12 ragam alel dan 35 ragam haplotipe. Ragam haplotipe paling sedikit ditemukan pada soroh Celagi yaitu sebanyak lima macam yaitu haplotipe 8, 16, 17, 28, dan 33, diikuti oleh masyarakat Terunyan sembilan haplotipe yaitu haplotipe 1, 5, 7, 15, 18, 19, 26, 32, dan 35, masing-masing 12 haplotipe pada soroh Kayuan yaitu haplotipe 3, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 22, 23, 27, dan 29, soroh Kayu Selem dengan haplotipe 2, 4, 10, 11, 14, 20, 21, 24, 25, 30, 31, dan 34. Sebagian besar haplotipe ditemukan hanya pada satu soroh kecuali tiga macam haplotipe ditemukan pada dua soroh yaitu haplotipe 8 ditemukan pada soroh Celagi dan Kayuan, haplotipe 11 pada soroh Kayu Selem dan soroh Kayuan. Haplotipe 16 ditemukan pada soroh Celagi dan soroh Kayuan. Adanya macam haplotipe sama ditemukan pada dua soroh berbeda kemungkinan disebabkan oleh peristiwa adopsi anak atau kawin nyentana (pihak laki-laki masuk ke dalam keluarga perempuan) dimana pada masyarakat Bali berlaku system perkawinan patrilineal (istri yang masuk dalam keluarga besar laki-laki). Diversitas genetik haplotipe paling tinggi ditemukan pada soroh Kayu Selem sebesar  $0,8726 \pm 0,0151$ , diikuti oleh soroh Kayuan sebesar  $0,7987 \pm 0,0282$ , masyarakat Terunyan dengan diversitas sebesar  $0,7087 \pm 0,0008$  dan diversitas paling kecil sebesar  $0,3505 \pm 0,0756$  pada soroh Celagi.

Kata kunci: DNA mikrosatelit, kromosom-Y, soroh, patrilineal, haplotipe

## Potensi Senyawa Bioaktif Strain *Pleurotus ostreatus* Di Jawa Dalam Menghambat Proliferasi Sel Kanker Leher Rahim

Nuraeni Ekowati<sup>1</sup>, Juni Safitri Muljowati<sup>1</sup>, dan Rina Sri Kasiamdari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>2</sup>Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Email : nuraeniekowati@yahoo.com

*Pleurotus ostreatus*(Jacq.) P. Kumm. merupakan salah satu jenis jamur pangan yang sudah dibudidayakan di Indonesia. *P. Ostreatus* tidak hanya berpotensi sebagai jamur pangan (*edible mushroom*), namun juga berpotensi sebagai jamur obat (*medicinal mushroom*). Tujuan penelitian ini adalah (1) Mendapatkan ekstrak senyawa bioaktif *P. Ostreatus* yang poten dalam menghambat proliferasi sel kanker leher rahim (HeLa) (2) Mengevaluasi kinetika proliferasi sel HeLa (3) Menentukan mekanisme kematian sel HeLa dengan pemberian senyawa bioaktif. Metode penelitian untuk produksi senyawa bioaktif menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap, sebagai perlakuan adalah lima strain *P. ostreatus*. Uji aktivitas anti kanker dilakukan dengan uji sitotoksik menggunakan metode MTT [3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil tetrazolium bromid], uji kinetika proliferasi sel kanker dan uji mekanisme kematian sel dilakukan secara kualitatif menggunakan teknik pengecatan sel serta secara kuantitatif menggunakan *flow cytometer*. Analisis data dilakukan dengan program SPSS menggunakan analisis ragam, dan analisis regresi linear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa bioaktif *P. Ostreatus* dapat diperoleh dari filtrat medium, miselium dan tubuh buah. Ekstrak tubuh buah memberikan hasil terbaik pada uji sitotoksik. Ekstrak etil asetat tubuh buah *P. Ostreatus* isolat dari Madiun (Po Md) menunjukkan nilai LC50 =107,59 µg/ml. Hasil analisis kinetika proliferasi sel HeLa menunjukkan bahwa dengan pemberian senyawa bioaktif 100 µg/ml, mengakibatkan peningkatan kematian sel HeLa seiring dengan lamanya waktu inkubasi. Hasil uji mekanisme kematian sel HeLa secara kualitatif dan kuantitatif menunjukkan bahwa sel HeLa yang mati secara apoptosis lebih besar daripada nekrosis.

Kata kunci : *Pleurotus ostreatus*, uji sitotoksik, selHeLa, senyawabioaktif, apoptosis

## Induksi Pembelahan Sporofitik Pada Kultur Antera Sebagai Tahap Awal Pengembangan Teknologi Haploid Untuk Kedelai

**Ence Darmo Jaya Supena<sup>1</sup>, Budiana<sup>1</sup>, Suharsono<sup>1</sup>, Ika Mariska<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Biologi FMIPA IPB dan Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi IPB

<sup>2</sup>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor  
Email : [encedarmo@ipb.ac.id](mailto:encedarmo@ipb.ac.id)

Ketersediaan varietas kedelai (*Glycine max* L.) yang mempunyai sifat agronomis dan daya adaptasi yang baik, merupakan faktor penting untuk meningkatkan produktivitas sekaligus untuk ekstensifikasi guna mendukung upaya swasembada kedelai. Semua varietas kedelai unggul nasional adalah hasil pemuliaan konvensional yang dalam prosesnya membutuhkan waktu lama ( $\pm$  3 tahun), sehingga terkadang sudah tidak sesuai lagi dengan tuntutan dan kebutuhan di lapangan. Waktu terlama adalah dalam proses seleksi dan pembentukan galur murni yang mencapai tujuh generasi. Pengembangan teknologi haploid merupakan cara tercepat untuk menjawab permasalahan dan tantangan tersebut. Penelitian yang dilaksanakan merupakan tahap awal pengembangan teknologi haploid untuk kedelai melalui androgenesis, yaitu menginduksi pembelahan sporofitik pada kultur antera dalam sistem media dua-lapis menggunakan kedelai varietas Sindoro, Slamet dan Wilis. Mikrospora yang responsif untuk induksi pembelahan sporofitik adalah pada fase berinti satu akhir dan berinti dua awal yang diperoleh dari kuncup bunga kedelai ketika rasio panjang braktea terhadap panjang kuncup adalah 2:2.5 sampai 2:3.5. Penggunaan media dasar Nitsch dan Nitsch, sumber karbon Maltosa (40 g/l), dan perlakuan cekaman dingin (4-9 °C) selama seminggu pertama kultur lebih mendukung induksi pembelahan sporofitik, serta kombinasi ketiga faktor tersebut terbukti merupakan kombinasi yang baik untuk induksi pembelahan sporofitik pada varietas Wilis. Praperlakuan kuncup bunga pada cekaman dingin (4-9 °C) selama satu hari sebelum isolasi antera juga memberikan pengaruh yang baik dalam induksi pembelahan sporofitik. Hasil ini menunjukkan bahwa induksi sporofitik telah dapat dilakukan, sehingga teknologi haploid untuk kedelai melalui kultur antera dalam sistem media dua-lapis berpotensi untuk dikembangkan.

Kata kunci: kedelai, mikrospora, sporofitik, androgenesis, haploid

## Indeks Proliferasi Sel Granulosa Ovarium Pada Wanita SOPK Yang Mengikuti Program Bayi Tabung (IVF)

**Roselina Panghiyangani<sup>1</sup>, Purnomo Soeharso<sup>2</sup>, Dwi Anita Suryandari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Program Doktor Ilmu Biomedik FKUI/FK Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan;*

<sup>2</sup>*Departemen Biologi FK, Universitas Indonesia, Jakarta*

*Email : roselina\_darma@yahoo.co.id*

Sel granulosa ovarium adalah sel somatik yang berhubungan erat dengan folikulogenesis. Fungsi utamanya memproduksi steroid dan sejumlah faktor pertumbuhan untuk berinteraksi dengan oosit selama perkembangannya dalam folikel ovarium. Salah satu gangguan endokrinologi reproduktif dan menjadi masalah yang kontroversi sampai saat ini adalah Sindrom Ovarium Polikistik (SOPK). Prevalensinya 5-10% dari wanita usia reproduksi. Karakteristik SOPK yaitu hiperandrogenemia, perubahan dinamika hormon gonadotropin, anovulasi kronik, ovarium polikistik akibat penghambatan perkembangan folikel ovarium. Produksi oosit matang adalah proses kompleks dimana sel germinal dan sel somatik memelihara asosiasi yang erat. Pertumbuhan dan perkembangan oosit bergantung pada tahapan langkah perintah pematangan dan diferensiasi, baik pada sel germinal maupun sel somatik. Fungsi sel germinal selama pertumbuhan folikel bergantung pada diferensiasi sel granulosa. Oosit dapat memodulasi dan mempengaruhi diferensiasi sel granulosa dan perkembangan folikel normal. Perkembangan folikel ovarium berkorelasi dengan aktifitas proliferasi sel granulosa. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui indeks proliferasi sel granulosa secara in-vitro antara kelompok wanita SOPK (K1) dan non- SOPK (K0). Sel granulosa berasal dari cairan folikel ovarium 64 orang pasien yang sedang mengikuti program bayi tabung (IVF) di Klinik Fertilitas Yasmin-RSCM Jakarta. Setelah dilakukan pemisahan sel granulosa dikultur dalam medium kultur DMEM/F12 (Gibco) yang mengandung 10% FBS (Gibco) ditambah 100 µL antibiotik-antimikotik (Gibco), selama 4 hari (96 jam). Hasil penelitian menunjukkan rerata indeks proliferasi sel kelompok K1:  $2,48 \pm 0,59$  dan kelompok K0:  $4,08 \pm 1,76$ . Hasil uji-t independen menunjukkan terdapat perbedaan bermakna diantara kedua kelompok ( $p < 0,05$ ). Indeks proliferasi sel granulosa pada wanita SOPK berbeda bermakna dibandingkan wanita non SOPK. Nilai rerata indeks proliferasi sel granulosa wanita SOPK lebih rendah dibandingkan wanita non SOPK.

Kata kunci: sel granulosa, Sindrom Ovarium Polikistik

## Aspek Genetik : Sindroma Ovarium Polikistik (SOPK)

**Roselina Panghiyangani<sup>1</sup> dan Mala Kurniati<sup>2</sup>**

*1. Program Doktor Ilmu Biomedik FKUI/FK Univ. Lambung Mangkurat - KalSel 2. Program Magister Ilmu Biomedik FKUI/FK Univ. Malahayati -Lampung  
Email : roselina\_darma@yahoo.co.id*

Sindroma ovarium polikistik (SOPK) merupakan endokrinopati yang umum terjadi pada wanita usia reproduksi, prevalensi sekitar 5-10% di dunia. Kelainan ini ditandai dengan gambaran klinis hiperandrogenisme, ketidakteraturan menstruasi, oligo/anovulasi dan hiperinsulinemia. Sindrom ini mempunyai implikasi kesehatan yang serius yaitu infertilitas, diabetes mellitus tipe 2, penyakit jantung koroner, dislipidemia dan kanker endometrium. SOPK dapat dilihat sebagai gangguan kelebihan androgen yang heterogen dengan berbagai tingkat kelainan reproduksi dan metabolik, ditentukan oleh interaksi berbagai faktor genetik dan lingkungan. Tujuan dalam studi ini dilakukan tinjauan studi genetika molekuler terhadap gen-gen yang berperan dalam steroidogenesis, aksi dan regulasi hormon gonadotropin yang diduga berasosiasi dengan SOPK. Sejumlah penelitian telah mencoba memahami mekanisme etiologi SOPK baik pada tingkat genetika molekuler maupun klinis. Namun mekanisme yang jelas tentang hal tersebut belum dapat dipastikan. Identifikasi polimorfisme yang terkait dengan penyakit dapat membantu untuk menjelaskan patogenesis dan pengetahuan ini dapat digunakan untuk meningkatkan prognosis bagi wanita penderita SOPK. Sejumlah kandidat gen fungsional telah diuji untuk melihat asosiasi atau linkage dengan fenotip SOPK. Diantaranya gen-gen yang mengatur aksis hipotalamus-pituitari-gonad untuk regulasi fungsi ovarium, gen yang terlibat biosintesis hormon steroid, gen yang terlibat dalam sekresi insulin. Untuk memahami gangguan yang kompleks ini membutuhkan studi yang komprehensif menggunakan sampel yang relatif besar untuk analisis genetik dengan mempertimbangkan aspek etnis dan kondisi lingkungan dari populasi yang diteliti. Penelitian yang difokuskan pada aspek-aspek ini akan memberikan pemahaman yang baik untuk mengembangkan metode pengobatan baru dan kemungkinan pencegahan terjadinya sindrom SOPK. Belum ditemukan hubungan yang konsisten antara polimorfisme gen dan SOPK yang dapat diidentifikasi.

Kata Kunci: SOPK, polimorfisme gen, steroidogenesis

### PENDAHULUAN

Sindrom ovarium polikistik (SOPK) merupakan sekumpulan keadaan atau gejala yang kompleks, dan sering terjadi pada wanita usia muda atau usia produktif. Sekitar 5-10 % wanita usia produktif diperkirakan mengalami SOPK, bahkan sekitar 26% remaja putri berusia 15 tahun pun diperkirakan mengalami sindroma ini. Definisi SOPK yang paling dapat diterima secara internasional pada saat ini adalah yang diadopsi pada tahun 2003 oleh *European Society for Human Reproduction dan Embryology and the American Society for Reproductive Medicine*, yang dikenal dengan *ESHRE/ASRM Rotterdam consensus*. Dalam konsensus ini diperlukan adanya dua dari tiga kriteria diagnosa yaitu : (1) oligomenorrhoea atau anovulation, (2) gejala hiperandrogen baik secara klinik maupun biokimia, (3) adanya gambaran morfologi ovarium yang polikistik dengan USG (Azizz, 2007).

Pasien dengan SOPK memiliki karakteristik yang saling terkait antara lain hiperandrogenisme, perubahan dinamika hormon gonadotropin, anovulasi kronik, ovarium polikistik, dan resistensi insulin. Sindrom ini memiliki dampak reproduksi dan metabolisme yang signifikan, dan berhubungan dengan peningkatan risiko diabetes tipe-2, dislipidemia, penyakit kardiovaskular (CVD), dan karsinoma endometrium. (Unluturk *et al.*, 2007) Secara keseluruhan, SOPK dapat dilihat sebagai gangguan kelebihan androgen heterogen dengan berbagai tingkat kelainan metabolik dan gonadotropik. Perkembangan SOPK mungkin memerlukan interaksi berbagai faktor yang diwariskan dan lingkungan. Hingga saat ini penegakan diagnosis SOPK belum efektif, oleh karena itu perlu ditingkatkan dengan mengembangkan penelitian berdasarkan *proteomic analysis* untuk menemukan biomarker dan gen-gen spesifik yang terlibat dalam patogenesis PCOS.

Studi hubungan genetik yang digunakan untuk menyelidiki gen atau penanda genetik yang mungkin terkait dengan fenotipe penyakit atau sifat tertentu. Studi ini bergantung pada identifikasi dan karakterisasi varian alam atau polimorfisme dalam urutan DNA diantara individu. Jika terdapat asosiasi, varian tertentu akan terlihat lebih sering dari yang diharapkan secara kebetulan pada individu yang membawa sifat tersebut (Simoni,2008). Dalam tulisan ini, kami berupaya melakukan tinjauan terhadap gen-gen yang diduga berasosiasi dengan SOPK. Secara singkat akan ditelaah bukti yang tersedia mengenai dasar genetika molekuler dari SOPK.

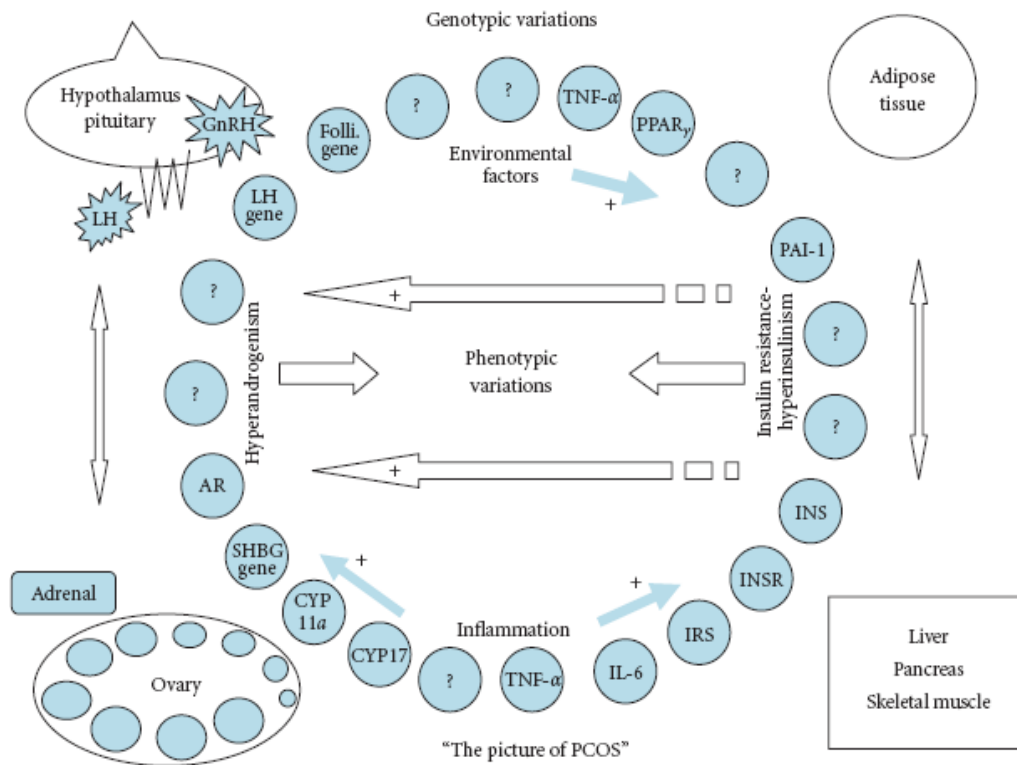
## DISKUSI

Identifikasi polimorfisme yang terkait dengan penyakit dapat membantu untuk menjelaskan patogenesis, dan pengetahuan ini dapat digunakan untuk meningkatkan prognosis untuk wanita dengan gangguan tertentu, seperti sindrom ovarium polikistik (SOPK). Pemikiran yang mendasari mekanisme genetik perkembangan SOPK, telah diusulkan tiga model genetik SOPK yaitu : pertama, sebagai model "gen tunggal Mendel", menganggap bahwa mayoritas terjadi kerusakan/cacat yang unik ada pada SOPK. Model ini akan menunjukkan bahwa pewarisan SOPK harus berpola resesif atau dominan, menunjukkan sebuah cacat gen tunggal. Jika suatu transmisi secara dominan diasumsikan, semua wanita yang mewarisi akan mengalami perkembangan SOPK secara klinis. Model kedua, adalah "multifaktorial", menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada SOPK tidak khas, gangguan ini hanya merupakan konglomerasi/pencampuran kelainan sudah ada dalam populasi umum. Melalui konsep ini, SOPK akan dianggap sebagai gangguan genetik multifaktorial seperti NIDDM dan CVD. Oleh karena itu, wanita membawa kerusakan ganda (baik melalui warisan dan melalui pengaruh lingkungan) akan berisiko terkena SOPK secara klinis meningkat. Model ketiga, atau model "variabel ekspresi gen-tunggal", yaitu versi modifikasi dari gabungan dua model di atas. Dengan model ini, SOPK disebabkan oleh cacat gen utama, yang ditransmisikan ke 50% dari keturunan. Namun, ekspresi SOPK akan dimodifikasi oleh faktor-faktor tambahan, baik dari lingkungan dan/atau genetik, sehingga rasio segregasi yang sebenarnya diamati bisa kurang dari yang diharapkan untuk gangguan autosomal dominan (0,5). Secara teoritis, wanita yang memiliki mutasi akan berisiko hampir 100% terkena SOPK, meskipun faktor tambahan akan menentukan tingkat keparahan klinis dari gangguan tersebut. Secara genetik wanita yang memiliki kecenderungan tidak terkena pengaruh-pengaruh lainnya mungkin hanya berkembang menjadi bentuk SOPK subklinis, atau hadir dengan gambaran diagnostik yang terbatas misalnya hiperandrogenemia saja, tetapi bukan gangguan penuh (Dasgupta,2008).

Dua pendekatan utama yang digunakan untuk mengidentifikasi lokus genetik untuk SOPK adalah (i) studi hubungan dimana alel predisposisi diharapkan akan lebih sering ditemui pada populasi yang dipengaruhi daripada individu normal dan (ii) studi hubungan dimana probandus dan keluarga mereka diselidiki untuk menentukan apakah penanda genom tertentu didistribusikan secara bebas atau *linkage* (bersama-sama) dengan fenotip (Prapas,2009).

Sampai saat ini kebanyakan analisis berkonsentrasi pada studi sejumlah varian genetik fungsional, terutama varian berupa perubahan basa tunggal, yang dikenal sebagai polimorfisme nukleotida tunggal (SNP), pada gen tertentu. Gen kandidat untuk genotip yang dipilih sesuai dengan fungsinya: gen yang mengkode protein yang diduga memiliki peran dalam penyakit atau respon terhadap pengobatan. Varian dalam gen kandidat paling sering dipilih karena terjadi pada ekson dan mengakibatkan perubahan dalam urutan asam amino dalam protein. Atau, varian yang terletak di daerah non-coding, tapi mengubah situs pengikat faktor transkripsi atau berpengaruh terhadap efisiensi splicing, yang akan mempengaruhi ekspresi suatu protein. Keunggulan utama dari pendekatan kandidat SNP adalah bahwa penelitian tersebut terjangkau, karena hanya sejumlah varian yang dipelajari dan ukuran sampel yang relatif kecil dapat digunakan. Sudah banyak hasil yang telah diperoleh dari studi yang mempelajari asosiasi potensial antara polimorfisme genetik dan SOPK atau respon ovarium terhadap gonadotropin (Simoni, 2008).

Disregulasi sintesis androgen memainkan peran kunci dalam patogenesis SOPK. Disregulasi ini mungkin dipicu oleh varian genom yang berkaitan dengan faktor hiperandrogenisme dan lingkungan, seperti kebiasaan gaya hidup dan diet. Kondisi hiperandrogenemia menyebabkan folikel tidak tumbuh menjadi folikel dominan dan menyebabkan terjadinya oligo/anovulasi. Puncak progesteron tidak terjadi melalui fase luteal dari siklus menstruasi, dan frekuensi dan amplitudo pulsa GnRH meningkat, yang pada gilirannya menyebabkan sekresi LH meningkat. Akibat kadar LH meningkat, sintesis dan sekresi androgen di ovarium dan adrenal dirangsang. Di sisi lain, resistensi insulin menyebabkan kondisi hiperinsulinemia yang diwariskan menyebabkan sintesis androgen meningkat dan sintesis SHBG menurun. Selain itu, obesitas bisa menyebabkan peradangan kronis melalui sitokin inflamasi yang disekresi jaringan adiposa, yang merangsang sintesis androgen dan resistensi insulin meningkat. Akibat interaksi antara ovarium, hipotalamus-hipofisis, adrenal, jaringan adiposa, hati, otot rangka dan  $\beta$ -sel pankreas memberikan gambaran SOPK. Faktor lingkungan dan variasi genetik merupakan variabilitas fenotipik (Unluturk *et al.*, 2007)



Gambar 1. SOPK adalah sindrom yang kompleks (Unluturk *et al.*, 2007).

Dalam studi populasi yang besar, dijelaskan bahwa kejadian oligomenore dan ovarium polikistik meningkat pada kerabat tingkat pertama pasien SOPK dibandingkan dengan kontrol. Peneliti lain telah melaporkan serangkaian studi berbasis keluarga, menggunakan sebagai kriteria diagnostik yang terdiri dari hirsutisme, oligomenore, dan pembesaran ovarium). Mereka menemukan agregasi familial gangguan hiperandrogenik dan metabolisme serta variabilitas fenotip pada SOPK (Cooper dan Givens *et al* dalam Unluturk *et al.*, 2007). Fenotip hiperandrogenemia dan homeostasis glukosa juga terbukti diwariskan pada SOPK. Bukti heritabilitas fenotipe metabolik seperti fungsi sel beta dan resistensi insulin dilaporkan dalam studi keluarga SOPK. Norman *et al.* 1996, melaporkan bahwa kadar insulin yang meningkat umum terjadi di antara kerabat tingkat pertama. Colilla *et al.*, 2001 mencatat bahwa ada komponen yang diwariskan dari disfungsi sel beta dalam keluarga wanita dengan SOPK. Telah dilaporkan bahwa orangtua pasien SOPK mengalami peningkatan prevalensi intoleransi glukosa dan diabetes tipe-2 sedangkan saudara laki-laki dan perempuannya menunjukkan resistensi insulin dibandingkan dengan kontrol yang sehat (Yildiz, 2003)

### ***Kandidat gen yang terlibat dalam etiologi SOPK.***

#### *Hormon seks dan regulator hormon*

SOPK ditandai dengan kelainan endokrinologis, polimorfisme pada gen yang mengkode hormon seks atau regulator aktivitas mereka telah diteliti. Temuan yang bertentangan telah dilaporkan dari studi yang menyelidiki hubungan antara panjang CAG berulang -mikrosatelit pada gen reseptor androgen (AR) dan kerentanan SOPK. Namun, alel pendek mikrosatelit ini tampaknya berasosiasi dengan peningkatan aktivitas androgenik (Mifsud *et al.* dalam Simoni, 2008), dan ini dapat menyebabkan SOPK.

Wanita dengan SOPK memiliki kadar SHBG subnormal. Mikrosatelit berulang di daerah promotor gen SHBG telah dikaitkan dengan kerentanan terjadinya SOPK pada orang Yunani (Xita *et al.*, 2003) tapi tidak pada perempuan di Slovenia (Ferk *et al.*, 2007), meskipun pada kedua populasi, kadar SHBG serum sangat dipengaruhi oleh genotip. Polimorfisme p.D327N pada gen ini tidak ditemukan mempengaruhi kerentanan terhadap SOPK dalam penelitian di Slovenia atau Republik Ceko (Ferk *et al.*, 2007).

Studi lain telah menunjukkan bahwa suatu AccI RFLP (*restriction fragment length polymorphism*) pada gen yang mengkode subunit beta dari gonadotropin follicle-stimulating hormone (FSHB) mungkin berhubungan dengan kerentanan SOPK (Tong et al., 2000). Sejumlah besar studi telah meneliti polimorfisme pada gen yang mengkode reseptor untuk FSH. FSH menginduksi proliferasi sel granulosa dan sintesis androgen-converting enzim aromatase, dan juga memainkan peran penting dalam perekrutan folikel sekunder dan seleksi folikel dominan (Fauser dalam Simoni, 2008). Aksi FSH dimediasi oleh FSHR, yang diekspresikan hanya oleh sel granulosa. Gen FSHR memiliki dua non-identik SNP dalam linkage disequilibrium kuat (p.A307T dan p.N680S) telah diidentifikasi dalam ekson 10 dari FSHR gen. Interaksi antara FSH dan reseptor memainkan peran penting dalam stimulasi ovarium, Studi pada wanita dengan fungsi ovarium yang normal menunjukkan secara meyakinkan bahwa SNP di ekson 10 memodulasi fungsi FSHR dan respon ovarium terhadap FSH (Perez Mayorga dkk., 2000).

Faktor genetik lain yang telah dianalisis dan dilaporkan terlibat dalam modulasi sensitivitas ovarium terhadap FSH. Kandidat gen yang penting adalah polimorfisme pada gen reseptor estrogen ER1 dan ER2 gen (De Castro et al, 2003) serta anti-mullerian hormone (AMH) dan gen reseptor AMH tipe II (Kevenaar et al, 2007) dan MTHFR (Rosen et al, 2007).

#### *Gen yang terlibat dalam steroidogenesis*

Abnormalitas biokimia yang umum pada wanita SOPK adalah hiperandrogenemia (Gambar 1). Para peneliti berusaha untuk menemukan hubungan atau asosiasi antara SOPK dan gen yang terlibat dalam jalur biosintesis androgen. Gen yang paling relevan yang terlibat dalam steroidogenesis diantaranya CYP19. CYP19 atau enzim aromatase, mengubah C19 steroid (androgen) menjadi steroid C18 (estrogen). P450arom dikodekan oleh CYP19 terletak di 15p21.1. Defisiensi aromatase telah dilaporkan pada sejumlah pasien hiperandrogenik. Sel-sel granulosa yang diperoleh dari folikel ukuran medium wanita dengan SOPK memiliki aktivitas aromatase rendah (Harada *et al.* dan Erickson *et al.* dalam Unluturk *et al.*, 2007). Jakimiuk et al.(1998) menunjukkan bahwa bila dibandingkan dengan folikel kelompok kontrol, semua folikel ovarium wanita SOPK memiliki mRNA P450arom, estradiol, dalam tingkat rendah dan menurunkan stimulasi bioaktivitas aromatase. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas aromatase mungkin menurun pada folikel dari pasien dengan SOPK. Studi terhadap variasi genetik CYP19 dan patogenesis SOPK menemukan adanya asosiasi antara SNP pada CYP19 dengan skor gejala SOPK dan kadar testosteron serum (Petry et al., 2005).

Sitokrom P450 11A (CYP11A1) adalah enzim dengan laju terbatas yang terlibat dalam sintesis androgen. Penelitian telah menunjukkan bahwa pengulangan pentanukleotide (tttta)n berasosiasi dengan kerentanan SOPK (Diamanti-Kandarakis et al, 2000; Jones et al. , 2007). Namun, Gaasenbeek et al. hanya menemukan hubungan yang lemah antara pentanukleotide berulang dan SOPK, dan tidak ada hubungan dengan promotor mikrosatelit yang lain (Gaasenbeek et al., 2004). Polimorfisme pada gen encoding 17 $\beta$ -hidroksisteroid dehidrogenase 6 (HSD17B6) yang berperan dalam metabolisme steroid telah ditemukan berasosiasi dengan dengan fenotip klinis SOPK (Jones et al., 2006).

#### *Gen yang terlibat dalam aksi dan regulasi hormon gonadotropin: Gen LH dan reseptor LH*

Kedua gen bekerja meningkatkan kadar LH dan mengubah aksi LH. Aktivitas keduanya dihubungkan dengan kejadian anovulasi melalui efek buruk LH terhadap pematangan oosit (Balen, 1993). Hipotesis bahwa mutasi pada gen reseptor LH mungkin menjadi penyebab hiperandrogenisme pada pasien dengan SOPK. Sejumlah SNP di daerah promotor gen  $\beta$ -subunit LH lebih sering ditemukan pada pasien dengan gangguan ovulasi termasuk SOPK dibanding pada wanita ovulasi normal (Takahashi *et al.* dalam Simoni, 2008). Analisis keterkaitan dalam keluarga dengan beberapa kasus telah diidentifikasi adanya penanda polimorfik dekat dengan gen reseptor LH bersegregasi dengan sindrom SOPK Namun dalam sebuah studi pendahuluan berikutnya, peneliti tidak menemukan mutasi gen setelah sekuensing dalam keluarga yang terkena dampak (Franks et al., 2001).

Berdasarkan data kekerabatan, metabolik, dan endokrin, SOPK dapat diambil sebagai suatu sifat genetik kompleks yang mirip dengan diabetes tipe-2 dan obesitas. Tampaknya ada sejumlah faktor-faktor yang diwariskan, lingkungan atau baru diperoleh, dapat meningkatkan risiko pada perkembangan SOPK. Upaya sampai saat ini telah dilakukan untuk mengidentifikasi gen dan predisposisi mutasi untuk SOPK terutama didasarkan pada hubungan dan studi hubungan dengan



kandidat gen fungsional, hanya beberapa yang menunjukkan bukti yang signifikan dari asosiasi dengan SOPK (Dasgupta, 2008).

Identifikasi gen kandidat dan pemahaman fungsi mereka ini dapat memberi harapan untuk pembentukan dasar molekuler tertentu untuk SOPK. Studi lebih lanjut dengan ukuran sampel yang lebih besar pada populasi yang berbeda diperlukan untuk menentukan apakah kandidat gen fungsional yang disarankan memainkan peran dalam etiologi /penyebab SOPK. Beberapa gen yang terlibat dalam fungsi ovarium dan metabolisme yang berhubungan dengan peningkatan kerentanan untuk SOPK, tetapi tidak cukup kuat untuk berkorelasi sendiri dengan kerentanan terhadap penyakit, atau respon terhadap terapi. Sebuah polimorfisme nukleotida tunggal di ekson 10 dari reseptor FSH (FSHR) gen, FSHR p.N680S, secara konsisten diidentifikasi sebagai memiliki hubungan yang signifikan dengan respon ovarium terhadap FSH (Simoni, 2008).

Sejumlah besar kandidat gen fungsional telah diuji untuk asosiasi atau linkage dengan fenotipe SOPK namun masih didapatkan hasil yang negatif daripada temuan positif. Inkonsistensi hasil yang diperoleh dari studi yang telah meneliti hubungan antara polimorfisme dan SOPK atau respon ovarium, hal ini mungkin karena alasan metodologis. Salah satu masalah utama studi kandidat gen adalah masalah ukuran sampel, yang sering tidak cukup. Ukuran sampel dari banyak penelitian tersebut dihitung berdasarkan pengetahuan tentang sifat monogenik, yang memiliki efek yang sangat kuat. Lain halnya dengan sifat yang kompleks hasil dari interaksi beberapa variasi genetik dan faktor lingkungan, sehingga variasi genetik individu memiliki pengaruh yang jauh lebih sederhana. Hasil yang tidak konsisten juga mungkin karena karakteristik yang melekat pada polimorfisme, seperti penetrasi yang tidak lengkap, heterogenitas genetik dan adanya interaksi antar gen atau gen dan lingkungan. Kekurangan lainnya dari penggunaan kandidat gen/penanda untuk mempelajari asosiasi adalah kenyataan bahwa hanya sebagian kecil dari genom telah dipelajari, dan ini dilakukan secara independen dari setiap interaksi yang mungkin terlibat. Pemilihan kandidat gen bergantung pada pengetahuan sebelumnya sehingga mustahil untuk mengungkap hubungan dengan gen yang memiliki fungsi yang tidak diketahui atau yang belum diketahui terlibat dalam penyakit/sifat yang dipelajari (Simoni, 2008).

Untuk mengatasi beberapa keterbatasan ini, penggunaan scan genome merupakan alat eksperimental yang menjadi pilihan yang semakin realistis. Selama 5-10 tahun terakhir, perbaikan teknologi melibatkan *polymerase chain reaction*, pengembangan teknologi *microarray* dan kemajuan luar biasa dalam karakterisasi urutan genom manusia telah memungkinkan studi ribuan variasi DNA dalam percobaan tunggal.

## PENUTUP

Belum ditemukan hubungan yang konsisten antara polimorfisme gen dan SOPK yang dapat diidentifikasi. Gen FSHR mungkin memainkan peran penting dalam keberhasilan stimulasi ovarium, dan dapat digunakan sebagai penanda untuk memprediksi perbedaan fungsi FSHR dan respon ovarium terhadap FSH. Studi lebih lanjut dengan ukuran sampel yang lebih besar pada populasi yang berbeda diperlukan untuk menentukan apakah kandidat gen fungsional yang disarankan berperan pada patogenesis SOPK.

## PUSTAKA

- Azziz R. 2007. Definition, Diagnosis, and Epidemiology of the Polycystic Ovary Syndrome. In: The Polycystic Ovary Syndrome Current Concepts on Pathogenesis and Clinical Care. Los Angeles: Springer.
- Balen A. H., 1993. Hypersecretion of luteinizing hormone and the polycystic ovary syndrome, *Human Reproduction*, vol. 8, supplement 2, pp. 123–128.
- Colilla S., N. J. Cox, and D. A. Ehrmann, 2001. Heritability of insulin secretion and insulin action in women with polycystic ovary syndrome and their first degree relatives, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, vol. 86 (5), pp. 2027–2031,
- Dasgupta, S; Reddy, B. 2008. Present status of understanding on the genetic etiology of polycystic ovary syndrome. *Journal of Postgraduate Medicine*. Vol 54(2 ): 115-25.
- De Castro F, Ruiz R, Montoro L, Perez-Hernandez D, Sanchez-Casas PE, Real LM, Ruiz A. 2003. Role of follicle-stimulating hormone receptor Ser680Asn polymorphism in the efficacy of follicle-stimulating hormone. *Fertil Steril*. 80:571–576.
- Diamanti-Kandarakis E, Bartzis MI, Bergiele AT, Tsianateli TC, Kouli CR. 2000. Microsatellite polymorphism (ttta)(n) at -528 base pairs of gene CYP11 alpha influences hyperandrogenemia in patients with polycystic ovary syndrome. *Fertil Steril.*; 73:735–741.

- Ferk P, Teran N, Gersak K. 2007. The (TAAAA)n microsatellite polymorphism in the SHBG gene influences serum SHBG levels in women with polycystic ovary syndrome. *Hum Reprod*;22:1031–1036.
- Franks S., N. Gharani, and M. McCarthy, 2001. Candidate genes in polycystic ovary syndrome, *Human Reproduction Update*, vol. 7(4), pp. 405–410,.
- Gaasenbeek M, Powell BL, Sovio U, Haddad L, Gharani N, Bennett A, Groves CJ, Rush K, Goh MJ, Conway GS et al. 2004. Large-scale analysis of the relationship between CYP11A promoter variation, polycystic ovarian syndrome, and serum testosterone. *J Clin Endocrinol Metab.* 89:2408–2413.
- Jakimiuk A.J., S.R. Weitsman, P.R. Brzechffa, and D.A. Magoffin. 1998. Aromatase mRNA expression in individual follicles from polycystic ovaries. *Molecular Human Reproduction*, vol. 4 (1), pp. 1–8.
- Jones MR, Italiano L, Wilson SG, Mullin BH, Mead R, Dudbridge F, Watts GF, Stuckey BG. 2006. Polymorphism in HSD17B6 is associated with key features of polycystic ovary syndrome. *Fertil Steril*;86:1438–1446
- Jones MR, Wilson SG, Mullin BH, Mead R, Watts GF, Stuckey BG. 2007. Polymorphism of the follistatin gene in polycystic ovary syndrome. *Mol Hum Reprod.* 13:237–241.
- Kevenaar ME, Themmen AP, Laven JS, Sonntag B, Fong SL, Uitterlinden AG, de Jong FH, Pols HA, Simoni M, Visser JA. 2007. Anti-Mullerian hormone and anti-Mullerian hormone type II receptor polymorphisms are associated with follicular phase estradiol levels in normo-ovulatory women. *Hum Reprod*; 22:1547–1554.
- Norman R.J., S. Masters, and W. Hague, 1996. Hyperinsulinemia is common in family members of women with polycystic ovary syndrome. *Fertility and Sterility*, vol. 66 (6), pp. 942–947.
- Perez Mayorga M, Gromoll J, Behre HM, Gassner C, Nieschlag E, Simoni M. 2000. Ovarian response to follicle-stimulating hormone (FSH) stimulation depends on the FSH receptor genotype. *J Clin Endocrinol Metab* 85:3365–3369.
- Petry, C.J. , K.K. Ong, K.F. Michelmores, et al. 2005. Association of aromatase (CYP 19) gene variation with features of hyperandrogenism in two populations of young women, *Human Reproduction*, vol. 20 (7), pp. 1837–1843.
- Prapas N, Karkanaki A, Prapas I, Kalogiannidis I, Katsikis I, Panidis D. 2009. Genetics of Polycystic Ovary Syndrome. *Hippokratia*, Vol. 13 (4): 216-223
- Rosen MP, Shen S, McCulloch CE, Rinaudo PF, Cedars MI, Dobson AT. 2007. Methylenetetrahydrofolate reductase (MTHFR) is associated with ovarian follicular activity. *Fertil Steril.* 88:632–638
- Simoni, M. , C.B. Tempfer, B. Destenaves and B.C.J.M. Fauser. 2008. Functional genetic polymorphisms and female reproductive disorders: Part I: polycystic ovary syndrome and ovarian response. *Human Reproduction Update*, Vol.14(5) pp. 459–484,.
- Tong Y, Liao WX, Roy AC, Ng SC. 2000. Association of AccI polymorphism in the follicle-stimulating hormone beta gene with polycystic ovary syndrome. *Fertil Steril.* 74:1233–1236
- Unluturk U., Ayla Harmanci, Cetin Kocaefe, and Bulent O. Yildiz . 2007 The Genetic Basis of the Polycystic Ovary Syndrome: A Literature Review Including Discussion of PPAR- $\gamma$  Hindawi Publishing Corporation PPAR Research. Vol 2007, Article ID 49109.p:1-23
- Yildiz B. O., H. Yarali, H. Oguz, and M. Bayraktar. 2003. Glucose intolerance, insulin resistance, and hyperandrogenemia in first degree relatives of women with polycystic ovary syndrome, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, vol. 88 (5) , pp. 2031–2036.
- Xita N, Tsatsoulis A, Chatzikiyiakidou A, Georgiou I. 2003. Association of the (TAAAA)n repeat polymorphism in the sex hormone-binding globulin (SHBG) gene with polycystic ovary syndrome and relation to SHBG serum levels. *J Clin Endocrinol Metab.*88(12):5976–5980.

## Evaluasi Ekspresi *Protein Outer Dense Fiber* (ODF) pada Kasus Pria Infertil Astenozoospermia

**Silvia Werdhy Lestari, Dwi Ari Pujiyanto, Purnomo Soeharso**

*Departemen Biologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia  
Email : ceepee\_95@yahoo.com*

Salah satu faktor yang menyebabkan infertilitas pria adalah motilitas (pergerakan) spermatozoa yang abnormal (astenozoospermia). Motilitas spermatozoa merupakan proses yang melibatkan aksi pergeseran mikrotubul yang terdapat pada struktur aksonem ekor spermatozoa. Pembentukan ekor spermatozoa melibatkan protein-protein seperti protein *outer dense fiber* (ODF) dan *fibrous sheath* (FS) selama proses spermiogenesis. Disamping itu data studi menunjukkan bahwa ODF juga terekspresi di epitel epididimis, sehingga timbul dugaan bahwa selama spermatozoa transit di epididimis terjadi maturasi lebih lanjut dari protein ODF. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi ekspresi protein *outer dense fiber* (ODF) pada sampel semen pria infertil astenozoospermia pada populasi di Indonesia. Semen yang berasal dari pasien infertil astenozoospermia ditampung dalam wadah steril kemudian dilakukan analisis semen. Secara paralel, sebagian semen disentrifugasi dan dicuci lalu dilakukan ekstraksi protein spermatozoa. Protein spermatozoa disepariasi pada 15% SDS-*polyacrilamide gel electrophoresis* diikuti dengan transfer ke membran PVDF. Membran kemudian diblok dengan 3% BSA selama 1 jam pada suhu ruang setelah itu diinkubasi dengan antibodi ODF1 dan ODF2. Keesokan harinya membran dicuci dengan TBST dengan antibodi sekunder. Membran kemudian dicuci lagi dengan TBST selanjutnya visualisasi dilakukan dengan *ECLPlus Western blot detection system*. Reaksi antigen antibodi di paparkan dalam film x-ray. Kelompok kontrol menunjukkan ekspresi protein ODF yang kuat. Sedangkan pada kelompok astenozoospermia, ekspresi protein ODF terlihat lemah hingga sedang. Ekspresi protein ODF bervariasi mulai dari yang lemah hingga sedang, tergantung dari derajat keparahan astenozoospermia.

Kata kunci : infertilitas, astenozoospermia, maturasi spermatozoa, *outer dense fiber* (ODF)

## The Role of Angiotensin II Signaling on Ischaemia Reperfusion (IR) Injury-Induced Myofibroblast Differentiation

**Kartika Ratna Pertiwi**

*Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta  
Email : doktertiwi@gmail.com*

Ischaemia Reperfusion (IR) injury is a collectively term to describe sequential events starting from an initial ischemia attack through to the return of blood flow. While the effect of IR injury had been widely studied in cardiac myocytes, Pertiwi and Chilton (2011) found that IR injury evoked cardiac fibroblasts differentiation into myofibroblasts. Ang II signaling pathway had been reported to involve in cardiac remodeling (Sun *et al.*, 2000). Because myofibroblasts were the crucial players responsible for the cardiac remodelling process, this study aimed to investigate whether blocking Ang II signaling with AT1 receptor blocker, Irbesartan (Irb), might affect the differentiation of cardiac fibroblasts into myofibroblasts. The isolated rat cardiac fibroblasts were pretreated with Irb 0.5 mg and 1mg per ml prior to the 60mins experiment of *in vitro* IR injury. Immunohistochemistry was used to determine myofibroblast by detecting the expression of SMA. The data was presented as % of myofibroblasts and was statistically analysed with paired Student's *t*-test. The results demonstrated that treating cultured fibroblasts with Irb at either a dosage of 0.5 mg/ml (Irb 1) or of 1 mg/ml (Irb 2) significantly inhibited IR-induced myofibroblast differentiation ( $p < 0,05$ ). No significant differences observed between the blocking effects of Irb 1 and Irb 2 in myofibroblast differentiation, indicated that both dosages of Irbesartan were equally effective in preventing IR-induced fibroblast differentiation. This study suggests that Ang II plays an important role in inducing myofibroblast differentiation after IR in which the injury may activate the endogenous RAS in cardiac fibroblast.

Key words : cardiac remodelling, RAS system, fibroblasts

### PENDAHULUAN

Penyakit Jantung merupakan penyebab utama kematian di negara berkembang termasuk Indonesia. Menurut estimasi WHO antara tahun 2006 – 2015, kematian karena penyakit kardiovaskuler sekitar 17% (dikutip dalam Pertiwi and Chilton, 2011) dengan diagnosis tersering yang ditemukan adalah penyakit jantung iskemik. Namun, strategi terapi penyakit jantung iskemik dapat menimbulkan risiko bahaya baru, fenomena yang dikenal dengan Injuri Iskemia-Reperfusi (IR) yaitu sekumpulan jejas yang menggambarkan kerusakan jaringan karena berkurangnya aliran darah diikuti oleh kembalinya aliran darah yang mensuplai organ vital tersebut; peristiwa ini sering terjadi pada terapi trombolitik paska serangan angina, kateterisasi dan transplantasi jantung. Kerusakan miokardium karena jejas ini pada akhirnya akan menyebabkan disfungsi kontraktilitas dan infark miokard.

Fenomena jejas IR telah banyak diteliti terutama pengaruhnya pada sel otot (miosit) jantung. Belum banyak studi yang meneliti tentang pengaruh jejas IR pada sel mesenkim/ikat (fibroblast) jantung. Dalam responnya terhadap injuri, fibroblast diketahui akan berdiferensiasi menjadi suatu sel 'antara' yaitu sel mesenkim yang memiliki sifat menyerupai sel otot dengan ekspresi  $\alpha$ -smooth muscle actin ( $\alpha$ -SMA); fenotip sel seperti ini dikenal dengan Miofibroblast (Kakkar and Lee, 2010) yang merupakan sel kunci pada proses penyembuhan setelah serangan iskemia pada jantung. Namun, sel ini juga dianggap sebagai penyebab fibrosis, terbentuknya jaringan parut, karena kemampuannya mendeposit matriks ekstraseluler.

Manabe *et al.* (2002) menekankan bahwa Ang II mungkin merupakan kontributor utama pada fibrosis jantung. Beberapa eksperimen pada hewan percobaan secara *in vivo* mengindikasikan bahwa obat-obatan seperti antagonis AT1 reseptor dan ACE inhibitors dapat meminimalkan fibrosis jantung (Pitt *et al.*, 1997) sehingga membantu perbaikan fungsi kerja jantung khususnya paska infark miokard. Miosit dan fibroblast jantung sebelumnya diduga memiliki semua komponen RAS termasuk rennin, angiotensinogen, angiotensin (Ang) I dan Ang II, serta *Angiotensin-converting enzyme* (ACE). Penelitian menemukan bahwa baik pada miosit maupun fibroblast jantung, keduanya memiliki reseptor intrasel AT1 dan AT2 (De Mello, 1998). Penelitian lanjutan menggunakan teknik *in situ hybridization*, *in vitro autoradiography* dan immunohistokimia menunjukkan bahwa miofibroblast pada area infark jantung juga mengekspresikan reseptor rennin, ACE, reseptor *Angiotensin Type* (AT)1 dan AT2. (Sun *et al.*, 2000). Penelitian terkini (Serra and Bendersky, 2008; Leask, 2010) telah mengidentifikasi dengan jelas keberadaan sistem lokal Rennin-Angiotensin (RAS) secara autokrin dan parakrin pada jantung dan otak.

Ang II beraksi melalui reseptor yang termasuk dalam reseptor *G-protein coupled superfamily*, yaitu reseptor AT1 dan AT2 (Manabe *et al.*, 2002, Serra and Bendersky, 2008). Dengan berikatan pada AT1 reseptor, Ang II memiliki beberapa penting dalam pertumbuhan fibroblast jantung, produksi matriks ekstraseluler dan perlekatan protein matriks (Matsubara *et al.*, 1998). Secara fungsional ikatan Ang II pada AT1 turut berperan dalam mengatur kontraktilitas miokardium dengan melecutkan impuls dan menjembatani konduktivitas antar sel (*cell coupling*) (Weser, 1995; De Mello, 1998). Pada penyembuhan paska iskemia miokard, Ang II merupakan kontributor terjadinya fibrosis dengan meningkatkan produksi endothelin, memicu differensiasi fibroblast menjadi miofibroblast, serta menghasilkan radikal bebas.

Patofisiologi IR cukup kompleks karena diduga melibatkan reaksi inflamasi, produksi radikal bebas, dan ion  $Ca^{2+}$  (Chamoun *et al.*, 2000). Sampai saat ini belum diketahui peranan RAS intrakardiak pada jejas IR. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah jalur sinyal Ang II berperan dalam mekanisme induksi differensiasi fibroblast menjadi miofibroblast pada jejas IR. Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian Pertiwi dan Chilton (2011) yang sebelumnya menunjukkan bahwa jejas IR pada kultur sel fibroblast jantung secara bermakna memicu differensiasi fibroblast menjadi miofibroblast. Hipotesis penelitian ini adalah penghambatan sinyal Ang II dengan bloker reseptor AT1, Irbesartan (Irb), mempengaruhi induksi jejas IR pada differensiasi fibroblast menjadi miofibroblast. Pemahaman akan peran Ang II dalam mekanisme jejas IR pada differensiasi fibroblast diharapkan akan membuka jalan dalam manajemen jejas IR yang sering ditemukan pada kondisi klinis seperti infark miokard akut, operasi kateterisasi jantung, dan reperfusi paska angina (Hausenloy and Yellon, 2007) untuk meminimalkan fibrosis dan meningkatkan fungsi faal jantung.

## BAHAN DAN METODA

### *Preparasi Hewan Coba dan Isolasi Fibroblast dari Ventrikel*

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan subjek penelitian kultur fibroblast yang diisolasi dari ventrikel jantung tikus betina jenis *Sprague Dawley*. Sebelumnya hewan coba diinjeksi dengan 0,15 ml 1,000 IU heparin kemudian anestesi dilakukan dengan induksi 5% isofluran dan 1 L/mnt oksigen, dan dipertahankan dengan 2% isofluran. Dalam keadaan teranestesi, tikus dibedah untuk diambil jantungnya dengan teknik seperti pada penelitian Chilton *et al.* (2005). Jantung tikus yang telah terisolasi ini selanjutnya digantung dan diperfusi dengan pompa peristaltik Langendorff pada suhu 37°C dengan laju 8 ml/mnt secara berturut-turut sebagai berikut: (a) larutan Tyrode's yang mengandung (mM): 140 NaCl, 5,4 KCl, 1  $Na_2HPO_4$ , 5 HEPES, 1  $MgCl_2$ , 1  $CaCl_2$  dan 10 glukosa selama 5 menit; (b) larutan Tyrode's tanpa  $Ca^{2+}$  selama 5 menit dan (c) larutan Tyrode's yang mengandung 0,04 mM  $CaCl_2$ , 0,004 mg/ml protease (tipe XIV, Sigma) dan 0,04 mg/ml kolagenase (tipe II, Worthington) selama sekitar 12 menit. Ventrikel kemudian dicacah dalam larutan Tyrode's yang mengandung 0,1 mM  $CaCl_2$ , 0,1 mg/ml protease, 1 mg/ml kolagenase dan 5 mg/ml serum bovin albumin (Sigma). Proses disosiasi dan digesti selanjutnya dilanjutkan dalam *waterbath* yang digoyang pada suhu 34°C selama 40 menit sampai terpisah sempurna.

### *Model jejas IR in vitro pada kultur sel fibroblast jantung tikus dengan Irbesartan (Irb)*

Teknik eksperimen ini merupakan modifikasi protokol Pertiwi dan Chilton (2011) yang dikembangkan dari protokol iskemik minyak parafin dari Lai dan Nishi (1998) serta metode jejas IR dari Han *et al.* (1996). Irbesartan (Irb) merupakan AT1 bloker. Dosis yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada penelitian Sun *et al.* (2000) yang menemukan *de novo* sekresi Ang II pada fibroblast jantung; yaitu Irb 1 = 0,5 mg/ml Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM, Gibco) dan Irb 2 = 1 mg/mL DMEM. Untuk membuat Irb 1 (0,5 mg/ml), 2 mg Irb diencerkan kedalam 4 ml DMEM, sedangkan untuk membuat Irb 2 (1 mg/ml), 3 mg Irb diencerkan kedalam 3 ml DMEM. Keduanya dihomogenisasi dan disaring dalam keadaan steril sebelum disimpan dalam inkubator pada suhu 37° C sebelum eksperimen dilakukan.

Secara ringkas suspensi sel dari proses digesti dan disosiasi sebelumnya dibagi kedalam tube menjadi kelompok kontrol (*time control*, TC, TC-Irb 1, dan TC-Irb 2), kelompok IR dan kelompok eksperimen (IR-Irb 1 dan IR-Irb 2). Seluruh tube kemudian disentrifus pada 2000 rpm selama 10 menit dan dibuang supernatannya, meninggalkan sepertiga volume pelet sel. Masing-masing kelompok diberi media DMEM yang diberi penicillin/streptomycin ( $100 \mu g.ml^{-1}$ ),

amphotericin B ( $0.25 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) dan gentamicin ( $100 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) dengan tambahan Irb sesuai dosis kelompok yang dimaksud yaitu Irb 1 dan Irb 2 pada DMEM dalam keadaan steril.

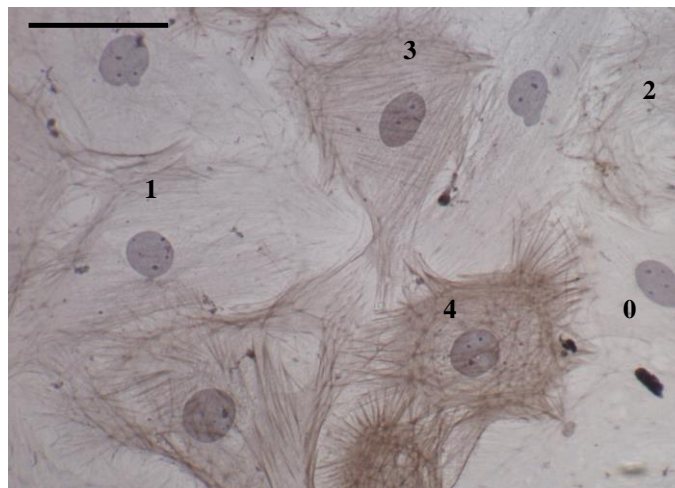
Eksperimen jejas IR *in vitro* dilakukan sesuai protokol Pertiwi dan Chilton (2011) di dalam *biosafety hood*, dimana seluruh tube eksperimen diletakkan dalam *solid block heater* pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ . Stimulasi iskemia pada kelompok IR dilakukan dengan menambahkan sejumlah minyak parafin sekitar kedalaman 3 – 4 mm diatas pelet sel depth ( $\sim 500 \mu\text{l}$ ) diatas pelet sel untuk memblokir pertukaran gas dari atmosfer, sedangkan dalam waktu yang sama kelompok TC diberikan DMEM diatas pelet sel. Iskemia ini dilakukan selama 60 menit, selanjutnya reperfusi dilakukan dengan membuang minyak paraffin dan menggantinya dengan DMEM jumlah yang sama sesuai kelompok masing-masing selama 60 menit. Pelet sel kemudian diletakkan dalam petri kultur diatas *coverslip* pada kondisi steril untuk kemudian disimpan dalam inkubator.

#### ***Immunostaining $\alpha$ -smooth muscle actin:***

Setelah  $>75\%$  *coverslip* penuh oleh fibroblast dan miofibroblast, kultur sel diterminasi dan *coverslip* difiksasi dengan 2% paraformaldehid selama 30 menit, dipermeabilisasi dengan 1% triton X selama 10 menit dan diblok dengan 1% bovine serum albumin selama 2 jam. Fibroblast dan miofibroblast kemudian diinkubasi semalam dalam antibodi monoklonal anti- $\alpha$ -SMA mouse IgG<sub>2</sub> (*Vector labs*), diikuti dengan inkubasi selama 30 menit dalam antibodi *biotinylated horse antipad-mouse IgG* (*Vector labs*). Antibodi primer diencerkan 1:5000 dalam buffer pH 7,3 NaCl/Pi yang mengandung (mM): 140 NaCl, 2.7 KCl, 10 Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 1.8 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> sedangkan antibodi sekunder diencerkan 1:200 dalam buffer NaCl/Pi yang mengandung 1% BSA. Immunoreaktivitas divisualisasi menggunakan 3,3'-Diaminobenzidine (10 menit) dan *counterstaining* dilakukan dengan hematoksin Meyer's.

#### ***Penilaian Miofibroblast***

Preparat dikode kemudian dilakukan penilaian dengan mikroskop pada perbesaran 400x. Pengamatan dilakukan pada lima lapang pandang. Sel-sel pada kelima area tersebut diberikan skor 0-4 tergantung dari keberadaan  $\alpha$ -SMA (*stress fibre*) seperti terlihat pada Gambar 1. Skor 0 menggambarkan fibroblast yang tidak berdiferensiasi karena tidak mengekspresikan  $\alpha$ -SMA. Jika sitoplasma sel mengandung  $>75\%$   $\alpha$ -SMA maka sel ini diberikan skor 4 dan dilabeli sebagai miofibroblast sempurna. Sel dengan ekspresi  $\alpha$ -SMA diantaranya diberi skor 1-3 dan dilabeli sebagai protomiofibroblast (Skor 1 jika ekspresi  $\alpha$ -SMA  $<25\%$ , skor 2 antara 25% and 50% serta skor 3 antara 50% and 75% )

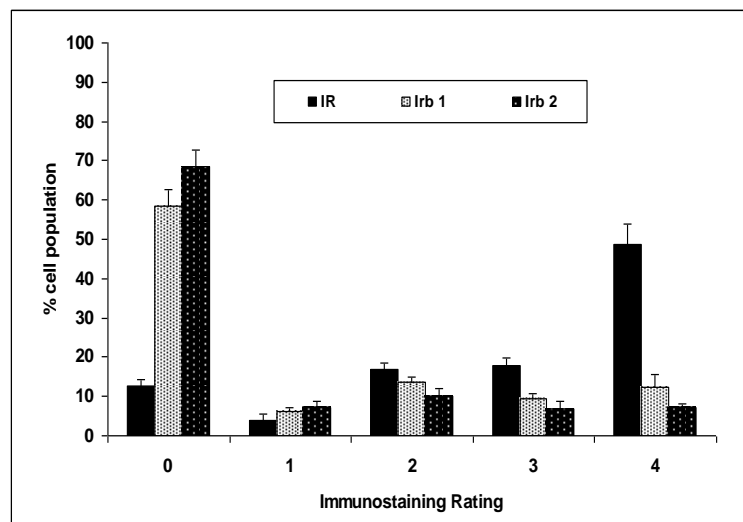


Gambar 1. Penilaian differensiasi miofibroblast ditinjau dari ekspresi  $\alpha$ -SMA yang berpolimer sebagai *stress fibres* (tercat coklat). Skor 0 sampai 4 pada gambar menunjukkan secara berurutan fibroblast yang tidak terdifferensiasi, protomiofibroblast dan miofibroblast sempurna. Sel yang tidak mengandung *stress fibres* dinyatakan sebagai fibroblast (skor 0) dan sel dengan ekspresi *stress fibres* (1-4) dinyatakan sebagai miofibroblast. Skala bar  $50 \mu\text{m}$ , dengan pembesaran 400x.

Data dinyatakan sebagai rerata $\pm$ SEM % miofibroblast. Analisis statistik dilakukan dengan *paired Student's t test* untuk melihat pengaruh penghambatan reseptor AT1 dengan Irb pada differensiasi miofibroblast karena stimulasi jejas IR serta untuk membandingkan keefektifan dosis antara Irb 1 dan Irb 2.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan dengan reseptor AT1 bloker Irbesartan pada kultur fibroblast baik pada dosis 0,5 mg/ml (Irb 1) dan 1 mg/ml (Irb 2) secara signifikan berpengaruh pada differensiasi miofibroblast yang terinduksi jejas IR (gambar 2). Rerata persentasi protomiofibroblast yang ditemukan pada kelompok Irb 1 maupun Irb 2 secara bermakna lebih sedikit dibandingkan dengan kelompok IR ( $29,3 \pm 3,5\%$  dan  $24,5 \pm 5,2\%$ , vs  $40 \pm 4,3\%$ , *paired Student's t-test*,  $P < 0,05$ ). Rerata persentase miofibroblast matur pada kelompok Irb 1 dan Irb 2 secara bermakna juga lebih sedikit daripada kelompok IR ( $12,5 \pm 5,2\%$  dan  $7,3 \pm 0,5\%$  vs  $47,3 \pm 5,9\%$ , *paired Student's t-test*,  $P < 0,05$ ). Sementara itu tidak ditemukan perbedaan bermakna antara rerata persentase fibroblast, protomiofibroblast dan miofibroblast matur antara kelompok Irb 1 and Irb 2 (*paired Student's t-test*,  $P > 0,05$ ).



Gambar 2. Perbandingan differensiasi miofibroblast antara IR dengan Irbesartan. groups. Skor 0 menunjukkan fibroblast, 1-3 menunjukkan protomiofibroblast dan 4 menunjukkan miofibroblast matur. Data merupakan rerata persentase  $\pm$  SEM (n=4).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penghambatan reseptor AT1 dengan Irb secara signifikan mampu mencegah differensiasi miofibroblast pada jejas IR. Tidak ada perbedaan keefektifan dosis Irb yang diteliti baik 0,5 mg/ml dan 1 mg/ml dalam memberikan perlindungan terhadap stimulasi jejas IR pada differensiasi miofibroblast.

Untuk menentukan apakah Ang II bloker dapat menstimulasi differensiasi miofibroblast tanpa adanya jejas IR, data kelompok Irb dan TC-Irb dibandingkan. Hasilnya menunjukkan tidak ada perbedaan antara Irb 1 dan TC-Irb 1 dalam persentase miofibroblast matur ( $5 \pm 5,2\%$  vs  $5,3 \pm 1,8\%$ ) serta antara kelompok Irb 2 dan TC-Irb 2 ( $7,3 \pm 0,5\%$  vs  $5,3 \pm 2,9\%$ ). Demikian halnya dengan persentase protomiofibroblast antara kelompok Irb 1 dan TC-Irb 1 ( $29,3 \pm 3,5\%$  vs  $26,3 \pm 1,9\%$ ) serta antara Irb 2 dan TC-Irb 2 ( $24,5 \pm 5,2\%$  vs  $18,3 \pm 2,5\%$ ) tidak menunjukkan perbedaan bermakna. Dengan demikian penghambatan reseptor AT1 dengan Irb tidak memicu differensiasi miofibroblast pada kondisi tanpa adanya jejas/perluasan, sehingga efek pencegah differensiasi miofibroblast terjadi hanya jika terdapat jejas IR.

Jejas IR merupakan masalah kesehatan utama yang menyumbang lebih dari 20 juta kasus infark miokard per tahun (Powers *et al.*, 2007). Selama penyembuhan infark miokard, beberapa studi telah menunjukkan bahwa miofibroblast yang berdifferensiasi dari fibroblast merupakan modulator penting dalam penyembuhan kerusakan jantung (Sun *et al.*, 2000) meskipun hiperaktivitas miofibroblast dalam mendepositkan matrik ekstraseluler menyebabkan fibrosis yang selanjutnya akan mempengaruhi kontraktilitas miokardium (Willems *et al.*, 1997) serta membuat jantung lebih rentan terhadap risiko terjadinya aritmia (Rohr, 2009).

Pertiwi dan Chilton (2011) sebelumnya telah memodifikasi model jejas IR *in vitro* dengan manipulasi menggunakan minyak parafin diatas pelet fibroblast untuk menciptakan kondisi iskemia dimana dengan hanya menyisakan sedikit media diatas sel, suplai oksigen tidak akan cukup untuk mendukung metabolisme aerobik yang merupakan salah satu karakter khas iskemia (Hearse, 2000). Manipulasi reperfusi dengan menghilangkan minyak parafin dan menggantinya dengan media akan mengembalikan kadar oksigen seperti sedia kala. Pertiwi dan Chilton (2011) menunjukkan bahwa jejas IR selama 60 dan 120 menit secara ekivalen mampu menstimulasi differensiasi fibroblast menjadi miofibroblasts. Oleh karena itu dalam penelitian lanjutan ini eksperimen jejas IR dilakukan selama 60 menit.

Menurut Tomasek *et al.* (2002), fibroblast dengan ekspresi lemah  $\alpha$ -SMA mengindikasikan bahwa sel tersebut telah mampu berdifferensiasi menjadi miofibroblast walaupun belum sepenuhnya, sehingga skor 1-3 yang disebut protomyofibroblast menandakan fibroblast tersebut masih dalam tahap differensiasi. Hal ini mendukung pernyataan bahwa pembentukan jaringan parut paska jejas IR merupakan suatu proses yang kontinyu bukan sementara (Sun *et al.*, 2000).

Penelitian ini bertujuan mengetahui apakah menghambat reseptor AT1 mampu mencegah terjadinya differensiasi miofibroblast yang diinduksi jejas IR. Diketahui sebelumnya bahwa Ang II, yang diproduksi secara lokal oleh jantung merupakan elemen yang berperan penting dalam mekanisme maladaptif dalam penyembuhan jejas iskemik atau penekanan pada jantung melalui ikatannya dengan AT1.

Oleh karena itu model *in vitro* jejas IR pada fibroblast jantung yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa efek yang terjadi merupakan akibat pengaruh lokal RAS pada jantung secara autokrin dan parakrin, ini dikarenakan model *in vitro* telah mengeliminir keberadaan RAS sistemik. Namun, penelitian ini hanya memperhatikan peran intrakardial RAS dalam memicu differensiasi miofibroblast pada jejas IR, dan tidak dapat mengindikasikan pengaruh RAS sistemik selama proses differensiasi fibroblast yang distimulasi jejas IR.

Penelitian ini telah mendemonstrasikan bahwa perlakuan Irb terhadap kultur fibroblast baik pada dosis 0,5 mg/ml (Irb 1) ataupun 1 mg/ml (Irb 2) secara signifikan mampu menghambat induksi differensiasi miofibroblast oleh jejas IR. Tidak adanya perbedaan bermakna pada penghambatan Irb 1 dan Irb 2 menunjukkan bahwa efek penghambatan differensiasi miofibroblast antara Irb 1 dan Irb 2 sama-sama efektif. Oleh karena itu, penelitian ini mengindikasikan bahwa jejas IR mampu mengaktifkan RAS endogen yang terdapat pada fibroblast jantung, memicu differensiasinya menjadi miofibroblast melalui jalur sinyal Ang II.

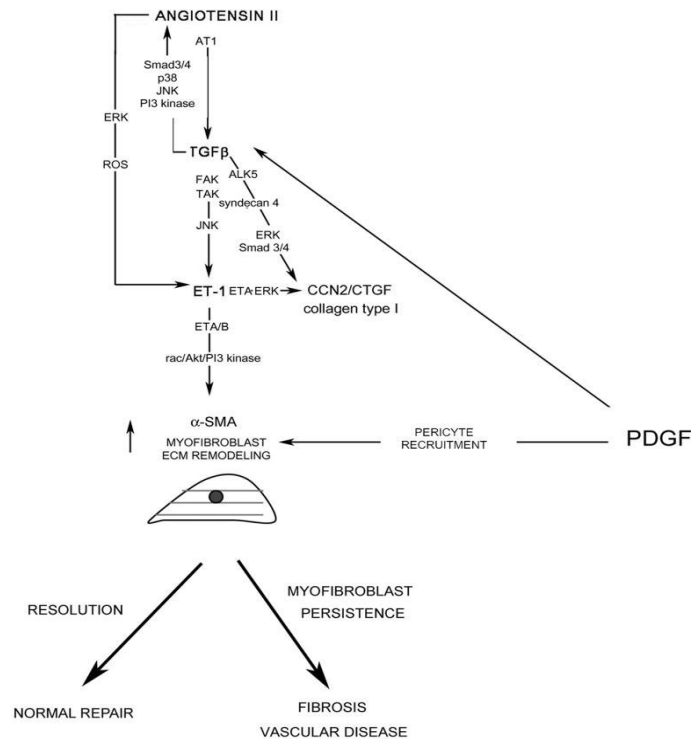
Leask (2010) mengemukakan suatu diagram (gambar 3) yang menunjukkan komunikasi antara Ang II dan *Transforming Growth Factor* (TGF- $\beta$ ) dalam proses respon fibrogenik *in vivo*. Ang II secara langsung dapat mengaktifkan TGF- $\beta$ , CCN2/CTGF dan ET-1 sedangkan TGF- $\beta$  juga dapat mengaktifkan ET-1 dan CCN2/CTGF; ET-1 juga dapat langsung mengaktifkan CCN2/CTGF. Selain itu, TGF- $\beta$  mungkin juga dapat menstimulasi AT1, sehingga memperkuat jalur sinyal Ang II. Pada akhirnya sitokin-sitokin tersebut mampu memicu aktivasi fibroblast dan transformasi miofibroblast. Pada proses penyembuhan secara normal, miofibroblast mengalami apoptosis ketika tercapai resolusi fungsi organ tersebut, sedangkan pada fibrosis organ vaskular miofibroblast dapat bertahan sampai 17 tahun dalam jaringan parut pada infark miokard.

Penelitian sebelumnya baik *in vivo* ataupun *in vitro*, menunjukkan bahwa terdapat sekresi basal Ang II, ikatannya dengan reseptor AT1 mampu memicu differensiasi fibroblast menjadi miofibroblast (Brilla *et al.*, 2000). Penelitian ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat efek penghambatan reseptor AT1 terhadap differensiasi fibroblast tanpa adanya stimulus jejas IR. Sehingga, Irb yang tidak mempengaruhi fibroblast dalam kondisi lingkungan yang sehat, menunjukkan bahwa sekresi basal Ang II tidak menstimulasi differensiasi fibroblast.

Temuan penelitian ini juga didukung penelitian *in vitro* autoradiografi oleh Rogers *et al.* (1986) yang menunjukkan bahwa hanya katup jantung dan aorta yang memiliki jumlah reseptor Ang II terbanyak pada jantung yang sehat, sementara atrium dan ventrikel hanya mengekspresikan sedikit reseptor Ang II. Sehingga, dapat diasumsikan bahwa intrakardial RAS lebih teraktivasi ketika terjadi kondisi patologis.

Temuan penelitian ini menggarisbawahi peran Ang II dalam menstimulasi differensiasi fibroblast menjadi miofibroblast sebagai respon terhadap jejas IR. Pemahaman akan peran Ang II dalam mekanisme differensiasi miofibroblast terinduksi IR akan sangat bermanfaat dalam terapi jejas IR yang dapat terjadi pada berbagai kasus klinis seperti infark miokard akut, operasi *coronary artery bypass graft* (CABG) dan terapi paska serangan jantung (Hausenloy and Yellon, 2007).





Gambar 3. Kolaborasi Ang II dan TGF-β dalam mekanisme respon fibrogenik.

Respon maladaptif miofibroblast terhadap injuri IR pada akhirnya dapat mempengaruhi fungsi faal jantung dengan mengganggu kontraktilitas miokard dan risiko aritmia. Sehingga, mencegah fibrosis jantung dengan mencegah differensiasi fibroblast menjadi miofibroblast merupakan target terapi yang menjanjikan dan bernilai pada penanganan jejas IR.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Lisa Emily Chilton, PhD dan staf Departemen Fisiologi *School of Biomedical Science James Cook University, Australia* atas bantuan dan kerjasamanya selama melakukan penelitian ini.

### PUSTAKA

- Brilla C G, Funck R C and Rupp R H. 2000. Lisinopril-mediated regression of myocardial fibrosis in patients with hypertensive heart disease. *Circulation* 102: 1388–1393.
- Chamoun F, Burne M, O'donnell M and Rabb H. 2000. Pathophysiologic role of selectins and their ligands in ischemia reperfusion injury. *Frontiers in Bioscience* 5: e103-109
- Chilton L, Ohya S, Freed D, George E, Drobcic V, Shibukawa Y, MacCannell Y, Imaizumi R B, Clark I, Dixon M and Giles W R. 2005. K<sup>+</sup> currents regulate the resting membrane potential, proliferation, and contractile responses in ventricular fibroblasts and myofibroblasts. *American Journal of Physiology Heart Circulation Physiology* 288: H2931–H2939.
- De Mello W C. 1998. Intracellular angiotensin II regulates the inward calcium current in cardiac myocytes. *Hypertension* 32: 976–982
- Han J, Kim E, Ho W K and Earm YE. 1996. Blockade of the ATP-sensitive potassium channel by taurine in rabbit ventricular myocytes. *Journal of Molecular Cell Cardiology* 28(9):2043-2050
- Hausenloy D J and Yellon D M. 2007. Preconditioning and postconditioning: new strategies for cardioprotection. *Diabetes, Obesity and Metabolism* 10: 451-459
- Hearse D J and Sutherland F J. 2000. Experimental models for the study of cardiovascular function and disease. *Pharmacological Research* 41(6): 597-603
- Kakkar R and Lee R T. 2010. Intramyocardial Fibroblast Myocyte Communication. *Circulation Research* 106: 47-57
- Lai Z F and Nishi K. 1998. Intracellular chloride activity increases in guinea pig ventricular muscle during simulated ischemia. *American Journal of Physiology (Heart Circulation)* 275(44): H1613–H1619
- Leask A. 2010. Potential therapeutic targets for cardiac fibrosis TGF β, Angiotensin, Endothelin, CCN2, and PDGF, partners in fibroblast activation. *Circulation Research* 106: 1675-1680

- Manabe I, Shindo T and Nagai R . 2002. Gene expression in fibroblasts and fibrosis *Circulation Research* 91: 1103-1113
- Matsubara H, Kanasaki M and Murasawa S. 1998. Differential gene expression and regulation of angiotensin II receptor subtypes in rat cardiac fibroblasts and cardiomyocytes in culture. *Journal of Clinical Investigation* 93: 1592-1601
- Pertiwi K and Chilton L. 2011. Ischaemic preconditioning prevents the differentiation induced by ischaemia/reperfusion injury of rat cardiac fibroblast into myofibroblast in Prosiding of The 2011 International Physiology Society, UK
- Pitt B, Segal R, Martinez F A. 1997. Randomised trial of losartan versus captopril in patients over 65 with heart failure (Evaluation of Losartan in the Elderly Study, ELITE). *Lancet* 349: 747-752
- Powers S K, Murlasits Z, Wu M I N and Kavazis A N. 2007. Ischemia-reperfusion-induced cardiac injury: A Brief Review. *Sports and Exercise* 39(9): 1529-1539
- Rogers T B, Gaa S T and Allen I S. 1986. Identification and characterization of functional angiotensin II receptors on cultured heart myocytes. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 236: 438-444
- Rohr S. 2009. Myofibroblasts in diseased hearts: new players in cardiac arrhythmias? *Journal of Heart Rhythm* 6(6): 848-856
- Serra J L and Bendersky M. 2008. Review: Atrial fibrillation and rennin-angiotensin system. *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease* 2: 215-222
- Sun Y, Zhang J Q, Zhang J and Lamparter S. 2000. Cardiac remodeling by fibrous tissue after infarction in rats. *Journal of Clinical Laboratory and Clinical Medicine* 315: 316-323
- Tomasek J J, Gabbiani G, Hinz B, Chponnier C and Brown R A. 2002. Myofibroblasts and mechano-regulation of connective tissue remodeling. *Molecular Cell Biology* 3: 349-363
- Villarreal F J, Kim N N and Ungab G D. 1993. Identification of functional angiotensin II receptors on cardiac fibroblasts. *Circulation* 88: 2849-2861
- Weser K J. 1995. Nature of inotropic action of angiotensin on ventricular myocardium. *Circulation Research* 16: 230-237
- Willems I E M G, Havenith M G, De Mey J G R and Daemen M JA P. 1994. The  $\alpha$ -smooth muscle actin-positive cells in healing human myocardial scars. *American Journal of Pathology* 145: 868-875

## Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanolik dan Metanolik *Gracilaria* sp. terhadap *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae*, dan *Salmonella typhi*

**Fauziatul Fitriyah, Afra Meiliand, Afina Kamila, Amir Sidiq, Try Laili Wirduna**

*Kelompok Studi Kelautan Fakultas Biologi UGM Yogyakarta*  
*Email : Fauziatulfitriyah@yahoo.com*

Mikrobia penyebab penyakit yang resisten terhadap antibiotik semakin meluas. Indonesia menduduki posisi utama produsen *Gracilaria* saat ini selain Filipina. *Gracilaria* mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak etanolik dan metanolik *Gracilaria* sp. terhadap *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae*, dan *Salmonella typhi*. *Gracilaria* sp. diekstraksi secara maserasi dengan pelarut metanol 70% dan etanol 70%. Setiap ekstrak yang diperoleh diujikan dalam dua variasi konsentrasi, 25% dan 15%. Pengujian dilakukan menggunakan *disc diffusion method* kemudian diinkubasi selama 48 jam. Kontrol positif berupa Amoxiclav 30% dan kontrol negatif menggunakan pelarut DMSO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak etanolik dan metanolik *Gracilaria* sp. paling tinggi ditunjukkan terhadap bakteri *S. Typhi*. Ekstrak metanolik *Gracilaria* sp. memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi terhadap bakteri *S. dysenteriae* dan *S. typhi* dibandingkan dengan ekstrak etanoliknya.

Kata kunci: Aktivitas antibakteri, *Gracilaria* sp., *disc diffusion method*

## Tanggap Beberapa Aksesori Kentang Hitam (*Solenostemon rotundifolius* (Poir.) J. K. Morton Terhadap Tingkat Pemberian Air pada Fase Pertumbuhan dan Produksi.

Fauzia Syarif

Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Cibinong Science Center Jl. Raya Jakarta Bogor, Km 46 Cibinong 16911  
Corresponding author: zia\_siti@yahoo.co.id

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui Tanggap Beberapa Aksesori Kentang Hitam (*Solenostemon rotundifolius* (Poi r.) J. K. Morton Terhadap Tingkat Pemberian Air pada Fase Pertumbuhan dan Produksi. Cekaman air mencerminkan ketahanan suatu tanaman terhadap kondisi keterbatasan air untuk tumbuh dan berkembang. Tujuan percobaan ini adalah mendapatkan pertumbuhan dan produksi aksesori kentang hitam yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Penelitian dilakukan selama enam bulan mulai dari bibit sampai produksi di Rumah Kaca Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Cibinong Science Center. Penelitian disusun secara Acak Lengkap Faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama empat aksesori kentang hitam yakni Klefa imut 6, Klefa imut 25, Nganjuk dan Sangian. Faktor kedua tingkat pemberian air : pemberian air 250 ml; pemberian air 500 ml dan pemberian air 750 ml. Penyiraman dilakukan setiap dua hari sekali. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, lebar tajuk, bobot basah biomas, bobot basah umbi, jumlah umbi, panjang umbi, diameter umbi dan analisa proksimat umbi. Hasil penelitian menunjukkan tanaman paling tinggi dan tajuk terlebar terdapat pada aksesori Nganjuk dan Sangian. Tingkat pemberian air terbaik untuk tinggi tanaman dan lebar tajuk terdapat pada pemberian air 500 ml/2 hari. Produksi umbi terbanyak, umbi terpanjang dan diameter terbesar dihasilkan pada aksesori Klefa imut 25 berturut-turut 209,67 g/tanaman; 5,08 cm/umbi dan 4,0 cm/umbi diikuti aksesori Klefa imut 6 dan aksesori Nganjuk. Tingkat pemberian air paling rendah 250 ml/2 hari meningkatkan kandungan protein sampai 12.16 % pada aksesori Sangian dan tingkat pemberian air paling banyak 750 ml/2 hari menghasilkan kandungan lemak dan karbohidrat paling tinggi berurutan 1,37 % ; 75.13 % pada aksesori Nganjuk

Katakunci: kentang hitam, Klefa imut 6, Klefa imut 25, Nganjuk, Sangian, tingkat pemberian air

### PENDAHULUAN

Tanaman kentang hitam yang dikenal dengan nama ilmiah *Solenostemon rotundifolius* (Poir.) J.K.Morton termasuk kedalam keluarga Lamiaceae. Keluarga Lamiaceae umumnya kelompok tanaman hias seperti dari jenis-jenis *Coleus* dan hanya dua dari jenis *coleus* yang digunakan sebagai sayuran yakni *Solenostemon rotundifolius* dan *Coleus forskholii*. Sebagai tanaman sayuran yang dikonsumsi adalah umbi dari kentang hitam. Umbi kentang hitam mengandung karbohidrat tinggi, khususnya pati sehingga merupakan salah satu tanaman pangan sumber alternatif. Hasil penelitian Ahli Gizi Indonesia, 2009 dalam Barchia, M.F, dkk, 2009 melaporkan kandungan karbohidrat dalam per 100 g: kentang hitam 33.7 g, kentang 13.5 g dan ubi jalar 20.6 g. Membuktikan karbohidrat yang dihasilkan kentang hitam cukup tinggi sehingga dapat sebagai cadangan sumber pangan untuk karbohidrat. Tanaman kentang hitam dapat dijumpai pada ketinggian 40 – 1300 m dpl tumbuh baik pada tanah ber pH 4,9 – 5,7, toleran terhadap suhu panas dan dapat berproduksi dengan baik pada daerah dengan curah hujan 2500 – 3300 mm/tahun ( Barchia, M.F, dkk, 2009). Suhu yang panas mengakibatkan cepat kehilangan air dari tanaman maupun dari permukaan tanah sehingga tanaman akan mengalami kekeringan, tetapi kentang hitam masih cukup toleran dengan kondisi suhu panas. Air merupakan senyawa yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, lebih dari 80 % bobot basah sel dan jaringan tanaman terdiri dari air. Air yang terkandung dalam isi sel tersebut merupakan media yang baik untuk banyak reaksi biokimia (Fitter dan Hay, 1991). Oleh karena itu, aktifitas metabolik sel tanaman akan terganggu apabila tanaman mengalami kekeringan. Kekurangan air akan mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman, seperti proses fisiologi dan biokimia tanaman serta menyebabkan terjadinya modifikasi anatomi dan morfologi tanaman. Pada saat terjadi kekeringan, sebagian stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO<sub>2</sub> dan menurunkan aktifitas fotosintesis. Selain menghambat aktifitas fotosintesis, cekaman kekeringan juga menghambat sintesis protein dan dinding sel (Salisbury and Ross, 1995). Pengaruh kekeringan tidak saja menekan pertumbuhan dan hasil bahkan menjadi penyebab kematian. Kemampuan mengontrol terhadap transpirasi juga merupakan salah satu mekanisme ketahanan terhadap adanya cekaman kekeringan (Pitono, dkk. 2008 dalam Djazuli, 2010).

*Stress* air (kekeringan) pada tanaman dapat disebabkan oleh dua hal yaitu kekurangan suplai air di daerah akar dan permintaan air yang berlebihan oleh daun, dimana laju evapotranspirasi melebihi laju absorpsi air oleh akar tanaman, walaupun keadaan air tanah cukup

(jenuh). Kebutuhan air bagi tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis tanaman dalam hubungannya dengan tipe dan perkembangannya, kadar air tanah dan kondisi cuaca. Kekurangan air pada tanaman terjadi karena ketersediaan air dalam media tidak cukup dan transpirasi yang berlebihan atau kombinasi kedua faktor tersebut. Di lapangan walaupun di dalam tanah air cukup tersedia, tanaman dapat mengalami kekurangan air. Hal ini terjadi jika kecepatan absorpsi tidak dapat mengimbangi kehilangan air melalui proses transpirasi .

Penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan akses kentang hitam yang tanggap terhadap kekurangan air (kekeringan) dengan pemberian tingkat volume air yang berbeda. Ketahanan tanaman terhadap kekeringan bervariasi bergantung pada tingkat cekaman, jenis tanaman dan fase pertumbuhan (Demirevska et al, 2009)

## BAHAN DAN METODE

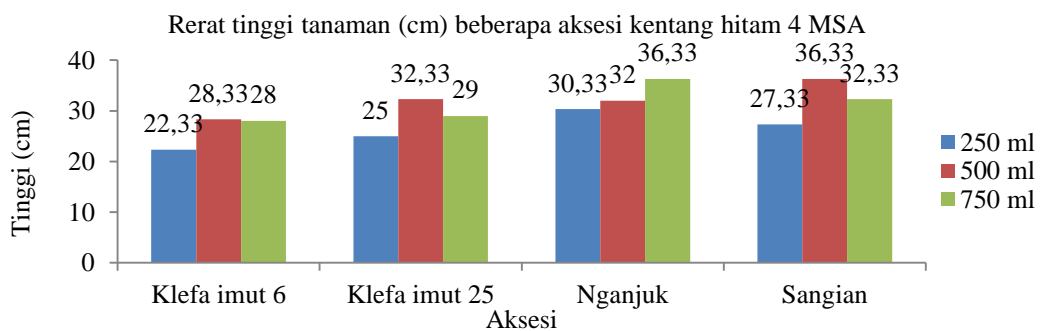
Bahan tanaman kentang hitam berasal dari Sangian (Kab. Lebak, Banten), Nganjuk (Jawa Timur). Kentang hitam dari Nganjuk di induksi mutasi dengan sinar gamma 6 Gy dan 25 Gy. Hasil mutasi kentang hitam Nganjuk diberi nama Klefa imut 6 dan Klefa imut 25. Ke empat akses kentang hitam ini dilakukan stek batang dan ditanam di dalam polibag kecil (2 stek/polibag) diletakkan di naungan diluar rumah kaca dan dipelihara sampai umur dua bulan. Setelah itu dilakukan pemindahan ke pot plastik (1 stek/pot) berukuran tinggi 29 cm dan diameter atas 41 cm dengan media tanam berupa tanah, pupuk kandang dan kompos (2:1:1). Tanaman dibiarkan satu bulan untuk adaptasi sebelum dilakukan perlakuan tingkat pemberian air. Percobaan dilaksanakan di Rumah Kaca Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Cibinong Science Center sampai tanaman berproduksi umur enam bulan.. Rancangan percobaan yang digunakan Acak Lengkap dalam faktorial dengan tiga ulangan. Terdapat 12 kombinasi perlakuan dengan ulangan tiga, total 36 pot penelitian. Faktor I adalah akses kentang hitam (Sangian, Nganjuk, Klefa imut 6 dan Klefa imut 25). Faktor II tingkat penyiraman dengan pemberian air: 250 ml/2 hari ; 500 ml/2 hari dan 750 ml/2 hari . Perlakuan penyiraman dilakukan satu bulan setelah tanaman beradaptasi. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, lebar tajuk. Setelah tanaman berumur dua puluh dua minggu setelah tanam dilakukan panen. Saat panen dilakukan pengukuran bobot basah tanaman, bobot basah umbi, jumlah umbi, panjang umbi, diameter umbi dan rasio umbi/tajuk (indeks panen:HI). Indeks panen

$$\text{(Harvest Index: HI) di hitung dengan: } \frac{\text{Total Hasil Umbi}}{\text{Total Biomasa}}$$

Kemudian umbi dikeringkan setiap perlakuan dan dijadikan tepung untuk dilakukan analisa proksimat di laboratorium Kimia – FMIPA , IPB, Bogor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon pertumbuhan kentang hitam terhadap tingkat pemberian air berbeda sesuai ketahanan masing-masing akses terhadap kekeringan. Pertumbuhan tanaman paling tinggi pada tingkat pemberian air 750 ml/2 hari, 36,33 cm akses Nganjuk dan terendah 28 cm akses Klefa imut 6. Pada tingkat pemberian air 500 ml/2 hari tanaman paling tinggi 36,33 cm akses Sangian dan terendah 28,33 cm akses Klefa imut 6. Selanjutnya tingkat pemberian air 250 ml/2 hari paling tinggi 30,33 cm akses Nganjuk dan terendah 22,33 cm akses Klefa imut 6 (Gambar 1).

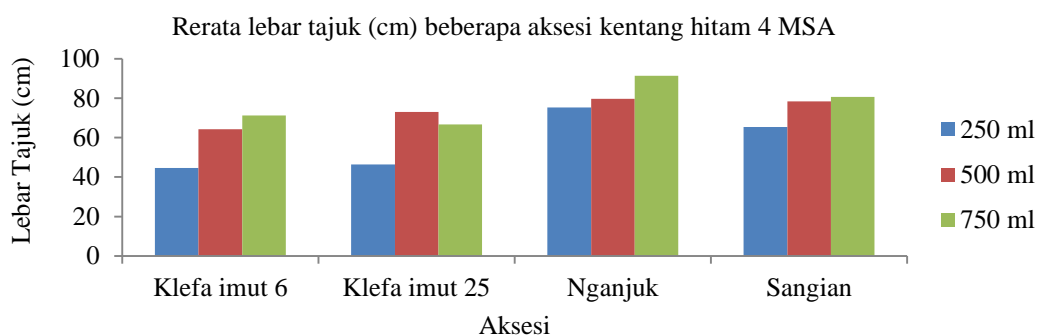


Gambar 1

Tingkat pemberian air pada akses Nganjuk berpengaruh terhadap tinggi tanaman, semakin sedikit air yang diberikan tinggi tanaman semakin menurun, penurunan berkisar antara 5,22 % -

11,92 %. Sementara tiga aksesi yaitu Sangian, Klefa imut 6 dan Klefa imut 25 mengalami peningkatan tinggi tanaman dengan pemberian air 500 ml/2 hari dibandingkan dengan pemberian air 750 ml/2 hari. Menunjukkan bahwa ketiga aksesi ini tanggap pada pemberian air 500ml/2 hari, tidak menyukai air banyak untuk pertumbuhan tinggi tanaman. Tetapi pada tingkat pemberian air paling rendah 250 ml/2 hari ketiga aksesi mengalami penurunan tinggi tanaman mencapai masing-masing aksesi 21,18 % (Klefa imut 6 ), 22,91 % (Klefa imut 25) dan 24,77 % (aksesi Sangian). Mengindikasikan aksesi Nganjuk merupakan aksesi yang toleran terhadap pemberian air paling rendah terlihat dari prosentase penurunan paling rendah dari ketiga aksesi. Ketahanan tanaman terhadap kekeringan bervariasi bergantung pada tingkat cekaman, jenis tanaman dan fase pertumbuhan (Demirevska et al, 2009)

Tajuk paling lebar pada tingkat pemberian air 750 ml/2 hari yakni 91,33 cm aksesi Nganjuk dan terendah 66,67 cm aksesi Klefa imut 25. Pada tingkat pemberian air 500 ml/2 hari tajuk paling lebar 79,67 cm aksesi Nganjuk dan terendah 64,33 cm aksesi Klefa imut 6. Selanjutnya tingkat pemberian air 250 ml/2 hari tajuk paling lebar 75,33 cm aksesi Nganjuk dan terendah 44,67 cm aksesi Klefa imut 6 (Gambar 2)



Gambar 2

Dari ketiga tingkat pemberian air, nilai tajuk paling rendah terdapat pada kentang hitam Klefa imut 6 dan Klefa imut 25 menunjukkan kedua aksesi ini tidak toleran terhadap kekurangan air. Hal ini didukung dari prosentase penurunan lebar tajuk pada kedua aksesi ini lebih tinggi dari Nganjuk dan Sangian seperti hasil berikut: prosentase penurunan lebar tajuk dari tingkat pemberian air 500 ml/2 hari ke pemberian air 250 ml/2 hari yakni 12,77 % (Nganjuk), 29 % (Sangian), 31,09 % (Klefa imut 6 Gy) dan 36,53 % (Klefa imut 25 ).

Selanjutnya dari hasil statistik menunjukkan bahwa tanaman paling tinggi antara aksesi 32,56 cm ( Nganjuk) tidak beda nyata dengan Sangian dan Klefa imut 25, tetapi beda nyata dengan Klefa imut 6. Begitu juga terhadap lebar tajuk paling lebar pada aksesi Nganjuk (78,22 cm) tidak beda nyata dengan Sangian tetapi berbeda nyata dengan Klefa imut 6 dan Klefa imut 25 (Tabel 1).

Tabel 1. Pertumbuhan tinggi dan tajuk beberapa aksesi kentang hitam terhadap tingkat pemberian air umur 4 minggu setelah aplikasi (MSA)

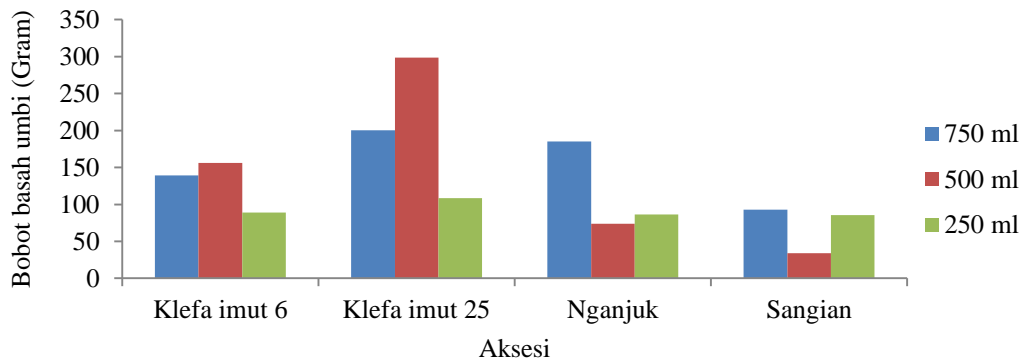
Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Lebar tajuk tanaman (cm)
Aksesi		
Klefa imut 6	24.44 b	56.11 b
Klefa imut 25	28.78 a	62.89 b
Nganjuk	32.56 a	78.22 a
Sangian	32.00 a	74.78 a
Volume Air		
250 ml	26.83 b	60.83 b
500 ml	31.67 a	73.08 a
750 ml	29.83 ab	70.08 ab

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 % dengan uji Duncan

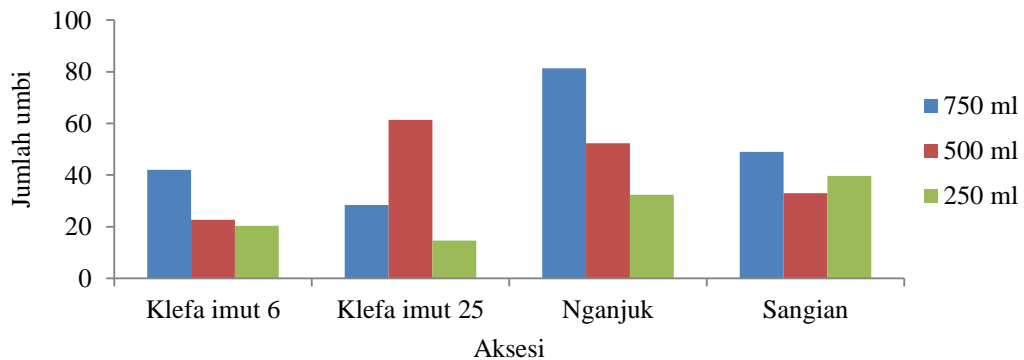
Kemungkinan kedua aksesi Klefa imut merupakan hasil mutasi yang belum kuat untuk beradaptasi sehingga pertumbuhan agak lambat. Tingkat volume air yang diberikan pada aksesi kentang hitam berpengaruh pada tinggi dan lebar tajuk tanaman. Tingkat pemberian air 500 ml/2 hari merupakan perlakuan yang terbaik menghasilkan tanaman paling tinggi (31,67 cm) dan tajuk

paling lebar (73,08 cm). Hasil ini tidak beda nyata dengan tingkat pemberian air 750 ml/2 hari, tetapi beda nyata pada tingkat pemberian air 250 ml/2 hari. Menunjukkan kentang hitam tanaman yang tanggap terhadap pemberian air yang sedang (500 ml/2 hari) sementara pada air yang sedikit (250 ml/2 hari) menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman paling rendah 26.83 cm dan lebar tajuk paling kecil 60,83 cm. Membuktikan tingkat pemberian air yang terendah menghambat tinggi tanaman dan lebar tajuk kentang hitam.

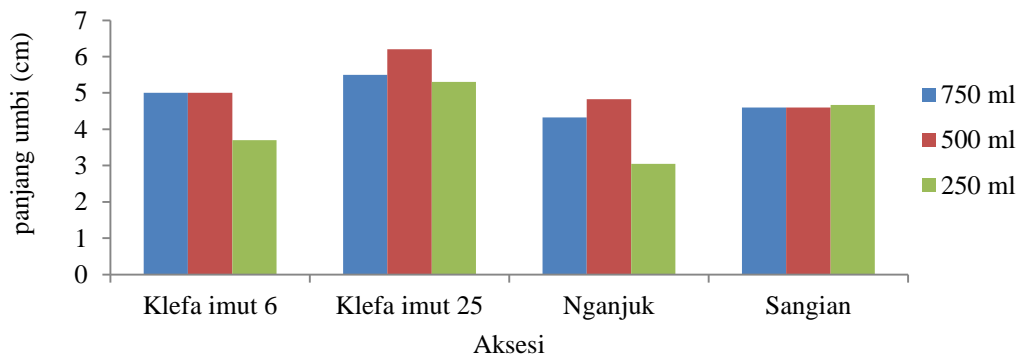
Saat tanaman berumur empat bulan setelah tanam dilakukan panen dan pengukuran terhadap bobot basah umbi, jumlah umbi, diameter umbi, panjang umbi dan bobot basah tanaman ditampilkan pada masing-masing gambar berikut. Produksi umbi paling banyak pada aksesori Klefa imut 25 (246,25 g) dan paling sedikit aksesori Sangian (55,2 g) dengan pemberian air 500ml/2 hari. (Gambar 3)



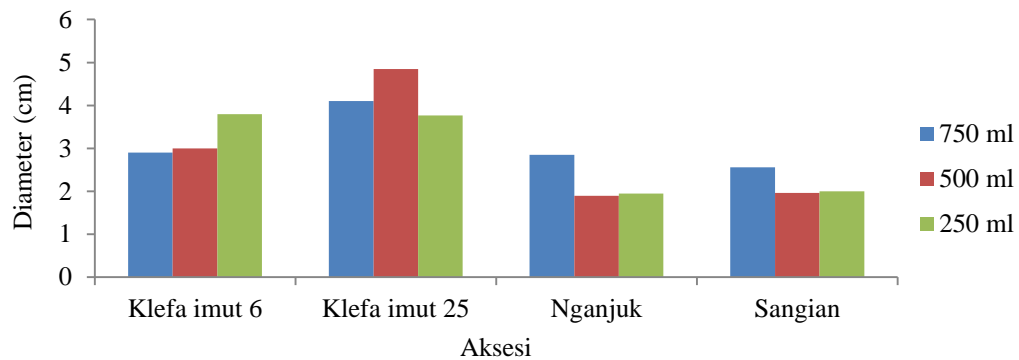
Gambar 3. Rerataan bobot basah umbi ke empat aksesori kentang hitam pada tingkat pemberian air



Gambar 4. Rerataan jumlah umbi ke empat aksesori kentang hitam pada tingkat pemberian air



Gambar 5. Rerataan panjang umbi ke empat aksesori kentang hitam pada tingkat pemberian air



Gambar 6. Rerataan diameter umbi ke empat aksesori kentang hitam pada tingkat pemberian air

Bobot basah umbi kentang hitam paling banyak 298.47 gram di hasilkan aksesori Klefa imut 25 dan paling rendah 33.75 gram aksesori Sangian, ke dua aksesori ini pada perlakuan yang sama yakni dengan pemberian air 500ml/2 hari. Setiap tingkat pemberian air, produksi umbi paling banyak terdapat pada aksesori Klefa imut 25 (Gambar 3).

Jumlah umbi rata-rata paling banyak 81.33 aksesori Nganjuk pada tingkat pemberian air paling banyak 750 ml/2 hari dan jumlah sedikit 14.67 aksesori Klefa imut 25 dengan pemberian terendah 250 ml/2 hari (Gambar 4).

Ukuran panjang umbi paling besar 6.2 cm aksesori Klefa imut 25 dengan pemberian air 500 ml/2 hari dan ukuran terkecil 3.7 cm aksesori Klefa imut 6 pada pemberian air terendah juga yakni 250 ml/2 hari (Gambar 5).

Diameter umbi paling besar 4.85 aksesori Klefa imut 25 dan paling kecil 1.9 cm aksesori Nganjuk kedua aksesori terdapat pada tingkat pemberian air 500 ml/2 hari (Gambar 6).

Walaupun secara visual terdapat perbedaan antara aksesori dan tingkat pemberian air, tetapi setelah di uji secara statistik perbedaan tidak begitu terlihat dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Produksi beberapa aksesori kentang hitam terhadap beberapa tingkat pemberian air yang berbeda umur 4 bulan setelah tanam

Perlakuan	Bobot Basah Tanaman (g)	Bobot Basah Umbi (g)	Jumlah Umbi	Panjang Umbi (cm)	Diameter Umbi (cm)	Indeks Panen (HI)
<b>Aksesori</b>						
Klefa imut 6	59,48 b	140,65 ab	3,1 a	4,15 a	3,07 b	9,72 a
Klefa imut 25	35,12 b	209,67 a	2,67 ab	5,08 a	4,10 a	13,49 a
Nganjuk	158,25 a	129,55 ab	3,77 a	3,93 a	2,23 c	1,07 b
Sangian	156,22 a	79,23 b	0,16 b	4,73 a	2,24 c	0,69 b
<b>Volume air</b>						
250 ml	46,89 b	103,35 a	3,76 a	4,2 a	2,9 a	11,67 a
500 ml	134,09 a	155,54 a	2,23 a	4,83 a	2,74 a	4,67 ab
750 ml	121,33 a	160,68 a	1,54 a	4,4 a	3,06 a	2,23 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 % dengan uji Duncan

Hasil analisa statistik bobot basah tanaman paling tinggi antara aksesori yakni Nganjuk 158,25 gram dan Sangian 156,22 gram berbeda nyata dengan Klefa imut 6 dan Klefa imut 25 masing-masing 59,48 gram dan 35,12 gram (Tabel 2). Hasil ini tidak diikuti dengan bobot basah umbi yang tinggi juga, terjadi sebaliknya bobot basah umbi paling banyak Klefa imut 25 yakni 209,67 gram berbeda nyata dengan Sangian 79,23 gram. Menunjukkan bobot basah tanaman yang subur belum tentu akan menghasilkan produksi umbi yang maksimal pada kentang hitam antara aksesori terutama aksesori Sangian. Kemungkinan zat hara hanya di dominan untuk pertumbuhan tajuk sehingga untuk pembentukan umbi berkurang. Jumlah umbi paling banyak pada aksesori Nganjuk, dan Klefa imut 6 masing –masing 3,77/ tanaman dan 3,1/tanaman berbeda nyata dengan aksesori Sangian. Panjang umbi ke empat aksesori tidak menunjukkan perbedaan, walaupun ukuran paling panjang masih pada aksesori Klefa imut 25 yakni 5,08 cm. Ukuran diameter terbesar juga pada Klefa imut 25 yakni 4,10 cm berbeda nyata terhadap tiga aksesori lainnya. Hasil



ini merupakan paling besar dibandingkan dari penelitian Lestari dan N. W Utami (2013) panjang umbi kentang hitam hanya mencapai 3,68 cm (aksesi Sangian) dan diameter umbi terbesar 1,70 cm (aksesi 6 Gray). Ditambahkan dari hasil penelitian Barchia, dkk (2009) ukuran kentang hitam terbesar berukuran panjang umbi 4.8 cm dengan diameter umbi 3.2 cm. Menunjukkan hasil penelitian ini untuk ukuran panjang dan diameter umbi kentang hitam lebih besar dari dua penelitian sebelumnya. Terlihat disini dari ke empat aksesori kentang hitam untuk produksi umbi terbaik pada Klefa imut 25 diikuti Klefa imut 6, tetapi untuk bobot basah tanaman pada aksesori Nganjuk dan Sangian. Selanjutnya indeks panen paling besar juga pada aksesori Klefa imut 25 dan Klefa imut 6 masing-masing 13,49 dan 9,72 berbeda nyata dengan Nganjuk dan Sangian.

Pada perlakuan tingkat volume air yang diberikan (250 ml/ 2hari; 500 ml/2 hari dan 750 ml/2 hari) untuk semua parameter produksi yakni bobot basah umbi, jumlah umbi, panjang umbi dan diameter umbi tidak ada perbedaan sesamanya. Walaupun secara angka bobot basah umbi terbanyak (160.68 g/tanaman), diameter terbesar (3,06 cm) pada volume air 750 ml/2 hari dan jumlah umbi terbanyak (3.76/tanaman) pada volume air 250 ml/2 hari serta umbi terpanjang 4,83 cm pada volume air 500 ml/2 hari. Tetapi indeks panen terbanyak pada pemberian air 250 ml/2 hari yakni 11,67 berbeda nyata dengan pemberian air 750 ml/2 hari yakni 2,23.

Umbi dari masing-masing aksesori kentang hitam yang sudah dikeringkan pada masing-masing tingkat pemberian air dilakukan analisa proksimat dengan hasil tabel berikut:

Tabel 3. Komposisi proksimat umbi dari beberapa aksesori kentang hitam pada tingkat pemberian air yang berbeda

Aksesori	Volume Air (ml)	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Serat kasar (%)	Abu (%)	Kadar air (%)
Klefa imut 6	250	11,04	0,88	71,26	3,00	7,05	6,67
Klefa imut 25		10,71	0,60	73,16	2,84	5,49	7,20
Nganjuk		11,74	0,54	71,74	3,67	6,18	6,13
Sangian		12,16	1,12	71,9	3,00	5,58	6,21
Klefa imut 6	500	10,83	0,89	72,23	2,87	5,85	7,33
Klefa imut 25		9,58	0,57	72,90	3,51	6,61	6,83
Nganjuk		9,87	1,09	74,03	2,30	6,64	6,07
Sangian		11,24	1,30	69,90	2,95	7,69	6,92
Klefa imut 6	750	8,3	0,58	75,17	2,88	6,32	6,75
Klefa imut 25		11,12	0,99	70,54	3,50	6,47	7,38
Nganjuk		8,45	1,37	75,13	2,59	6,19	6,27
Sangian		9,83	1,24	73,12	3,06	6,82	5,93

Hasil dari kandungan proksimat pada 4 aksesori kentang hitam berbeda pada tingkat pemberian air. Umumnya kandungan protein paling tinggi pada pemberian air 250 ml/2 hari yakni aksesori Sangian (12,16 %) dan terendah aksesori Klefa imut 6 (8,3 %) dengan pemberian air 750 ml/2 hari (Tabel.3). Pemberian air paling rendah (250 ml/2 hari) pada tanamam kentang hitam menghasilkan kandungan protein yang tinggi. Sebaliknya pemberian air paling banyak (750 ml/2 hari) menghasilkan kandungan lemak paling tinggi yakni 1,37 % pada aksesori Nganjuk. Hal yang sama juga pada kandungan karbohidrat semakin banyak air yang diberikan pada kentang hitam semakin tinggi kandungan karbohidratnya mencapai 75,17 % (aksesi Klefa imut 6). Nilai kandungan karbohidrat dari hasil penelitian ini jauh lebih besar dibandingkan dari laporan kandungan gizi kentang hitam Persatuan Ahli Gizi Indonesia bahwa kandungan per 100 g dihasilkan 33.7 g karbohidrat (Barchia, dkk 2009). Sementara kandungan serat kasar terbanyak pada pemberian air paling rendah (250 ml/2 hari) yakni 3,67 % pada aksesori Nganjuk. Kandungan abu tertinggi pada aksesori Sangian (7,69 %) dengan pemberian air 500 ml/2 hari. Selanjutnya kandungan air tertinggi (7,38 %) dan terendah (5,93 %) pada perlakuan yang sama yakni perlakuan 750 ml/2 hari. Terlihat disini aksesori Sangian cepat mengalami cekaman kekeringan karena kandungan air pada umbi paling sedikit dibandingkan ke 3 aksesori lainnya. Komposisi proksimat umbi ke empat aksesori kentang hitam memperlihatkan bahwa kadar abu, protein, lemak dan serat kasar jauh lebih kecil dibandingkan karbohidrat.

Dari 4 aksesori kentang hitam dengan perlakuan tingkat air yang berbeda mempunyai kandungan karbohidrat berkisar antara (69.90 – 75.17 %) , protein (8,3 -12,16 %) dan lemak (0,54 – 1,37 %) . Hasil ini jauh lebih tinggi dari laporan kandungan gizi Persatuan Ahli Gizi Indonesia,

2009 dalam Barchia, M.F dkk (2009), bahwa kentang hitam mempunyai kandungan karbohidrat 33,7 gram, protein 0,9 gram dan lemak 0,4 gram.

### KESIMPULAN

Dari empat aksesori kentang hitam, pertumbuhan tanaman terbaik adalah aksesori Nganjuk diikuti Sangian dan Klefa imut 25. Tingkat pemberian air yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang hitam 500 ml/2 hari dengan tinggi mencapai 31,67 cm dan tajuk terlebar 73,08 cm.

Produksi bobot basah umbi paling banyak 209,67 g/tanaman, ukuran umbi paling panjang 5,08 cm/umbi dan diameter umbi paling besar 4.10 cm terdapat pada kentang hitam aksesori Klefa imut 25. Tingkat pemberian air mulai dari paling tinggi 750 ml/2 hari sampai paling rendah 250 ml/2 hari tidak mempengaruhi komponen hasil panen ke empat aksesori kentang hitam.

Tingkat pemberian air paling rendah 250 ml/2 hari pada ke empat aksesori kentang hitam menghasilkan kandungan protein paling tinggi 12.16 % pada aksesori Sangian dan serat paling banyak 3,67 % pada aksesori Nganjuk. Tingkat pemberian air 500 ml/2 hari menghasilkan kandungan abu paling banyak 7,69 % pada aksesori Sangian. Tingkat pemberian air 750 ml/2 hari menghasilkan kandungan lemak paling tinggi 1,37 % dan karbohidrat paling tinggi 75.13 % pada aksesori Nganjuk dan kandungan air paling banyak 73.38 % pada aksesori Klefa imut 25 .

### DAFTAR PUSTAKA

- Barchia, M.F; S. N Muin; D Gita; N Silalahi; Robiah dan A. Sani. 2009. Tampilan Kentang Hitam (*Coleus tuberosum*) pada Tanah Mineral Masam Bengkulu. [http://faizbarchia.blogspot.com/2009/05/kentang-hitam-tanah-mineral-masam\\_20.html](http://faizbarchia.blogspot.com/2009/05/kentang-hitam-tanah-mineral-masam_20.html). Diakses 18 Desember 2012.
- Demirevska, K., D.Zasheva, R.Dimitrov, L.Simova-Stoilova, M.Stamenova, & U.Feller. 2009. Drought effects on Rubisco in wheat changes in the Rubisco large subunit. *Acta Physiol. Plant.* 31: 1129 -1138.
- Fitter, A.H. dan R.K.M. Hay. 1992. *Fisiologi Lingkungan Tanaman* (Diterjemahkan oleh Sri Andani dan Purbayanti). Gajah Mada University Press. Yogyakarta. Cetakan kedua 1992. Hal 142 – 192.
- Lestari, P dan N.W.Utami. 2013. Penentuan Jarak Tanam Optimum Pada Budidaya 4 Aksesori Kentang Hitam (*Solanostemon rotundifolius* Poir) di Bogor. *Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas. Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Vol 2. Ha 42 -45.*
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid I* (Diterjemah Diah R Lukman dan Sumaryono). Penerbit ITB, Bandung. Hal 71 -101
- Djazuli, M. 2010. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Beberapa Karakter Morfo-Fisiologis Tanaman Nilam. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Pusa Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Volume 21 No.1. Hal. 8 – 17. Akreditasi LIPI No. 191/AU1/P2MBI/08/2009 dengan nilai B. Bogor.*

## Gambaran DNA pada Spermatozoa Normal Pria Fertil

**Zeti Harriyati**

*Program S3 Biomedik, FK-UI, Jakarta  
Email: isogashi2001@yahoo.com*

Telah dilakukan penelitian pengamatan DNA sperma dikaitkan dengan protamin pada pria fertil. Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah semen dari pria normal. Sampel sperma diperiksa sesuai dengan standar WHO 1999. Sampel semen yang telah diperiksa dilakukan pencucian dengan Phosphat Buffer Saline (PBS) sebanyak 2 kali kemudian pada tahap akhir dibuat hapusan sperma yang diwarnai dengan larutan Chromomycyn A3 (CMA3) dari Sigma. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop Flouresent BX 51 Olympus, Japan. Diperoleh gambaran sperma pada pria normal banyak menunjukkan CMA<sub>3</sub> negatif, dan sangat sedikit yang terwarnai dengan larutan Chromomycin (CMA3 positif). Hasil ini menunjukkan bahwa pada sperma normal mempunyai ikatan DNA dengan protamin yang kuat sehingga chromomycin tidak bisa terikat dengan DNA. Protamin melindungi DNA sperma dari kerusakan baik oleh nuklease maupun faktor lain.

## Potensi Efek Apoptosis Ekstrak Etanol Daun Sendok (*Plantago major* L.) Melalui Peningkatan Kadar Caspase-3 pada Tikus Model Hipergastrinemia

**Eman Sutrisna<sup>1</sup>, Ani M Maskoen<sup>2</sup>, Muchtan Sujatno<sup>3</sup>, Herri S. Sastramihardja<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Bagian Farmakologi dan Terapi Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Molekuler Genetika, Unit Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Farmakologi dan Terapi Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia  
Email : rahma24sutrisna@gmail.com

*Plantago major* L mengandung banyak senyawa aktif seperti kelompok senyawa Terpenoids (*ursolic acid*, *oleanic acid*, *batulinic acid*), Iridoid Glicosid dan Flavonoids (*luteoline-7-O- $\beta$ -glucoside*, *apigenin*, *hispidulin*, *baicalein*). Senyawa-senyawa tersebut menunjukkan efek anti proliferasi, anti angiogenesis, apoptosis dan antioksidan. Keadaan hipergastrinemia jangka panjang dapat menginduksi proses karsinogenesis pada lambung dan menyebabkan penurunan kadar caspase-3. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efek Ekstrak etanol Daun sendok (*Plantago major* L) terhadap peningkatan kadar caspase-3 pada tikus (*Rattus norvegicus*) model hipergastrinemia. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan *post test only with control group design*. Induksi hipergastrinemia dilakukan dengan menggunakan kombinasi obat Omeprazol dan Ciprofibrat. Sebanyak 20 ekor tikus putih jantan digunakan sebagai hewan coba dan dibagi menjadi empat kelompok perlakuan. Kelompok I sebagai kontrol negatif (diberi Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan aquades 0,5 cc oral/hari. Kelompok II diberi Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan Ekstrak etanol Daun sendok dosis 50mg/200gbb tikus/hari. Kelompok III Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan Ekstrak etanol Daun sendok dosis 100mg/200gbb tikus/hari. Kelompok IV Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan Ekstrak etanol Daun sendok dosis 200mg/200gbb tikus/hari. Setelah perlakuan selama 8 minggu, semua hewan coba dikorbankan dibawah pengaruh anestesi. Sampel darah diambil untuk pemeriksaan kadar gastrin dan kadar caspase 3 menggunakan metode ELISA. Perbedaan kadar caspase-3 antar kelompok perlakuan dianalisis secara statistik dengan Uji *Kruskal-Wallis* dan *Mann-Whitney*, menggunakan program SPSS versi 17. Terjadi peningkatan kadar gastrin 3-4 kali kadar normal pada semua hewan coba di semua kelompok perlakuan yang menunjukkan bahwa semua hewan coba mengalami keadaan hipergastrinemia akibat induksi omeprazol dan ciprofibrat. Rerata kadar caspase3 pada kelompok perlakuan daun sendok lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar caspase 3 secara bermakna antar kelompok perlakuan ( $p= 0,041$ ; KI 95%). Dosis 200mg/200gbb tikus perhari ekstrak etanol Daun sendok merupakan dosis yang paling efektif meningkatkan kadar caspase 3. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemberian ekstrak etanol Daun sendok dapat meningkatkan kadar caspase 3 pada tikus model hipergastrinemia yang menunjukkan adanya potensi efek apoptosis yang dimiliki oleh ekstrak etanol Daun sendok.

Kata Kunci : Efek apoptotik, Ekstrak etanol Daun sendok , Kadar Caspase 3, Hipergastrinemia

### PENDAHULUAN

Daun sendok (*Plantago major* L) merupakan tanaman yang sangat berlimpah di Indonesia tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat. [Dalimarta, 2002; Sugiyarto dkk, 2006] Daun sendok memiliki kandungan zat aktif yang sangat beragam dengan berbagai efek farmakologi seperti efek anti hipertensi, diuretik, antibiotik, antifungi, antiviral, urikosurik, analgetik, anti inflamasi, anti piretik, koagulan, hipoglikemik, anti dyspepsia, anti oksidan, imunostimulan dan anti neoplastik. [Pangemanan, 1999; Taskova et al, 1999; Dalimarta, 2002]

Penelitian ekstrak daun sendok terkait efek neoplastik menunjukkan efektifitas sebagai kemoprolifaktik dan antimetastatik pada kanker mammae, hepatoma, ehrlich ascites tumour, [Chiang et, 2003; Kobeasy et al, 2011] serta efektif menghambat pertumbuhan *melanoma cell line tumour*, adenokarsinoma ginjal dan adenokarsinoma mammae. [Bashford et al, 1998] Ekstrak etanol daun sendok menunjukkan efektivitas lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak air, baik air panas maupun air dingin. Efek sitotoksik ekstrak etanol daun sendok terutama diperankan oleh senyawa kimia yang termasuk dalam golongan triterpenoid dan flavonoid. [Galvez et al, 2003; Hertog et al, 1993; Kobeasy et al, 2011]

Senyawa-senyawa triterpenoid daun sendok yang memiliki efek antikanker di antaranya *ursolic acid*, *oleanic acid*, *batulinic acid* sedangkan flavonoid adalah *luteoline-7-O- $\beta$ -glucoside*, *apigenin*, *hispidulin* dan *baicalein*. *Luteoline-7-O- $\beta$ - glucoside* merupakan flavonoid paling

banyak yang terkandung dalam tumbuhan daun sendok.[Hertog et al, 1993] Berdasarkan penelitian, senyawa-senyawa tersebut memiliki efek anti tumor secara *invitro* dengan merusak sel tumor dan menginduksi kematian sel tumor.[Huang et al, 1995; Liu, 1995; Matsuzaki, 1996]

Semua zat aktif yang berefek anti karsinogenesis pada ekstrak etanol daun sendok menginduksi apoptosis sel kanker melalui jalur mitokondria, yakni meningkatkan pelepasan sitokrom c, *apoptosis inducing factor* (AIF), *Endonuclease G* mitokondria dan aktivasi caspase akibat aktivasi bax (sebagai efektor p53). *Cytochrome c* berikatan dengan *Apaf 1* dan *procaspase 9* mengaktifasi *caspase 9*, selanjutnya mengaktifasi *caspase 3* yang mengawali terjadinya proses proteolisis sel. AIF dan *Endonuclease G* menyebabkan kodensasi dan kerusakan DNA sel tumor. *Ursolic acid*, *luteoline-7-O-β-glucoside*, *apigenin*, *hispidulin* dan *baicalein* meningkatkan ekspresi dan mengaktifasi protein pro-apoptotik seperti *p53*, *bax*, *bak* serta menghambat ekspresi protein antiapoptotik seperti Bcl2, Bcl-XL, Mcl-1, *cyclin D1-D2-E* dan *cdk*. [Sleenger et al, 2008; Brusselmans et al, 2005; Gupta et al, 2002]

Jika dibandingkan dengan zat aktif lain, luteolin memiliki efek induksi apoptosis sel kanker yang paling dominan. *Luteoline* menginduksi proses apoptosis sel kanker melalui beberapa jalur (*pathway*), yaitu (1) menurunkan protein anti apoptosis Bcl2, Bcl-XL dan meningkatkan protein proapoptosis Bax dan Bak; (2) meningkatkan pelepasan sitokrom c dari mitokondria yang berlanjut dengan aktivasi *caspase 9*, *caspase 8* dan *caspase 3* serta aktivasi *death receptor-5* (DR-5) pada sel tumor; [Ito et al, 2001; Sleenger et al, 2008; Chang et al, 2005; Kim et al, 2007] (3) meningkatkan sensitifitas *TNF related apoptosis induced-ligand* (TRAIL) untuk menginduksi apoptosis sel tumor melalui peningkatan aktivasi *caspase 8* dan maturasi *caspase 3*; (4) *down* regulasi terhadap *X-linked inhibitor apoptosis protein* (XIAP) dan penghambatan aktivitas protein kinase C (PKC). [Chang et al, 2005; Kim et al, 2007]

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi efek apoptosis ekstrak etanol daun sendok terhadap tikus model hipergastrinemia berdasarkan kadar caspase 3. Hipergastrinemia merupakan keadaan yang ditandai dengan peningkatan kadar gastrin melebihi kadar normal (>169pg/mL). Hipergastrinemia yang menetap selama 4 minggu dapat menyebabkan hiperplasia sel ECL dan mukosa lambung. Jika hipergastrinemia menetap sampai 16 minggu maka dapat menyebabkan keadaan displasia yang dapat berkembang menjadi karsinoma jika terus berlanjut sampai 6 bulan atau lebih. [Lee et al, 2005; Alvarez et al, 2007; Kakei et al, 1995; Cui et al, 2001]. Proses karsinogenesis akibat hipergastrinemia terjadi melalui perangsangan ekspresi gen pada sel ECL. Salah satu gen yang mengalami peningkatan ekspresi adalah gen *Reg 1* yang mengatur sintesis protein *reg 1a*. Protein *reg 1a* merangsang proliferasi dan deferensiasi, baik sel normal maupun sel neoplasma. Protein *reg 1a* juga mengaktifasi *baclyn 2* (Bcl-2) dan bad tetapi menghambat aktivasi sistim caspase sehingga menginduksi proliferasi dan menghambat apoptosis sel.

Hipergastrinemia juga dapat disebabkan oleh penggunaan obat anti dislipidemia, seperti ciprofibrate. Ciprofibrate menstimulasi produksi hormon gastrin tanpa menghambat sekresi asam lambung. Efek hipergastrinemi akibat penggunaan ciprofibrate terjadi melalui efek stimulasi terhadap Peroxisome proliferasi (PP) melalui PPAR-α pada antral lambung yang dapat menginduksi sel G untuk meningkatkan produksi gastrin. (Bakke, 2002 Pada dosis 80 mg/kgbb/hari selama 4 minggu Ciprofibrate dapat meningkatkan kadar gastrin menjadi 5 kali lipat kadar normal pada tikus percobaan (Martinsen, 1996; Hammer 1998). Pemberian bersama-sama (kombinasi) antara obat ciprofibrate dosis 80mg/kgbb/hari dengan omeprazol dosis 100μmol/hari selama 4 minggu memiliki efek sinergis terhadap peningkatan kadar gastrin plasma pada tikus percobaan sehingga mencapai 24 kali lipat kadar normal. [Hammer et al, 1998]

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan desain *post test only with control group design*.

### *Bahan dan Obat*

Etanol 95%, diproduksi oleh Brata Chem, formalin, blok paraffin dan pewarna Hematoksilin-eosin (HE). Omeprazol merk SOCID kapsul 20 mg diproduksi oleh PT SOHO, Jakarta, Ciprofibrat caplet 100mg merk Modalim, diproduksi oleh PT Sanofi Synthelabo Ltd, Newcastle, UK

### ***Ekstrak Daun Sendok***

Seluruh bagian tanaman Daun sendok (akar, batang, daun dan biji) dikeringkan hingga mencapai kadar air 10-14%, digiling menjadi serbuk simplisia dan diekstrak dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 95%.<sup>8</sup> Dosis ekstrak etanol daun sendok yang digunakan adalah 100mg/200g BB tikus

### ***Hewan Coba***

21 tikus putih jantan galur wistar berumur rata-rata 2-3 bulan dengan berat badan rata-rata tikus 190-210g digunakan sebagai hewan coba. Hewan coba diaklimatisasi selama 1 minggu, kemudian secara acak (*Random allocation*) dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan. Kelompok I sebagai kontrol negatif (diberi Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan aquades 0,5 cc oral/hari. Kelompok II diberi Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan Ekstrak etanol Daun sendok dosis 50mg/200gbb tikus/hari. Kelompok III Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan Ekstrak etanol Daun sendok dosis 100mg/200gbb tikus/hari. Kelompok IV Omeprazole dosis 10mg/200gbb tikus, Ciprofibrat dosis 16 mg/200gbb tikus/hari dan Ekstrak etanol Daun sendok dosis 200mg/200gbb tikus/hari. Semua hewan coba dikorbankan dibawah pengaruh anestesi setelah perlakuan selama 8 minggu. Sampel darah diambil untuk pemeriksaan kadar gastrin dan kadar caspase 3 menggunakan metode ELISA.

### ***Pemeriksaan Kadar Gastrin Plasma***

Kadar gastrin plasma diperiksa untuk menentukan apakah hewan coba telah mengalami hipergastrinemia atau tidak. Untuk pemeriksaan darah dengan antikoagulan EDTA disentrifius untuk mengambil plasmanya. Plasma yang didapatkan dibekukan (*frozen*) dan kadar gastrin diukur dengan teknik *Enzyme Immunoassay* (EIA). [Martinsen et al, 2002; Fossmark et al, 2008; Nørsett et al, 2005]

### ***Pemeriksaan Protein Caspase-3***

Pemeriksaan protein *caspase-3* dilakukan menggunakan plasma darah dan *Caspase-3 assay kit*. Darah dengan antikoagulan EDTA disentrifius untuk mengambil plasmanya. Plasma yang didapatkan, sebanyak 400 ul dimasukkan ke dalam tabung cryo dan langsung ditempatkan dalam lemari pendingin bersuhu 2-8<sup>0</sup>C sebelum diperiksa. Kadar *caspase-3* diukur dengan metode ELISA.[Anantharam et al, 2002]

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Kadar Gastrin Plasma***

Pemeriksaan kadar gastrin pada penelitian ini digunakan untuk memastikan bahwa pembuatan tikus model hipergastrinemia dapat dilakukan dengan pemberian obat Omeprazol dosis 10mg/200gBB tikus/hari dan Ciprofibrate dosis 16mg/200gBB tikus/hari. Hasil pemeriksaan kadar gastrin plasma dengan metode ELISA pada semua kelompok hewan coba menunjukkan bahwa semua hewan coba mengalami hipergastrinemia (>169 pg/mL). Kadar gastrin terendah dijumpai pada kelompok I (498,0 pg/mL) sedangkan tertinggi terdapat pada kelompok III (697,5 pg/mL). Pada penelitian ini peningkatan kadar gastrin plasma hewan coba pada semua kelompok berkisar antara 3-4 kali lebih tinggi dari kadar normal. (Tabel 1)

Hasil uji *one way ANOVA*, menunjukkan tidak ada perbedaan bermakna kadar gastrin plasma diantara kelompok penelitian (*p-value* =0,356; IK 95%) yang berarti bahwa tidak ada pengaruh pemberian ekstrak etanol daun sendok terhadap kadar gastrin hewan coba. Hasil analisis statistik ini dapat dijadikan sebagai argumentasi bahwa pengaruh yang terjadi akibat pemberian ekstrak etanol daun sendok terhadap variabel penelitian bukan akibat efeknya terhadap kadar gastrin hewan coba tetapi dapat dianggap sebagai efek langsung. Oleh karena itu, analisis pengaruh pemberian ekstrak etanol daun sendok terhadap caspase 3 dapat dilanjutkan.

Hipergastrinemia yang menetap selama lebih dari 4 minggu dapat menekan sintesis Caspase -3 sehingga menyebabkan penurunan kadarnya di dalam darah. Pemberian ekstrak etanol daun sendok memiliki potensi untuk meningkatkan produksi Caspase-3 dan menghambat efek penekanan akibat keadaan hipergastriemia. Hasil pengukuran kadar Caspase-3 dengan metode ELISA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar Caspase-3 pada hewan coba antar kelompok penelitian. Kadar terendah Caspase-3 dijumpai pada hewan coba dari Kelompok II (0,020 ng/mL)

sedangkan tertinggi didapatkan pada kelompok IV (0,860 ng/mL). Rerata kadar Caspase 3 tertinggi terdapat pada kelompok IV (0,603±0,172 ng/mL) dan rerata terendah terdapat pada kelompok II (0,338± 0,233 ng/mL) (Gambar 1.)

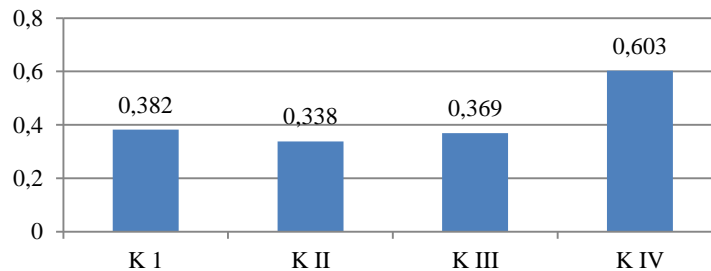
Tabel 1. Rerata Kadar Gastrin Plasma (pg/mL)

No	Kelompok Penelitian	Rerata Kadar Gastrin Plasma (pg/mL)
1	Kelompok I	570,17±54,01
2	Kelompok II	592,08±30,79
3	Kelompok III	622,00±67,62
4	Kelompok IV	609,79±52,04

### Kadar Caspase-3

Hasil analisis statistik dengan uji Kruskal Wallis diperoleh *p-value* = 0,041 (IK 95%), yang berarti paling tidak terdapat perbedaan kadar Caspase-3 secara bermakna diantara dua kelompok penelitian. uji Mann Withney menunjukkan perbedaan kadar Caspase-3 secara bermakna terjadi antara kelompok IV dengan kelompok lainnya yaitu Kelompok I dan IV (*p-value* = 0,026; IK 95%), Kelompok II dan IV (*p-value* = 0,038; IK 95%) serta Kelompok III dan IV (*p-value* = 0,018; IK 95%). Hasil ini menunjukkan bahwa dosis efektif ekstrak etanol daun sendok yang dapat meningkatkan kadar Caspase-3 pada tikus model hipergastrinemia adalah 200 mg/200gBB tikus per hari.

Peningkatan kadar Caspase-3 yang terjadi dimungkinkan merupakan efek langsung beberapa zat aktif ekstrak etanol daun sendok terutama golongan triterpenoid dan flavonoid. Senyawa-senyawa triterpenoid di antaranya *ursolic acid*, *oleanic acid*, *batulinic acid* sedangkan flavonoid adalah *luteoline-7-O-β-glucoside*, *apigenin*, *hispidulin* dan *baicalein*. Senyawa-senyawa flavonoid dan triterpenoid mengaktifasi caspase-3 dari bentuk proenzim inaktif (*procaspase 3*) dalam proses apoptosis. [Hsu et al, 2004; Sekikawa, 2005]



Gambar 1. Diagram Batang Rerata Caspase-3

Tabel 2. Rerata Kadar Caspase-3

	K I	K II	K III	K IV
Rerata	0,382	0,338	0,293	0,603
Median	0,400	0,451	0,369	0,594
Standar Deviasi	0,107	0,233	0,082	0,172

*Ursolic acid*, *Oleanic acid* dan *Apeigenin* mengaktifasi Caspase 3 melalui aktivasi p53 yang akan menyebabkan pelepasan *cytochrome c* dan *apoptosis inducing factor* (AIF), *Endonuclease G* mitokondria. Pelepasan *cytochrome c* dari bagian dalam membrane mitokondria ke sitosol menyebabkan serangkaian proses (*cascade*) aktivasi caspase. *Cytochrome c* berikatan dengan *apoptotic protease activation factor-1* (*Apaf-1*) dan *procaspase 9* mengaktifasi *caspase 9*, selanjutnya mengaktifasi *caspase-7* dan akhirnya aktivasi *caspase 3*. [Sekikawa, 2005; Bromberg, 2002; Fan et al, 2005]

*Batulinic acid*, *Luteoline* dan *Hispidulin* menginduksi penurunan potensial membran mitokondria dan meningkatkan pelepasan sitokrom c dari mitokondria yang menyebabkan serangkaian proses (*cascade*) aktivasi caspase termasuk aktivasi *caspase 3*. [Ito et al, 2001; Lin et al, 2010; Yang et al, 2010] Senyawa Baicalein dapat meningkatkan ekspresi p53 dan Bax yang selanjutnya mengaktifasi sistim Caspase seperti senyawa *Ursolic acid*, *Oleanic acid* dan *Apeigenin*. [Lee et al, 2005; Lee et al, 2008; Lin et al, 2007]

## DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez A, Ibiza MS, Andrade MM, Garcia AB, Calatayud S. 2007. *Gastric Antisecretory Drugs Induce Leukocyte-Endothelial Cell Interactions through Gastrin Release and Activation of CCK-2 Receptors*. The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. Vol. 323(1): 406-13
- Anantharam V, Kitazawa M, Wagner J, Kaul S, Kanthasamy AG. 2002. *Caspase-3-Dependent Proteolytic Cleavage of Protein Kinase C Is Essential for Oxidative Stress-Mediated Dopaminergic Cell Death after Exposure to Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl*. The Journal of Neuroscience. Vol. 22(5):1738-51
- Bashford JNR, Norwood J, Chapman SR. 1998. *Why are patients prescribed proton pump inhibitors? Retrospective analysis of link between morbidity and prescribing in the General Practice Research Database*. Br Medecial Journal. Vol 317: 452-6
- Bromberg J. 2002. *STAT proteins and oncogenesis*. J. Clin. Invest. Vol.109:1139-42.
- Brusselmans K, Vrolix R, Verhoeven G, Swinnen JV. 2005. *Induction of cancer cell apoptosis by flavonoids is associated with their ability to inhibit fatty acid synthase activity*. J Biol Chem. Vol.280:5636-45
- Chang J, Hsu Y, Kuo P, Kuo Y, Chiang L, Lin C. 2005. *Increase of Bax/ Bcl-XL ratio and arrest of cell cycle by luteolin in immortalized human hepatoma cell line*. Life Sci. Vol.76:1883-93
- Chiang LC, Ng LT, Chiang W, Chang MY, Lin CC. 2003. *Immunomodulatory activities of flavonoids, monoterpenoids, triterpenoids, iridoid glycosides and phenolic compounds of Plantago species*. Planta Med. Vol.69(7): 600-4.
- Cui GL, Syversen U, Zhao CM, Chen D, Waldum HL. 2001. *Long-term omeprazole treatment suppresses body weight gain and bone mineralization in young male rats*. Scand. J. Gastroenterol. Vol.36: 1011-15.
- Dalimarta S. 2002. *Daun Sendok (Plantago mayor L)*. Atlas Tumbuhan Indonesia. [dokumen internet]. Jakarta: Pdpersi. [diunduh 3 September 2010]. Tersedia dari : <http://www.pdpersi.co.id/?show=detailnews&kode=952&tbl=alternatif>
- Fan TJ, Han LH, Cong RS, Liang J. 2005. *Caspase Family Proteases and Apoptosis*. Acta Biochim Biophys Sin. Vol.37(11): 719-727
- Fossmark R, Qvigstad G, Waldum HL. 2008. *Gastric cancer: Animal studies on the risk of hypoacidity and hypergastrinemia*. World Journal of Gastroenterology. Vol 14(11): 1646-51
- Galvez M, Martin-Cordero C, Lopez-Lazaro M, Cortes F, Ayuso MJ. 2003. *Cytotoxic effect of Plantago spp. on cancer cell lines*. J.Ethnopharmacol. Vol 88: 125-30
- Gupta S, Afaq F, Mukhtar H. 2002. *Involvement of nuclear factor- $\kappa$ B, Bax and Bcl-2 in induction of cell cycle arrest and apoptosis by apigenin in human prostate carcinoma cells*. Oncogene. Vol 21:3727-38
- Hammer TA, Sandvik AK, Waldum HL. 1998. *Potentiating hypergastrinemic effect by the peroxisome proliferator ciprofibrate and omeprazole in rat*. Scand J Gastroenterol. Vol 33: 595-9
- Hertog MGL, Hollman PCH, Katan MB, Kromhout D. 1993. *Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in The Netherlands*. Nutrition Cancer. Vol 20: 21-9
- Hsu YL, Kuo PL, Lin CC. 2004. *Proliferative inhibition, cell-cycle dysregulation, and induction of apoptosis by ursolic acid in human non-small cell lung cancer A549 cells*. [diunduh 3 September 2010]. Tersedia dari: [www.sciencedirect.com/science?](http://www.sciencedirect.com/science?)
- Huang MT, Ho CT, Wang ZY, Ferraro T, Lou YR, Stauber K, et al. 1994. *Inhibitor of skin tumorigenesis by Rosemary and its constituents carnosol and ursolic acid*. Cancer Research. Vol 54:701-8
- Ito Y, Pandey P, Sporn MB, Datta R, Kharbanda S, Kufe D. 2001. *The Novel Triterpenoid CDDO Induces Apoptosis and Differentiation of Human Osteosarcoma Cells by a Caspase-8 Dependent Mechanism*. Molecular Pharmacology. Vol 59:1094-99
- Takei N, Ichinose M, Tatematsu M, Shimizu M, Oka M, Yahagi N, et al. 1995. *Effects of long-term omeprazole treatment on adult rat gastric mucosa enhancement of the epithelial cell proliferation and suppression of its differentiation*. Biochemistry. Biophys. Res. Commun. Vol 214: 861-68.
- Kim JH, Lee EO, Lee HJ, Ku JS, Lee MH, Yang DC. et al. 2007. *Caspase activation and extracellular signal-regulated kinase/Akt inhibition were involved in luteolin-induced apoptosis in Lewis lung carcinoma cells*. Ann. N. Y. Acad. Sci. Vol 1095: 598-611
- Kobeasy MI, Abdel-Fatah OM, Abd El-Salam SM, Mohamed ZEM. 2011. *Biochemical studies on Plantago major L. and Cyamopsis tetragonoloba L*. International Journal of Biodiversity and Conservation. Vol 3(3): 83-91
- Lee HZ, Leung HWC, Lai MY, Wu CH. 2005. *Baicalein Induced Cell Cycle Arrest and Apoptosis in Human Lung Squamous Carcinoma CH27 Cells*. Anticancer Research. Vol 25:959-64
- Lee HJ, Wang CJ, Kuo HC, Chou FP, Jean LF, Tseng TH. 2005. *Induction apoptosis of luteolin in human hepatoma HepG2 cells involving mitochondria translocation of Bax/Bak and activation of JNK*. Toxicol. Appl. Pharmacol. Vol 203: 124-31
- Lee JH, Li YC, Hsu SC, Chang NW, Tang NY, Yu CS. et al. 2008. *The Role of Ca<sup>2+</sup> in Baicalein-induced Apoptosis in Human Breast MDA-MB-231 Cancer Cells through Mitochondria- and Caspase-3-dependent Pathway*. Anticancer Research. Vol 28:1701-12



- Lin YC, Hung CM, Tsai JC, Lee JC, Chen YLS, Chen YLS. et al. 2010. *Hispidulin Potently Inhibits Human Glioblastoma Multiforme Cells through Activation of AMP-Activated Protein Kinase (AMPK)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol 58: 9511–17
- Lin YT, Yang JS, Lin HJ, Tan TW, Tang NY, Chaing JH. et al. 2007. *Baicalein Induces Apoptosis in SCC-4 Human Tongue Cancer Cells via a Ca<sup>2+</sup>-dependent Mitochondrial Pathway*. in vivo. Vol 21: 1053-58
- Liu J. 1995. *Pharmacology of oleanic acid and ursolic acid*. Journal of Ethnopharmacology. Vol 49: 57–68
- Martinsen TC, Taylor DM, Johnsen R, Waldum HL. 2002. *Gastric acidity protects mice against prion infection*. Scand Journal of Gastroenterology. Vol 37: 497–500
- Matsuzaki Y, Kurokawa N, Terai S, Matsumura Y, Kobayashi N, Okita K. 1996. *Cell death induced by baicalein in human hepatocellular carcinoma cell lines*. Japanese Journal of Cancer Research. Vol 87: 170–7
- Nørsett KG, Lægreid A, Langaas M, Worlund S, Fossmark R, Waldum HL. 2005. *Molecular characterization of rat gastric mucosal response to potent acid inhibition*. Physiology Genomics. Vol 22: 24–32
- Pangemanan L, 1999. *Plantago L*. In: de Padua LS, Bunyapraphatsara N., Lemmens RHMJ (eds.). Plant Resources of South-East Asia No. 12 (1); Medicinal and Poisonous Plants 1. Bogor: PROSEA;
- Sekikawa A. 2005. *REG Ia protein may function as a trophic and/or anti-apoptotic factor in the development of gastric cancer*. Gastroenterology. Vol 128: 642–53
- Sleenger G, Merfort I, Wolfle U, Schempp CM. 2008. *Review Anti-carcinogenic Effects of the Flavonoid Luteolin*. Molecules. Vol 13: 2628-51
- Sugiyarto, Setyawan AD, Pitoyo A. 2006. *Estimasi Kemelimpahan dan Distribusi Plantago major L. di Gunung Lawu*. Biodiversitas. [diunduh 1 September 2010];7(2): 143-146. Tersedia dari : <http://unsjournals.com>
- Taskova R, Handjieva N, Evstatieva L, Popov S. 1999. *Iridoid glucosides from Plantago cornuti, Plantago major and Veronica cymbalaria*. Phytochemistry. Vol 52:1443–5
- Yang JM, Hung CM, Fu CN, Lee JC, Huang CH, Yang MH. et al. 2010. *Hispidulin sensitizes human ovarian cancer cells to TRAIL-induced apoptosis by AMPK activation leading to Mcl-1 block in translation*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol 58(18):10020-6

**PROSIDING**

Seminar Nasional Biologi XXII Perhimpunan Biologi Indonesia

## BIOLOGI UMUM



## Pemanfaatan Limbah Medium Tanam Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) Sebagai Penyerap Logam Zn Limbah Cair Batik

Ratna Stia Dewi, Uki Dwiputranto, Hana

Laboratorium Mikologi dan Fitopatologi  
Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Sudirman Purwokerto  
Jl. Dr. Soeparno no. 63 Grendeng Purwokerto Jawa Tengah  
Email : ratna\_stiadewi@yahoo.co.id

Kelimpahan limbah medium tanam jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) cukup tinggi seiring dengan pesatnya budidayanya. Limbah ini belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar dibiarkan menumpuk begitu saja sehingga mengurangi etika dan estetika lingkungan serta dapat mengurangi lahan produktif. Alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkannya sebagai penyerap logam Zn pada limbah cair batik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan limbah medium tanam *P. ostreatus* pada penyerapan logam Zn pada limbah cair batik, serta kombinasi terbaik antara rasio berat limbah medium : volume limbah batik dan waktu inkubasi yang mampu menyerap logam Zn pada limbah cair batik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan rancangan percobaan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL). Hasilnya menunjukkan bahwa limbah medium tanam *P. ostreatus* mampu menyerap logam Zn pada limbah cair batik serta rasio berat limbah medium : volume limbah batik 1:2 dan waktu inkubasi 48 jam merupakan kombinasi terbaik yang mampu menyerap Zn pada limbah batik.

Kata kunci : limbah cair batik, medium tanam jamur, penyerap Zn, *Pleurotus ostreatus*

### PENDAHULUAN

Peningkatan Budidaya jamur pangan (*edible mushroom*) di Indonesia terjadi seiring dengan meningkatnya konsumsi di masyarakat. Semakin pesat semakin menghasilkan banyak limbah salah satunya yaitu limbah medium tanam jamur, yang merupakan hasil samping produksi yang tidak digunakan lagi, karena tidak dapat memberikan pertumbuhan tubuh buah jamur secara optimal. Limbah medium tanam jamur tiram putih (*P. ostreatus*) melimpah seiring dengan pesatnya budidayanya. Sebagian besar limbah ini belum dimanfaatkan secara optimal, dibiarkan menumpuk begitu saja, tidak berdaya guna sehingga mengurangi etika dan estetika lingkungan serta dapat mengurangi lahan produktif. Alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan limbah tersebut sebagai penyerap logam Zn limbah cair batik.

Pemanfaatan limbah medium tanam *P. ostreatus* sebagai media penyerapan logam Zn limbah cair batik karena limbah *baglog P. ostreatus* mengandung miselium dan komponen penyusun kayu. Miselium jamur yang terdapat pada limbah medium tanam tersebut, salah satunya adalah miselium *P. ostreatus* yang termasuk jamur pelapuk putih. Menurut Singh, (2006) jamur pelapuk putih memiliki kemampuan dalam menyerap logam-logam berat beracun. Jamur pelapuk putih dapat digunakan sebagai agen penyerapan logam limbah batik pada lingkungan yang tercemar, karena menurut Siddant dan Singh (2009), jamur pelapuk putih mempunyai toleransi yang tinggi pada lingkungan yang toksik. Komponen penyusun kayu yang terdapat di dalam limbah *baglog P. ostreatus* seperti selulosa juga dapat menyerap Zn limbah batik. Menurut Sukarta, (2008), selulosa dan hemiselulosa yang terkandung dalam serbuk gergaji kayu berpotensi sebagai penyerap logam. Mekanisme penyerapan logam dapat dilakukan dengan dua cara yaitu *metabolism independent* dan *metabolism dependent* (Lestari *et al.*, 2002 dalam Fachrullah, 2011).

Andarani dan Roosmini (2009) menyatakan bahwa, limbah batik mengandung logam berat tembaga salah satunya adalah seng (Zn). Limbah mengandung lebih dari 2 ppm seng (ambang batas yang ditetapkan pemerintah pada PP No. 82 tahun 2001 dan Keputusan Gubernur Jawa Barat No 39 Tahun 2000). Konsentrasi logam dalam air setelah menerima effluen limbah mengalami peningkatan dibanding sebelum menerima effluen tersebut yaitu pada sebelum sebesar 0,175 ppm sampai 0,229 ppm Zn; sedangkan rentang konsentrasi setelah menerima effluent 0,604 ppm sampai 1,518 ppm Zn. Sementara, di sedimen badan air, konsentrasi sebelum menerima effluent tersebut yaitu 1,786 ppm sampai 3,798 ppm Zn; setelah menerima effluent yaitu 6,609 ppm sampai 8,467 ppm Zn. Konsentrasi logam pada sedimen cenderung lebih besar daripada konsentrasi logam pada air dan semua melebihi ambang batas yang ditetapkan pemerintah.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keefektifan perlakuan dengan menggunakan limbah medium tanam *P. ostreatus* sebagai penyerap logam Zn limbah cair batik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikologi fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto menggunakan metode eksperimental dengan kombinasi perlakuan sebagai berikut, dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 36 unit percobaan:

- PT<sub>1</sub>W<sub>1</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 2 dengan waktu inkubasi 48 jam  
PT<sub>1</sub>W<sub>2</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 2 dengan waktu inkubasi 72 jam  
PT<sub>1</sub>W<sub>3</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 2 dengan waktu inkubasi 96 jam  
PT<sub>2</sub>W<sub>1</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 3 dengan waktu inkubasi 48 jam  
PT<sub>2</sub>W<sub>2</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 3 dengan waktu inkubasi 72 jam  
PT<sub>2</sub>W<sub>3</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 3 dengan waktu inkubasi 96 jam  
PD<sub>1</sub>W<sub>1</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 2 dengan waktu inkubasi 48 jam  
PD<sub>1</sub>W<sub>2</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 2 dengan waktu inkubasi 72 jam  
PD<sub>1</sub>W<sub>3</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 2 dengan waktu inkubasi 96 jam  
PD<sub>2</sub>W<sub>1</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 3 dengan waktu inkubasi 48 jam  
PD<sub>2</sub>W<sub>2</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 3 dengan waktu inkubasi 72 jam  
PK<sub>2</sub>W<sub>3</sub> = Rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 3 dengan waktu inkubasi 96 jam

Bahan yang digunakan adalah limbah cair batik diperoleh dari salah satu industri batik di Desa Kauman, Kecamatan Sokaraja, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, serta limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* yang diperoleh dari tempat budidaya jamur dari di Pabuaran Kecamatan Baturaden, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah.

Limbah batik disiapkan diencerkan dengan konsentrasi 20% limbah batik, kemudian diukur volumenya 50 ml dan dimasukkan ke dalam botol kaca ukuran 250 ml. Sebanyak 25 gr potongan dadu limbah medium tanam *P. ostreatus* dimasukkan ke dalam botol kaca. Limbah cair warna batik yang didapat, diukur volumenya sesuai perbandingan perlakuan, kemudian dimasukkan ke dalam botol. Tiap perlakuan diulang tiga kali, sehingga total terdapat 36 perlakuan. Botol yang telah disiapkan di-shaker dengan menggunakan shaker resiprokal selama waktu inkubasi yang ditentukan dalam perlakuan.

Analisis kandungan Logam berat Zn menurut Herlich, (1991) dilakukan sebagai berikut :

1. Penyiapan Filtrat pembuatan Blanko. Larutan blanko dibuat untuk menghindari kesalahan dalam penghitungan kadar logam berat Zn dalam sampel yang dianalisis. Larutan blanko dibuat dengan cara memperlakukan aquades sama seperti pada sampel air.
2. Pembuatan larutan Standar. Larutan standar digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kandungan logam berat dari sampel yang dianalisis
3. Pemeriksaan AAS. Analisis kandungan logam berat menggunakan seperangkat alat AAS dengan tingkat kepekaan 0,003.

Persentase penyerapan logam berat Zn dinyatakan dengan :

$$\% \text{ Penyerapan logam} = \frac{\text{kadar awal-kadar akhir}}{\text{kadar awal}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan terhadap perlakuan yang berbeda menunjukkan bahwa limbah medium tanam *P. ostreatus* memiliki kemampuan dalam menyerap Zn. Penyerapan Zn dalam limbah cair batik menggunakan limbah medium tanam tersebut dapat dilihat dari nilai persentasenya yang diperoleh. Data persentase penyerapan Zn selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Data yang ditunjukkan pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa penggunaan rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik adalah 1: 2 dengan waktu inkubasi 48 jam dan 72 jam merupakan kisaran yang paling baik dalam menyerap logam Zn karena mampu menghasilkan persentase tertinggi pada limbah batik.

Limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* yang digunakan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap logam Zn pada limbah cair batik. Penggunaan limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan perlakuan berbeda berpengaruh terhadap penyerapan logam Zn limbah batik. Perlakuan rasio antara limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* tanpa dikeringkan dan volume limbah batik 1: 2 dengan waktu inkubasi 48 menunjukkan perbedaan yang tertinggi dibanding perlakuan yang lain. Perlakuan tersebut merupakan perlakuan terbaik untuk penyerapan logam Zn.

Penyerapan Zn oleh limbah medium tanam *P. ostreatus* terjadi karena adanya kontak antara limbah cair batik yang mengandung logam Zn dengan limbah baglog *P. ostreatus*. Semakin lama waktu inkubasi maka konsentrasi Zn yang terdapat dalam limbah cair batik akan semakin menurun karena adanya proses penyerapan (adsorpsi). Menurut Suhendrayatna (2001), lama waktu inkubasi sangat berpengaruh dalam proses penyerapan ion logam.

Proses penyerapan Zn dilakukan oleh miselium, selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen-komponen tersebut merupakan komponen utama yang masih terdapat pada limbah medium tanam *P. ostreatus*. Menurut Lestari *et al.* (2002) dalam Fachrullah, (2011) mekanisme penyerapan Zn dilakukan dengan 2 cara yaitu melalui penyerapan yang bergantung pada metabolisme (*metabolism-dependent*) dan tidak bergantung pada metabolisme (*metabolism-independent*). Penyerapan Zn yang dilakukan oleh miselium jamur dalam limbah medium tanam terjadi melalui mekanisme *metabolism-dependent*. Pemecahan ikatan logam Zn oleh miselium terjadi melalui proses akumulasi intraseluler. Suhendrayatna (2001) menyatakan bahwa penyerapan logam Zn terjadi karena terbentuknya formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, tiol, hidroksi, fosfat, dan hidroksi karbonil yang berada pada dinding sel miselium jamur.

Tabel 1. Nilai % penyerapan logam Zn

Kode Perlakuan	% Penyerapan Logam Zn		
	U1	U2	U3
PT <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	88.77551020	84.69387755	86.73469388
PT <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	77.55102041	88.77551020	80.61224490
PT <sub>1</sub> W <sub>3</sub>	48.97959184	63.26530612	65.30612245
PT <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	55.10204082	69.3877551	73.46938776
PT <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	27.55102041	29.59183673	51.02040816
PT <sub>2</sub> W <sub>3</sub>	61.22448980	39.79591837	50.00000000
PD1W1	11.42509000	12.5154000	12.73606000
PD1W2	15.53972000	14.79986000	16.57811000
PD1W3	25.50829000	25.93663000	26.83224000
PD2W1	43.35567000	41.64232000	42.23940000
PD2W2	58.11383000	58.52918000	58.99646000
PD2W3	60.93047000	59.41182000	60.26849000

Penyerapan Zn yang dilakukan oleh selulosa, hemiselulosa, dan lignin terjadi melalui mekanisme *metabolism-independent*. Serbuk gergaji kayu merupakan bahan baku penyusun limbah medium tanam *P. ostreatus* yang terdiri dari komponen penyusun kayu berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat menyerap logam. Menurut Sukarta (2008), ion Cr<sup>3+</sup> dapat diadsorpsi oleh serbuk gergaji kayu albasia karena mengandung komponen penyusun kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Menurut Babarinde, *et al.* (2008) dan Igwe dan Abia, (2007), selulosa yang terdapat pada pembungkus jagung dan tongkol jagung dapat menyerap Zn. Lelifajri (2010) menyatakan bahwa kandungan lignin dari limbah serbuk gergaji kayu dapat menyerap ion logam Cu (II) sebesar 99,3%. Yantri (1998) dalam Sukarta (2008) menyatakan bahwa selulosa dan hemiselulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap logam karena gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Adanya gugus OH, pada selulosa dan hemiselulosa menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben. Selulosa dan hemiselulosa lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar. Mekanisme penyerapan yang terjadi antara gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation) merupakan mekanisme pertukaran ion.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah limbah medium tanam *P. ostreatus* mampu menyerap logam Zn pada limbah cair batik serta rasio berat limbah medium : volume limbah batik 1:2 dan waktu inkubasi 48 jam merupakan kombinasi terbaik yang mampu menyerap Zn pada limbah batik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andarani, P dan D. Roosmini. 2009. *Profil pencemaran logam berat (Cu, Cr, dan Zn) pada air permukaan dan sedimen di sekitar industri tekstil PT X (Sungai Cikijing)*. EM-7 : 1-12.
- Babarinde, N.A.A., J.O. Babalola, and O.B. Adebisi. 2008. *Kinetic, isotherm and thermodynamic studies of the biosorption of zinc (II) from solution by maize wrapper*. International Journal of Physical Sciences, Vol 3(2) : 050-055.
- Fachrullah, M.R. 2011. *Laju pertumbuhan mikroalga penghasil biofuel jenis Chlorella sp. dan Nannochloropsis sp. yang dikultivasi menggunakan air limbah hasil penambangan timah di pulau Bangka*. Skripsi (dipublikasikan). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Herlich, K. 1991. *Official Methods of Analysis*. AOAC, Virginia.
- Igwe, J.C and A.A. Abia. 2007. *Adsorption isotherm studies of Cd (II), Pb (II) and Zn (II) ions bioremediation from aqueous solution using unmodified and EDTA-modified maize cob*. Ecl. Quim, Sao Paulo, Vol 32(1) : 33-42.
- Lelifajri, 2010. *Adsorpsi ion logam Cu (II) menggunakan lignin dari limbah serbuk kayu gergaji*. Jurnal Rekayasa kimia dan Lingkungan. Vol 7(3) : 126-129.
- Singh, H. 2006. *Mycoremediation Fungal Bioremediation*. John Wiley & Sons Inc., New Jersey.
- Siddhant and C.S. Singh. 2009. *Recycling of spent oyster mushroom substrate to recover additional value*. Journal of Science, Engineering and Technology, Vol 5(2) : 66-71.
- Suhendrayatna, 2001. *Bioremoval logam berat dengan menggunakan mikroorganisme: suatu kajian kepustakaan*. Institut for Science and Technology Studies (ISTECS9), Chapter-Japan.
- Sukarta, I. N, 2008. *Adsorpsi ion Cr<sup>3+</sup> oleh serbuk gergaji kayu albazia (Albizia falcata): studi pengembangan bahan alternatif penyerap limbah logam berat*. Tesis (tidak dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.

## Preservasi Empat Strain *Nostoc* (Cyanobacteria) Pada Suhu $-80^{\circ}\text{C}$ Dengan Variasi Protektan DMSO 5%, Trehalosa 5%, DMSO+Trehalosa 5% dan Gliserol 5%

**Regy Ineke Ridart, Dian Hendrayanti**

Departemen Biologi, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424  
regy.ineke@sci.ui.ac.id, dian.hendrayanti@ui.ac.id

Preservasi koleksi kultur *Nostoc* dilakukan mengingat *Nostoc* merupakan salah satu mikroalga tanah yang penting dan berguna. Strain *Nostoc* yang digunakan dalam preservasi dengan metode *freezing* adalah CPG8, CPG 24, GIA 13a, TAB7d. Untuk mengatasi efek *freezing* (*cold stress*) pada *Nostoc* dilakukan penambahan protektan terhadap strain *Nostoc* yang akan dipreservasi. Variasi protektan yang digunakan adalah DMSO, Trehalosa, DMSO+Trehalosa dan Gliserol 5%. Morfologi strain *Nostoc* sebelum di preservasi diamati secara makroskopis dan mikroskopis, selanjutnya suspensi sel *Nostoc* dicampur dengan variasi protektan yang telah disiapkan, kemudian di ekuilibrasikan, dan dipreservasi dalam *deep freezer*  $-80^{\circ}\text{C}$ . Strain *Nostoc* dipreservasi selama satu dan tujuh hari. Hasil menunjukkan variasi respon tumbuh strain-strain *Nostoc* setelah dipreservasi. Strain tanpa perlakuan (kontrol) juga dapat tumbuh setelah di preservasi selama satu hari ( $H_1$ ). Hanya strain CPG8 dan CPG 24 yang tumbuh setelah di preservasi selama tujuh hari ( $H_7$ ). Strain TAB7d dan Gia 13a yang dipreservasi dengan DMSO+Trehalosa dan gliserol 5% dapat tumbuh, sedangkan dengan protektan lain tidak. Selisih penambahan diameter koloni yang paling besar terdapat pada preservasi ( $H_1$ ) yaitu strain TAB 7d dengan penambahan protektan trehalosa (7.04 mm), pada  $H_7$  strain CPG 8 tanpa protektan (kontrol) (3.32 mm). Penelitian ini menunjukkan bahwa setiap strain *Nostoc* memiliki respon tumbuh yang berbeda terhadap proses *freezing*, protektan yang digunakan dan lama preservasi.

Kata kunci: *Nostoc*, Preservasi, *Deep Freezing*, Protektan

### PENDAHULUAN

*Nostoc* merupakan salah satu mikroalga tanah yang penting dan berguna (Vaishampayan dkk, 2001). Beberapa penelitian yang dilakukan menyimpulkan bahwa spesies *Nostoc*, seperti *N. commune* di India berpotensi sebagai agen penyubur tanah (*biofertilizer*) karena kemampuannya untuk melakukan fiksasi nitrogen (Nilson dkk, 2005). Fiksasi nitrogen pada *Nostoc* dilakukan oleh sel khusus, yaitu sel heterokis (Sze, 2003). *Nostoc* juga bermanfaat dalam bidang pangan dan kesehatan. Penelitian yang dilakukan oleh Guo membuktikan bahwa salah satu spesies *Nostoc*, yaitu *N. flagelliforme* dapat digunakan sebagai bahan makanan dan obat-obatan oleh masyarakat Cina (Guo dkk, 2000). Penelitian tentang *Nostoc* pernah dilakukan oleh Simanungkalit yang menunjukkan bahwa *Nostoc muscorum* merupakan salah satu mikroorganisme yang terkandung dalam pupuk hayati komersial Indonesia, yaitu E-2001 (Simanungkalit, 2001).

Berdasarkan peranan *Nostoc* yang telah dipaparkan, diperlukan upaya konservasi terhadap *Nostoc*. Salah satu upaya konservasi *Nostoc* adalah dengan cara preservasi. Preservasi mikroorganisme merupakan usaha penyimpanan koleksi mikroorganisme untuk menjaga agar biakan tetap hidup dengan ciri-ciri genetiknya tetap stabil (Anderssen, 2005). Preservasi mikroorganisme dapat dilakukan dengan berbagai metode, yaitu metode subkultur berkala, penyimpanan dalam minyak mineral atau paraffin cair, pengeringan (*drying*), metode kering beku (*freeze drying*), pembekuan (*freezing*) dan kriopreservasi (Thakur, 2009).

*Freezing* adalah metode penyimpanan sel pada suhu rendah. Prinsip metode ini adalah menurunkan suhu sampai cairan di dalam sel membeku sehingga metabolisme sel berhenti. Suhu yang digunakan pada metode *freezing* berkisar antara suhu  $0^{\circ}\text{C}$  pada freezer konvensional sampai dengan  $-196^{\circ}\text{C}$  pada nitrogen cair (kriopreservasi). Kultur yang dipreservasi dengan metode *freezing* memiliki resiko yang lebih kecil terhadap terjadinya kontaminasi dan hilangnya stabilitas genetik (Day & Brand, 2005).

Setiap metode preservasi memerlukan protektan untuk menjamin keberhasilannya, begitupun dengan metode *freezing*. Protektan merupakan senyawa kimia yang berfungsi mengurangi pengaruh mematikan dari proses *freezing*. Protektan meminimalisasi terjadinya kerusakan pada sel pembawa materi genetik selama proses pembekuan, baik berupa efek larutan maupun efek pembentukan kristal-kristal es diluar dan didalam sel. Dengan kata lain, protektan dapat membantu mempertahankan viabilitas sel (Supriatna & Pasaribu, 1992).

Protektan dibedakan atas protektan intraseluler dan ekstraseluler. Protektan intraseluler dapat menembus membran sel sehingga keadaan ekuilibrasikan antara cairan di luar sel dan cairan didalam sel dapat tercapai (Day & Brand, 2005). Contoh protektan intraseluler adalah DMSO dan

Gliserol. Protektan ekstraseluler berperan melindungi membran sel dari bagian luar dengan cara berikatan di atas kepala lipid. Protektan ekstraseluler sulit menembus membran sel karena memiliki ukuran molekul yang relatif besar ( $\geq 340$  dalton). Contoh protektan ekstraseluler adalah polimer seperti gula, trehalosa, sukrosa, polietilen glikol (PEG) (Tambunan & Mariska, 2003).

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui kemampuan tumbuh strain *Nostoc* setelah dipreservasi dalam *deep freezer* ( $-80^{\circ}\text{C}$ ). Selain itu, untuk mengetahui variasi perlakuan protektan terbaik yang dapat digunakan dalam metode *freezing*.

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, ruang kultur alga, Departemen Biologi dan Laboratorium *Center of Excellent (CoE) Indigenous Biological Research-Genome Studies (IBR-GS)* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Mikroorganisme yang digunakan adalah 4 strain *Nostoc* koleksi kultur alga Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Departemen Biologi yang berasal dari Jawa Barat (CPG8 dan CPG24) dan Bali (GIA13a dan TAB7d). Medium yang digunakan dalam penelitian yaitu medium *Blue Green* 11 (BG 11) bebas unsur nitrogen (N), baik cair maupun padat.

Strain *Nostoc* yang akan digunakan dimurnikan terlebih dahulu dan koloni nya diperbanyak dalam medium padat BG11 bebas unsur nitrogen. Biakan diinkubasi selama 15 hari pada suhu  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , pencahayaan berasal dari lampu neon dengan intensitas cahaya 2000 luks ( $600 \text{ mmol/m}^2/\text{s}$ ). Perbanyak jumlah koloni dilakukan dengan cara menginokulasikan 4 strain *Nostoc* yang sudah murni kedalam 4 cawan petri yang berbeda. Pengamatan morfologi strain *Nostoc* secara makroskopis dan mikroskopis menggunakan mikroskop cahaya [Olympus] dengan perbesaran 400x.

Koloni *Nostoc* yang digunakan untuk suspensi sel adalah koloni yang berumur 15 hari dengan kisaran diameter koloni antara 1,3--2.50 mm. Masing-masing strain *Nostoc* diambil sebanyak enam (6) koloni dengan menggunakan jarum tanam bulat (*ose*). Koloni *Nostoc* kemudian dimasukkan kedalam *cryotube* steril berukuran 2 ml yang telah diberi label sesuai dengan strainnya. Medium pelarut protektan yang digunakan adalah BG11 N *free* cair, sebanyak 5 ml larutan masing-masing protektan dimasukkan ke dalam 95 ml medium cair BG 11 N *free*. Medium kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga homogen, maka dihasilkan DMSO, Trehalosa dan Gliserol dengan konsentrasi 5%. Untuk pembuatan protektan ganda, medium dicampur dengan jumlah volume yang sama. *Cryotube* yang telah berisi suspensi sel dan protektan (DMSO 5%, Trehalosa 5%, DMSO+ Trehalosa 5% dan Gliserol 5%) ditutup dan dilapisi dengan parafilm. Kontrol dibuat dengan langkah yang sama tanpa penambahan protektan.

Proses ekuilibrisasi dilakukan dengan cara menyimpan *cryotube* berisi suspensi sel pada suhu ruang selama 15 menit (Mori & Watanabe, 2002). Proses ini bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi protektan sampai memiliki konsentrasi optimum sehingga dapat melindungi sel dari tahap pembekuan (Supriatna & Pasaribu, 1992). Sebelum disimpan dalam *deep freezer*, *storage box* yang telah berisi *cryotube* ditutup. *Storage box* kemudian disimpan dalam *deep freezer* (suhu  $-80^{\circ}\text{C}$ ) selama 1 hari dan 7 hari.

Pencairan (*thawing*) dilakukan dengan merendam *cryotube* ke dalam *water bath* (suhu  $37^{\circ}\text{C}$ ) selama 5 menit atau hingga kristal es terakhir mencair. Seluruh permukaan *cryotube* kemudian dibersihkan dengan menggunakan alkohol 70% untuk meminimalisasi terjadinya kontaminasi. Setelah *thawing*, dilakukan pengamatan morfologi perwakilan sel *Nostoc* untuk mengetahui apakah terjadi kerusakan pada sel akibat proses *freezing*. Pengamatan mikroskopis dilakukan pada perbesaran 400x menggunakan mikroskop cahaya. Sel-sel *Nostoc* yang terlihat diamati dan dicatat karakter morfologinya.

Penyucian suspensi sel setelah *thawing* bertujuan untuk menghilangkan residu protektan DMSO, Trehalosa, Gliserol dan meminimalisasikan resiko paparan DMSO terhadap sel. *Cryotube* yang berisi suspensi sel disentrifugasi dengan mesin sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Supernatan hasil sentrifugasi kemudian dibuang dengan pipet. Sebanyak 1,5 ml medium BG 11 bebas unsur nitrogen (N) yang baru ditambahkan ke dalam tabung yang berisi pelet. Tabung tersebut lalu disentrifugasi kembali. Supernatan hasil sentrifugasi kemudian dibuang. Pekerjaan tersebut diulangi sebanyak 2 kali.

Evaluasi pertumbuhan strain *Nostoc* pasca preservasi dengan menghitung rerata ( $\Sigma$ ) penambahan diameter koloni *Nostoc* setelah ditumbuhkan. Koloni *Nostoc* yang telah dicuci, diambil dari *cryotube* dengan menggunakan jarum tanam tajam steril kemudian ditanam pada



cawan petri berisi medium padat BG11 bebas unsur nitrogen. Pada setiap cawan petri ditanam masing-masing 6 koloni *Nostoc*. Diameter awal koloni sebelum inkubasi ( $H_0$ ) diukur dengan menggunakan *digital caliper* dan kultur diinkubasi selama 15 hari pada suhu  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  pencahayaan cahaya 2000 luks ( $600 \text{ mmol/m}^2/\text{s}$ ). Pengukuran koloni dilakukan setiap tiga hari sekali.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Pengamatan Penambahan Diameter Sel*

Kemampuan tumbuh strain *Nostoc* setelah *freezing* ditandai dengan penambahan diameter koloni *Nostoc*. Berdasarkan penelitian, terdapat perbedaan penambahan diameter koloni pada setiap strain *Nostoc*, baik strain yang di preservasi selama 1 hari maupun 7 hari. Menurut Timotius (Rolling dkk, 1994) pertumbuhan sel ditunjukkan dengan adanya pembelahan sel dan penambahan ukuran sel. Pembelahan sel pada *Nostoc* berarti bertambahnya jumlah sel dalam satu koloni yang mengakibatkan bertambahnya diameter koloni (Tabel 1 dan 2).

Berdasarkan tabel 1 dan 2, selisih penambahan diameter koloni empat strain *Nostoc* berkisar antara 1,64--7,04 mm pada preservasi  $H_1$  dan 0,84--3,32 mm pada preservasi  $H_7$ . Tampak bahwa perbedaan respon tumbuh tersebut dipengaruhi oleh lama waktu penyimpanan terhadap strain *Nostoc*.

Respon tumbuh masing-masing strain yang berbeda terhadap proses *freezing* diduga disebabkan oleh komposisi ketebalan lapisan lendir (*mucilaginous*) pada setiap strain *Nostoc* dan pengaruh jenis protektan yang berbeda (Sharma, 1992). Menurut Huang, dkk (Huang dkk, 2004), lapisan lendir pada cyanobacteria merupakan komponen penting yang dapat melindungi sel dari proses dehidrasi selama *freezing*. Strain *Nostoc* yang memiliki lapisan lendir yang lebih tebal diduga akan mengalami lebih sedikit kerusakan dibandingkan dengan strain *Nostoc* yang memiliki lapisan lendir yang lebih tipis. Strain yang hanya sedikit mengalami kerusakan sel cenderung memiliki kemampuan bertahan (*survival*) yang lebih baik terhadap *freezing*.

Respon tumbuh tercepat strain *Nostoc* setelah dipreservasi pada  $H_1$  ditunjukkan oleh strain TAB7d dengan perlakuan penambahan protektan trehalosa. Pada preservasi  $H_1$ , semua strain dapat ditumbuhkan kembali dan strain dengan perlakuan penambahan protektan menunjukkan diameter pertumbuhan koloni yang lebih besar dibandingkan tanpa penambahan protektan (kontrol).

Tabel 1. Rerata penambahan diameter koloni empat strain *Nostoc* yang dipreservasi selama 1 hari ( $H_1$ ).

Lama Preservasi	Kode Strain	Protektan (5%) dan kontrol	Rerata ( $\Sigma$ ) Diameter koloni (mm)						Selisih diameter koloni (T15-T1)
			T0	T3	T6	T9	T12	T15	
H1	CPG24	DMSO	1.80	2.53	2.89	3.19	3.35	3.44	1.64
		Trehalosa	1.64	2.41	3.05	3.17	3.47	3.62	1.98
		DMSO+ Trehalosa	2.01	2.49	3.27	3.52	3.74	3.85	1.84
		Kontrol	1.82	2.43	2.90	3.30	3.51	3.63	1.81
	CPG8	DMSO	1.80	2.52	2.93	3.31	3.80	4.22	2.42
		Trehalosa	1.99	2.95	3.17	3.95	4.99	5.46	3.47
		DMSO+ Trehalosa	1.97	3.0	3.92	4.45	5.60	6.21	4.24
		Kontrol	1.78	2.76	3.16	3.87	5.06	5.41	3.63
	GIA13a	DMSO	2.38	3.07	3.33	4.15	4.70	5.15	2.77
		Trehalosa	4	5.21	6.35	6.81	7.82	8.12	4.12
		DMSO+ Trehalosa	3.91	5.11	6.32	6.85	7.38	7.99	4.08
		Kontrol	2.97	3.10	3.34	4.87	5.32	5.42	2.45
TAB7d	DMSO	2.12	2.75	3.14	3.23	3.41	3.54	1.42	
	Trehalosa	2.37	3.02	5.29	6.49	8.12	9.41	7.04	
	DMSO+ Trehalosa	2.24	3.13	3.47	3.59	3.67	3.92	1.68	
	Kontrol	2.27	3.1	3.34	3.66	6.52	7.05	4.78	

Pada preservasi  $H_7$ , strain *Nostoc* GIA13a dan TAB7d hanya dapat tumbuh dengan perlakuan protektan ganda (DMSO+Trehalosa 5%). Oleh karena itu, strain tersebut dicoba dipreservasi menggunakan protektan intraseluler gliserol 5%. Respon tumbuh koloni *Nostoc* tercepat pada  $H_7$  ternyata ditunjukkan oleh strain *Nostoc* TAB7d dengan perlakuan protektan Gliserol 5%.

Sementara itu, strain CPG8 memiliki selisih penambahan diameter yang lebih besar dibandingkan strain lain pada semua perlakuan dan kontrol baik pada H<sub>1</sub> maupun H<sub>7</sub>. Kemungkinan kemampuan strain CPG8 untuk bertahan terhadap suhu dingin adalah seperti yang ditunjukkan oleh beberapa strain alga seperti *Chlorella vulgaris* yang dapat bertahan terhadap pembekuan langsung dalam nitrogen cair tanpa menggunakan protektan (Day & Brand, 2005).

Tabel 2. Rerata penambahan diameter koloni empat strain *Nostoc* yang dipreservasi selama 7 hari (H7).

Lama Preservasi	Kode Strain	Protektan (5%) dan kontrol	Rerata ( $\Sigma$ ) Diameter koloni (mm)						Selisih diameter koloni (T15-T1)
			T0	T3	T6	T9	T12	T15	
H7	CPG24	DMSO	2.16	2.66	2.85	3.14	3.25	3.50	0.84
		Trehalosa	2.06	2.83	3.14	3.33	3.46	3.74	1.68
		DMSO+ Trehalosa	2.02	2.54	2.93	3.26	3.41	3.56	1.54
		Kontrol	1.81	2.48	2.74	2.98	3.14	3.40	1.59
	CPG8	DMSO	2.33	2.98	3.55	3.91	4.33	5.31	2.98
		Trehalosa	2.67	3.71	4.46	4.87	5.14	5.82	3.15
		DMSO+ Trehalosa	2.91	3.31	3.73	4.04	4.25	5.01	2.1
		Kontrol	2.70	3.15	3.77	4.29	5.13	6.02	3.32
	GIA13a	DMSO	2.67	3.00	3.46	3.77	4.53	5.36	2.69
		Trehalosa	5.2	-	-	-	-	-	-
		DMSO+ Trehalosa	3.3	3.65	3.90	4.25	5.13	6.38	3.08
		Gliserol	2.41	3.86	3.98	4.11	4.32	4.72	2.31
		Kontrol	4.12	-	-	-	-	-	-
		DMSO	3.1	-	-	-	-	-	-
		Trehalosa	2.98	-	-	-	-	-	-
		Kontrol	4.12	-	-	-	-	-	-
	TAB7d	DMSO+ Trehalosa	2.97	3.20	3.61	3.86	4.84	4.90	1.93
		Gliserol	2.33	2.99	3.32	3.68	4.17	4.66	2.33
		Kontrol	2.85	-	-	-	-	-	-
		Kontrol	2.85	-	-	-	-	-	-

Semua strain *Nostoc* yang diberi perlakuan dengan penambahan protektan DMSO+Trehalosa 5% pada preservasi selama satu hari (H<sub>1</sub>) dan tujuh hari (H<sub>7</sub>) dapat tumbuh setelah *freezing*. Hal tersebut dapat disebabkan karena proteksi ganda dari protektan intraselular DMSO dan protektan ekstraselular Trehalosa. Kombinasi DMSO dan Trehalosa dapat berfungsi selain untuk mencegah terjadinya pembentukan kristal-kristal es, juga mencegah terjadinya penggembungan sel melalui penekanan air masuk ke dalam sel secara berlebih-lebihan (Andersen, 2005). DMSO yang berada di dalam sel dapat mencegah presipitasi dari larutan seperti protein, garam dan dapat melindungi enzim selama proses *freezing* berlangsung (Notman dkk, 2006).

### ***Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis Sel***

Berdasarkan pola tumbuh koloni, keempat strain *Nostoc* dikelompokkan menjadi dua pola, yaitu strain dengan pola tumbuh koloni tidak beraturan atau menyebar (*irregular-shaped*) dan strain dengan pola tumbuh koloni membulat atau menggunung (*spheric-shaped*). Secara detail deskripsi strain *Nostoc* yang telah di preservasi dapat di lihat pada Tabel 2.

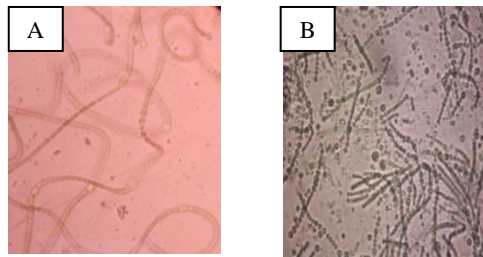
Berdasarkan pengamatan morfologi keempat strain *Nostoc*, karakteristik sel *Nostoc* sesuai dengan deskripsi genus *Nostoc* menurut (Whitton, 2002), Genus *Nostoc* memiliki filamen lurus yang tidak bercabang dan heterokis umumnya terletak diujung filamen (terminal) (Whitton, 2002) Pengamatan mikroskopis empat strain *Nostoc* pada t-15 setelah dipreservasi secara umum memperlihatkan morfologi sel *Nostoc* sama dengan sel *Nostoc* pada t-15 sebelum di preservasi (kultur normal). Sel heterokis berbentuk bulat dan oval serta terletak dibagian terminal dan interkalar filamen.

Hasil pengamatan mikroskopis setelah *thawing* H<sub>1</sub> menunjukkan bahwa sel *Nostoc* strain GIA 13a yang diberi perlakuan dengan penambahan protektan DMSO 5% (gambar 1A) memiliki filamen dengan sel vegetatif tidak terputus. Berbeda dengan (gambar 1B), GIA 13a yang diberi perlakuan dengan penambahan protektan Trehalosa 5% menunjukkan beberapa filamen yang terputus. Sementara itu, hasil pengamatan H<sub>7</sub> untuk strain *Nostoc* GIA13a menunjukkan kerusakan pada selnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa lama preservasi pada *Nostoc* dapat mempengaruhi viabilitas sel.

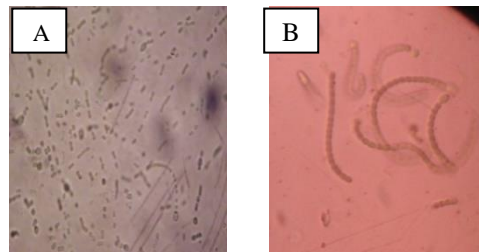
Tabel 3. Deskripsi empat strain *Nostoc*

No	Kode strain	Deskripsi strain	Asal
1	CPG8	Koloni bulat, warna koloni hijau zaitun, tekstur permukaan koloni kasar, pola tumbuh koloni menggunung ( <i>Spheric</i> ), filamen lurus tidak bercabang, sel vegetatif oval, sel heterokis bulat hingga oval, sel akinet oval	Cipagelar, Jawa barat
2	CPG24	Koloni bulat, warna koloni hijau rumput, tekstur permukaan halus koloni, pola tumbuh koloni menyebar ( <i>irregular</i> ), filamen lurus tidak bercabang, sel vegetatif bulat hingga silindris, sel heterokis bulat hingga oval, sel akinet bulat hingga oval	Cipagelar, Jawa Barat
3	GIA13a	Koloni bulat, warna koloni hijau zaitun, tekstur permukaan koloni kasar, pola tumbuh koloni menggunung ( <i>Spheric</i> ), filamen tidak bercabang, sel vegetatif oval dan persegi, sel heterokis oval	Gianyar, Bali
4	TAB7d	Koloni bulat, warna koloni hijau zaitun, tekstur permukaan koloni kasar, pola tumbuh koloni menggunung ( <i>Spheric</i> ), filamen lurus tidak bercabang, sel vegetatif bulat dan oval, sel heterokis oval	Tabanan, Bali

*Cold stress* yang dialami sel *Nostoc* dapat menjadi penyebab beberapa strain yang filamennya terputus-putus. Pembentukan kristal es pada cairan intraseluler dapat menyebabkan kerusakan langsung pada sel dan jaringan (Storey & Storey, 2005).



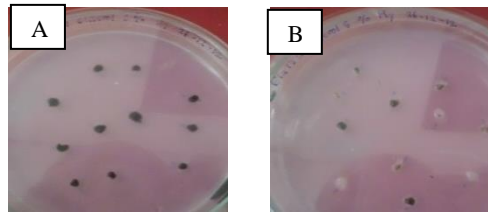
Gambar 1. Pengamatan Mikroskopis setelah thawing H1 strain *Nostoc* GIA13a dengan perlakuan protektan DMSO 5% (a), GIA13a dengan perlakuan protektan Trehalosa 5% (H7) (b). Perbesaran 400x.



Gambar 2. Mikroskopis strain *Nostoc* TAB7d tanpa perlakuan (kontrol) (a) H7, dan CPG8 tanpa perlakuan (kontrol) (b) H7). Perbesaran 400x.

Sementara itu, Strain TAB7d (gambar 2A) dengan tanpa perlakuan (kontrol) menunjukkan filamen sel yang rusak terputus-putus. Berbeda dengan hasil yang ditunjukkan oleh strain CPG8 tanpa perlakuan (kontrol) dapat tumbuh setelah dipreservasi selama 7 hari (H<sub>7</sub>) (gambar 2B). Toleransi terhadap *freezing* tanpa penambahan protektan mungkin saja terjadi mengingat *Nostoc* memiliki beberapa mekanisme dalam menolerir *cold shock* akibat proses *freezing* (Zakhia dkk, 2008).

Dua strain yang tidak tumbuh pada preservasi H<sub>7</sub>, yaitu GIA13a dan TAB7d ternyata berhasil ditumbuhkan kembali setelah *freezing* dengan penambahan protektan gliserol 5%. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap koloni kedua strain tersebut, strain TAB7d menunjukkan respon tumbuh koloni yang lebih baik dibandingkan strain GIA13a. Hal tersebut dapat disebabkan karena karakteristik sel yang dimiliki oleh GIA13a yaitu diselubungi oleh lapisan lendir yang lebih tebal dibandingkan strain TAB7d, sehingga mempersulit protektan untuk penetrasi ke dalam sel.



Gambar 5. Koloni strain *Nostoc* TAB7d (a) dan GIA13a (b) pasca thawing H7 dengan perlakuan penambahan protektan Gliserol 5%.

Gliserol dapat menyerap air pada permukaan protein yang dapat mengakibatkan hidrasi sehingga dapat melindungi protein dari kerusakan. Oleh karena itu, gliserol dapat memperpanjang penyimpanan mikroorganisme (Anderssen, 2005). Selain itu, gliserol memiliki keunggulan mampu mengikat air yang cukup kuat, difusi ke dalam sel cepat, mampu mengubah kristal-kristal es yang besar dan tajam, serta melenturkan membran sel.

### KESIMPULAN

Empat strain *Nostoc* koleksi Kultur Alga Laboratorium Taksonomi Tumbuhan berhasil dipreservasi selama 1 hari dan dapat ditumbuhkan kembali. Hanya strain *Nostoc* CPG8 dan CPG24 yang dapat tumbuh kembali setelah dipreservasi selama 7 hari dengan penambahan semua protektan. Strain GIA13a dan TAB7d hanya dapat tumbuh kembali dengan penambahan protektan DMSO+Trehalosa 5% dan gliserol 5%. Kombinasi protektan DMSO+Trehalosa 5% lebih mendukung pertumbuhan untuk setiap strain. Protektan gliserol 5% terbukti dapat menumbuhkan kembali strain GIA13a dan TAB7d setelah dipreservasi selama 7 hari. Strain CPG8 memiliki kemampuan tumbuh yang lebih baik dibandingkan strain yang lain setelah dipreservasi pada suhu (-80°C) meski tanpa protektan sekalipun.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada DPRM UI selaku pemberi dana hibah penelitian, a.n. DH (No. Kontrak 2172/H2. R12/HKP.05.00/2012). Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Maulida Oktaviani, S.si selaku asisten peneliti riset hibah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, R. A. 2005. *Algal culturing techniques*. Elsevier Inc., Amsterdam: xii+578 hlm.
- Day, J. G. & J. J. Brand. 2005. Cryopreservation methods for maintaining microalga cultures. *Dalam*: Anderson, R. A. (ed.). 2005. *Algal culturing technique*. Elsevier Academic Press, Amsterdam: 165--187.
- Guo, N., I. Puhlev, D.R. Brown, J Mansbridge & F. Levine. 2000. *Trehalose expression confers desiccation tolerance on human cells*. Nature America Incorporation 18: 168--171
- Huang, H., Z. P. Zhong, K. B. Wang, K. Z. Bai, L. B. Li & T. Y. Kuang. 2004. *Isolation and characterization of the cytoplasmic membrane from the terrestrial cyanobacterium Nostoc flagelliforme*. Acta Botanica sinica 46 (10): 1186--1191.
- Mori, F., M. Erata & M. M. Watanabe. 2002. *Cryopreservation of cyanobacteria and green algae in the NIES-collection*. Microbial Culture collection 18: 45--55
- Nilsson, et al. (2005). *Physiological and molecular diversity of feather moss associative N<sub>2</sub>-fixing cyanobacteria*. Journal of Experimental Botany 56 (422): 3121--3127.
- Notman, R. M., M. Nora, B. O., B. O'Malley & J. Anwar. 2006. *Molecular basis for dimethylsulfoxide (DMSO) action on lipid membranes*. Journal of the American Chemical Society 128: 13982--13983
- Röling WFM, Timotius KH, Prasetyo AB, Stouthamer A N & van Verseveld HW. 1994. *Changes in microflora and biochemical composition during the baceman stage of traditional Indonesian kecap (soy sauce) production*. J. Ferment. Bioeng. 77: 62--70
- Sharma, O. P. 1992. *Textbook of algae*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi: xi + 396 hlm.
- Simanulangkit, R.D.M. 2001. *Aplikasi pupuk hayati dan pupuk kimia. Suatu pendekatan terpadu*. Buletin Agrobio 4(2): 56--61
- Storey, K. B. & J. M. Storey. 2005. *Freeze tolerance*. *Dalam*: Gerday, C. & N. Glansdorff. 2005. *Extremophiles: Encyclopedia of life support systems (EOLSS)*. Eolss Publisher, Oxford: 25 hlm
- Supriatna, I & R. H. Pasaribu. 1992. *In vitro fertilisasi: transfer embrio dan pembekuan embrio*. Depdikbud Dirjen Dikti, IPB: 105 hlm.
- Sze, P. 1993. *A biology of the algae*. 2<sup>nd</sup> ed. Wm. C. Brown Publishers, Iowa: ix+259 hlm.

- Tambunan, I. K. & I. Mariska. 2003. *Pemanfaatan teknik kriopreservasi dalam penyimpanan plasma nutfa tanaman*. Buletin Plasma Nutfah 9 (2): 10—18
- Thakur, D. 2009. *In vitro and cryopreservation techniques for conservation of microbial resources*. Newsletter of North East Research Forum 3: 36--43
- Vaishampayan, A., R. P. Shinta, D.P. Hader, T. Dey, a. K. Gupta, U. Bhan & A. L. Rao. 2001. *Cyanobacterial biofertilizers in rice agriculture*. The Botanical Review 67(4): 453—516
- Whitton, B. A. 2002. *Phylum Cyanophyta (Cyanobacteria)*. Dalam John, D. M., B. A. Whitton & A. J. Brook. (eds.). 2002. The freshwater algal flora of British Isles: Identification guide to freshwater and terrestrial algae. Cambridge University Press, New York: 105--109
- Zakhia, F., A. D. Jungblut, A. Taton, W. F. Vincent & A. Wilmotte. 2008. *Cyanobacteria in cold ecosystems*. Dalam: Magestin, R. 2008. Psychrophiles: From biodiversity to biotechnology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 135 hlm.

## Kemampuan *Pleurotus ostreatus*, *Penicillium* sp. dan *Aspergillus* sp. Dalam Menyerap Logam Zn Pada Limbah Cair Batik

Anna Yulita, Sri Lestari, Ratna Stia Dewi

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto  
Email : anna.yulita@gmail.com

Limbah medium tanam jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) masih mengandung miselium jamur, yaitu miselium *P. ostreatus* itu sendiri dan jamur-jamur kontaminannya seperti *Penicillium* sp. dan *Aspergillus* sp. Jamur-jamur tersebut berpotensi menyerap logam Zn yang terdapat pada limbah cair batik. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kemampuan miselium jamur yang diisolasi dari limbah *baglog P. ostreatus* dalam menyerap logam Zn limbah cair batik, dan menentukan jamur yang paling efektif dalam menyerap logam Zn. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 6 perlakuan dan 4 kali pengulangan. Parameter yang diamati yaitu % penyerapan logam Zn dan parameter pendukungnya berupa pengukuran suhu dan pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga jenis jamur yang diisolasi dari limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* mampu menyerap logam Zn limbah cair batik. Jamur yang paling efektif dalam menyerap logam Zn limbah cair batik adalah *Penicillium* sp.

Key words: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *P. ostreatus*, limbah cair batik, penyerapan Zn.

### PENDAHULUAN

Perkembangan industri batik mengalami kemajuan yang cukup pesat sehingga mempunyai nilai positif terhadap perekonomian masyarakat, tetapi kegiatan tersebut juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Industri batik dapat menghasilkan cemaran yang dapat merusak ekosistem, cemaran tersebut berasal dari pewarna yang digunakan. Dominansi penggunaan pewarna pada industri batik adalah pewarna sintetis yang tidak mudah terurai secara alami.

Pembuangan limbah batik ke perairan menimbulkan dampak negatif terhadap organisme-organisme yang terdapat di badan air karena mengandung zat toksik dan dapat masuk ke rantai makanan, serta dapat merusak nilai estetika badan air, berupa perubahan warna air dan bau yang tidak sedap. Kusumawati (2008) mengungkapkan bahwa zat pewarna memiliki toksisitas yang tinggi terhadap mamalia dan organisme air. Pewarna batik juga mengandung logam berat yang bersifat toksik. Sari (2005) menyatakan logam berat yang terdapat dalam limbah batik antara lain Zn, Cd, Cu, dan Cr, kadar logam yang paling tinggi di limbah salah satu industri batik di Banyumas adalah Zn, yaitu sebesar 8,279 mg/L.

Notohadipawiro (1993) dalam Sony (2009) mengungkapkan, logam berat ialah unsur logam dengan berat molekul yang tinggi. Logam berat, dalam kadar rendah pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia. Menurut WHO (2001) dalam Amaria *et al.* (2007), seng merupakan salah satu logam berat esensial yang menjadi bahan pencemar dalam sistem perairan. Seng (II) dalam tubuh tidak terbiodegradasi, sehingga dapat terakumulasi dalam organ-organ manusia. Keracunan seng akan mengakibatkan demam, batuk, muntah-muntah dan sakit kepala. Konsentrasi logam berat harus dikontrol agar dapat memenuhi standar kualitas air (Kim *et al.*, 2005).

Pengolahan limbah cair batik untuk penyerapan Zn dan dekolonisasi dapat menggunakan metode biologi menggunakan teknik biosorpsi menggunakan jamur. Jamur merupakan agen penyerap logam Zn yang mampu mendegradasi komponen warna yang bersifat toksik karena mempunyai kemampuan untuk transformasi, yaitu merubah dari bahan kimia berbahaya pada limbah menjadi bentuk yang kurang atau tidak berbahaya (Awaludin *et al.*, 2001 dan Singh, 2006). Penyerapan logam Zn pada limbah cair batik dapat menggunakan jamur pelapuk putih (*White Rot Fungi*), yaitu jamur yang tergolong Basidiomycetes. Jamur pelapuk putih dapat mendegradasi senyawa-senyawa yang bersifat rekalsitran dari berbagai jenis pewarna (Sathiyamoorthi *et al.*, 2007). *P. ostreatus* merupakan salah satu jenis jamur pelapuk putih yang ditumbuhkan pada *baglog* (medium tanam jamur). Limbah *baglog* yang telah diteliti oleh Romsiyah (2012) dan Wulandari (2013) mampu mendekolorisasi limbah pewarna indigosol *yellow*. Penelitian tersebut juga mengisolasi jamur-jamur kontaminan yang terdapat pada limbah *baglog*, yaitu *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. Jamur-jamur tersebut berpotensi dalam menurunkan kadar logam Zn. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan miselium jamur yang diisolasi dari limbah *baglog P. ostreatus* (*Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., dan *P. ostreatus*) dalam menyerap logam Zn

pada limbah cair batik dan menentukan miselium jamur yang paling efektif dalam menyerap logam Zn pada limbah cair batik.

### BAHAN DAN METODA

Penelitian menggunakan isolat jamur koleksi penelitian sebelumnya, yaitu *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., dan *P. ostreatus*. Isolat jamur diremajakan ke dalam cawan petri yang berisi medium PDA (*Potato Dextrose Agar*), kemudian diinkubasi selama 5 hari pada suhu ruang. Jamur yang telah diremajakan kemudian dikultivasi sebanyak 5 plug (lingkaran isolat jamur yang dibuat dengan bor gabus dengan diameter 5 mm) menggunakan medium PDYB (*Potato Dextrose Yeast Broth*) 100 ml pada setiap unit eksperimen, kemudian diinkubasi menggunakan *shaker orbital* dengan kecepatan 55 rpm pada suhu ruang selama 5 hari.

Limbah cair batik yang digunakan adalah limbah akhir dan limbah indigosol. Limbah cair batik tersebut berasal dari salah satu industri batik di Kecamatan Sokaraja Kabupaten Banyumas. Limbah batik ditempatkan dalam erlenmeyer (250 ml) sebanyak 100 ml untuk setiap unit eksperimen, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 20 menit dengan tekanan 2 atm. Miselium jamur yang telah dikultivasi dipisahkan dari medium kultivasinya. Kemudian limbah cair batik yang telah disterilisasi dimasukkan dalam erlenmeyer berisi miselium jamur tersebut. Mulut erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan dilapisi dengan *wrapper*, kemudian diinkubasi menggunakan *shaker orbital* dengan kecepatan 55 rpm pada suhu ruang selama 8 hari.

Pengukuran kadar Zn diawali dengan proses destruksi logam Zn, yaitu sebanyak 50 ml limbah batik, yaitu sampel limbah tanpa perlakuan miselium (sebelum) dan sampel limbah yang telah diberi perlakuan miselium (sesudah), dipanaskan sampai volumenya kurang dari 20 ml, kemudian ditambahkan 10 ml HNO<sub>3</sub> dan 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Setelah itu dipanaskan lagi sampai volumenya 10 ml. Limbah batik tersebut disaring menggunakan kertas Whatman no. 42 kemudian ditambahkan akuades sampai volumenya mencapai 50 ml (SNI 2004; 06-6992.8-2004). Kemudian dilakukan analisis kandungan logam Zn menggunakan seperangkat alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) dengan tingkat kepekaan 0,003 (Herlich, 1991).

Kadar Zn dihitung menggunakan kurva kalibrasi menggunakan persamaan  $Y = ax + b$ , dengan Y sebagai hasil absorbansi logam Zn dan x sebagai kadar Zn. Persentase penyerapan logam berat Zn dinyatakan dengan :

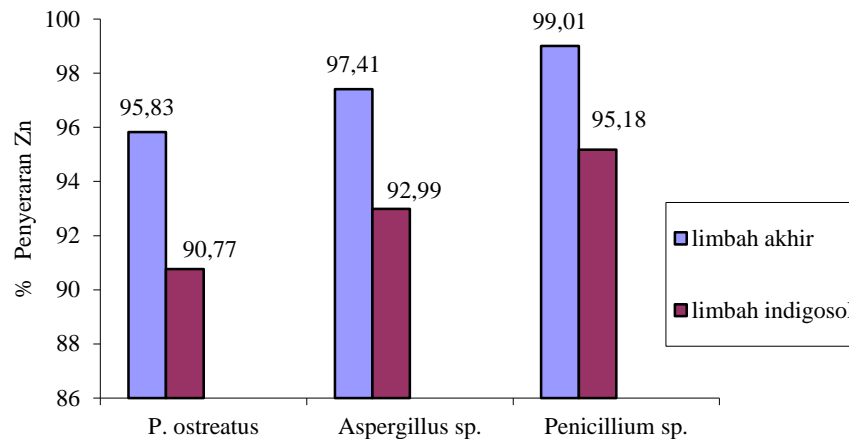
$$\% \text{Penyerapan logam} = \frac{\text{kadar awal} - \text{kadara akhir}}{\text{kadara awal}} \times 100\%$$

Parameter pendukung dalam penelitian meliputi pH dan suhu. pH diukur menggunakan pH meter digital sebelum dan sesudah perlakuan. Sebelum dilakukan pengukuran pH, pH meter dikalibrasi dengan larutan buffer pH (4 dan 9). Elektroda dikeringkan menggunakan *tissue* kemudian dicelupkan ke dalam akuades dan dikeringkan kembali menggunakan *tissue*. Pengukuran pH dilakukan dengan mencelupkan elektroda ke dalam botol perlakuan sampai menunjukkan nilai konstan (SNI 2004; 06-6989.11-2004). Suhu diukur sebelum dan sesudah perlakuan, dengan mencelupkan termometer ke dalam sampel perlakuan selama beberapa menit sampai menunjukkan angka konstan (SNI 2005; 06-6989.23-2005).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kadar Zn pada limbah cair batik setelah perlakuan. Limbah cair batik yang digunakan adalah limbah akhir dan limbah indigosol, sedangkan miselium yang digunakan meliputi miselium *P. ostreatus*, *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp. Kadar Zn limbah cair batik sebelum perlakuan yaitu limbah akhir 11,04 mg/L dan limbah indigosol 8,65 mg/L. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995 tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, baku mutu logam Zn dalam limbah cair industri sebesar 5 mg/L, sehingga kadar Zn pada limbah cair batik tersebut telah melebihi nilai ambang batas. Kadar Zn limbah cair batik setelah perlakuan berkisar antara 0,09-0,8 mg/L.

Persentase penyerapan Zn antara 90,77-99,01%. dengan rata-rata persentase penyerapan Zn sebesar 95,20%. Rata-rata persentase penyerapan Zn tertinggi pada perlakuan limbah akhir yang ditambahkan miselium *Penicillium* sp., yaitu sebesar 99,01%, sedangkan yang terendah pada perlakuan limbah indigosol yang ditambahkan miselium *P. ostreatus*, yaitu sebesar 90,77%. Data rata-rata persentase penyerapan Zn dapat dilihat pada histogram pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram rata-rata persentase penyerapan Zn menggunakan miselium jamur yang diisolasi dari limbah *baglog P. ostreatus*.

Tabel 1. Analisis ragam persentase penyerapan Zn menggunakan miselium jamur yang diisolasi dari limbah *baglog P. ostreatus*

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	333,41	66,68	276,45**	2,81	4,34
Error	17	4,10	0,24			
Total	22	337,51				

Keterangan: \*\* = berbeda sangat nyata.

Berdasarkan hasil analisis ragam (Tabel 1) dapat diketahui bahwa perlakuan penyerapan Zn menggunakan miselium jamur yang diisolasi dari limbah *baglog P. ostreatus* menunjukkan pengaruh yang sangat nyata. Hal tersebut menunjukkan bahwa jenis miselium pada setiap perlakuan mempunyai kemampuan yang berbeda dalam penyerapan Zn. Hasil analisis ragam (uji F) kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan miselium yang diisolasi dari limbah *baglog P. ostreatus* terhadap penyerapan Zn pada limbah cair batik.

Berdasarkan hasil uji BNJ (Tabel 2), penyerapan Zn limbah cair batik pada perlakuan A3 menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap perlakuan A1, A2, B1, B2 dan B3. Hal tersebut ditunjukkan oleh rata-rata persentase penyerapan Zn perlakuan B3 yang memiliki rentang terjauh terhadap perlakuan-perlakuan tersebut. Perlakuan miselium *Penicillium sp.* pada limbah akhir tersebut memiliki nilai rata-rata tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Penicillium sp.* memiliki kemampuan penyerapan Zn yang lebih baik daripada *Aspergillus sp.*, sehingga hipotesis yang kedua ditolak.

Tabel 2. Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pengaruh antar perlakuan miselium yang diisolasi dari limbah *baglog P. ostreatus* terhadap penyerapan Zn pada limbah cair batik

No.	Perlakuan	Rata-rata (%)
1.	limbah akhir dengan miselium <i>P. ostreatus</i> (A1)	95,83 c
2.	limbah akhir dengan miselium <i>Aspergillus sp.</i> (A2)	97,41 b
3.	limbah akhir dengan miselium <i>Penicillium sp.</i> (A3)	99,01 a
4.	limbah indigosol dengan miselium <i>P. ostreatus</i> (B1)	90,77 e
5.	limbah indigosol dengan miselium <i>Aspergillus sp.</i> (B2)	92,99 d
6.	limbah indigosol dengan miselium <i>Penicillium sp.</i> (B3)	95,18 c

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada BNJ 5%

Miselium *Penicillium sp.* secara visual membentuk pelet dengan ukuran yang lebih kecil dari pelet miselium *Aspergillus sp.* dan *P. ostreatus*. Nurhidayati (2007) melaporkan bahwa pelet miselium *Penicillium sp.* berukuran kecil sehingga bidang penyerapan logam Zn semakin luas. *Penicillium sp.* merupakan jamur yang memiliki toleransi yang luas terhadap stress lingkungan. Goyal *et al.* (2008) melaporkan bahwa semakin luas area kontak, semakin banyak situs pengikatan



logam yang tersedia. Miselium yang mempunyai kemampuan menurunkan kadar Zn terendah adalah *P. ostreatus* pada limbah indigosol. Kemampuan *P. ostreatus* dalam penyerapan logam berat juga telah dibuktikan oleh Arbanah *et al.* (2012), *P. ostreatus* mampu menurunkan kadar logam Cr(III), Fe(II), Cu(II), dan Zn(II) dari limbah cair zat kimia yang berasal dari laboratorium.

Singh (2006) mengungkapkan bahwa mekanisme penyerapan Zn oleh jamur dibagi menjadi dua kategori, yaitu independen dan dependen. Independen adalah mekanisme penyerapan Zn yang tidak melibatkan metabolisme, yaitu terjadi pada dinding sel. Menurut Hancock (1996) dan Ahalya (2006) dalam Pikoli dan Sugoro (2009), interaksi antara logam dengan permukaan dinding sel biomassa jamur terjadi dengan kuat. Interaksi tersebut dapat berupa ikatan ionik, kovalen polar, maupun kompleks. Dalam ikatan tersebut protein dan polisakarida berperan sebagai sumber gugus fungsi dalam mengikat ion logam. Mekanisme penyerapan secara dependen merupakan mekanisme yang melibatkan metabolisme, logam yang terserap masuk melintasi membran sel. Transport logam berat melewati membran sel fungi memiliki mekanisme yang sama seperti transport ion-ion logam esensial seperti Ca, Mg dan K.

Menurut Singh (2006), mekanisme pemicu pertahanan jamur untuk mencegah efek buruk dari logam berat adalah pada metabolismenya. Logam berat menyebabkan kerusakan oksidatif protein dengan mengikat residu asam amino dalam enzim. Logam berat juga mempengaruhi kerja enzim ekstraseluler *white rot fungi* pada fase transkripsi dan translasi. Penyerapan Zn oleh miselium berpengaruh terhadap perubahan pH dan suhu. pH sebelum perlakuan pada limbah cair batik berkisar antara 6,15-6,31. Nilai pH setelah perlakuan berkisar antara 5,26-6,84. Griffin (1994) menyatakan bahwa pada kisaran pH 4-7, jamur dapat tumbuh dengan baik. Suhu sebelum perlakuan pada limbah cair batik berkisar antara 26-27 °C. Nilai suhu setelah perlakuan adalah 29 °C. Hasil tersebut menunjukkan kecenderungan penurunan pH dan kenaikan suhu akibat adanya substrat berupa limbah batik. Gandjar *et al.* (2006) mengungkapkan bahwa penguraian substrat menyebabkan pH mengalami penurunan dan suhu meningkat akibat metabolisme fungi.

#### PUSTAKA

- Amaria, R. Agustini, S.E. Cahyaningrum, S.J. Santosa dan Narsito. 2007. Adsorpsi seng (II) menggunakan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang diimmobilisasi pada silika secara sol gel. *Akta Kimindo*, Vol 2 (2) : 63 – 74.
- Arbanah, M., M.R.M. Najwa dan K.H.K. Halim. 2012. Biosorption of Cr(III), Fe(II), Cu(II), Zn(II) ions from liquid laboratory chemical waste by *Pleurotus ostreatus*. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, Vol 1(3): 152-162.
- Awaludin, R., Darah S., Ibrahim C. D and Uyub A. M. 2001. Decolorization of commercially available synthetic dyes by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* ME 446 (ATCC 34541). *Journal Fungi and Bactery*, Vol 62(1): 55-63.
- Gandjar, I., W. Syamsuridzal, A. Oetari. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Goyal, P., P. Sharma, S. Srivastava and M.M. Srivastava. 2008. *Saraca indica* leaf powder for decontamination of pb: removal, recovery, adsorbent characterization and equilibrium modeling. *International Journal of Enviornmental Science and Technology*, Vol 5(1): 27–34.
- Griffin, D.H. 1994. Fungal Physiology Second Edition. Wiley Science Paperbook Series, New York.
- Herlich, K. 1991. Official Methods of Analysis. AOAC, Virginia.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1995. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Kim, T.Y., S. Park, S. Cho, H. Kim, Y. Kang, S. Kim, dan S. Kim. 2005. Adsorption of heavy metal by brewery biomass. *Korean J. Chem. Eng.*, Vol 22 (1) :91-98.
- Kusumawati, N. 2008. Studi Degradasi Zat Pewarna Naftol menggunakan Ferrat (FeO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>. *Inotek*, Vol 12 (1): 1-9.
- Nurhidayati, A. 2007. Kemampuan jamur hasil isolasi limbah tekstil dalam menurunkan kadar logam Zn pada pH media berbeda. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Pikoli, M. R. dan I. Sugoro. 2009. Penyerapan besi (Fe) oleh kultur cair dan lembaran biomassa fungi *Rhizopus* sp. *Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus*, Vol 3C (67–71).
- Romsiyah. 2012. Pengaruh bobot massa limbah medium tanam jamur *Pleurotus ostreatus* terhadap daya dekolonisasi limbah batik. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Sari, I.F. 2005. Biosorpsi seng (Zn<sup>2+</sup>) dari limbah cair batik menggunakan eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms.) dalam skala laboratorium. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

- Sathiyamoorthi, P., S. Periyarselvam, A. Sasikalaveni, K. Murugesan, and P. T. Kalaichelvan. 2007. Decolorization of textile dyes and their effluents using white rot fungi. *African Journal of Biotechnology*, Vol 6 (4): 424-429.
- Singh, H. 2006. *Mycoremediation : Fungal Bioremediation*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- SNI-06-6989.11-2004. 2004. Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-06-6989.23-2005. 2005. Air dan air limbah – Bagian 23: Cara uji suhu dengan termometer. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-06-6992.8-2004. 2004. Sedimen – Bagian 8: Cara uji seng (Zn) secara destruksi asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Badan Standarisasi Nasional.
- Sony, 2009. Penentuan kadar logam seng (Zn) dan tembaga (Cu) dalam air PAM hasil penyaringan *yamaha water purifier* tipe *drinking stand*. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wulandari, F. 2013. Dekolorisasi limbah batik menggunakan limbah medium tanam *Pleurotus ostreatus* pada waktu inkubasi yang berbeda. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

## Fotostabilitas $\beta$ -Karoten di Minyak Kelapa (*Coconut oil*) dan Minyak Olive (*Oleic acid*)

Matheos J. Takaeb<sup>1</sup>, Haryono Semangun<sup>2</sup>, Ferdy S. Rondonowu<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Magister Biologi, <sup>2)</sup> Fakultas Biologi, <sup>3)</sup> Fakultas Sains dan Matematika  
Universitas Kristen Satya Wacana,  
Diponegoro 52-60 Salatiga 50711, 0298-321212  
email: mathewtakaeb@gmail.com, thonny\_trx@yahoo.co.id

Paper melaporkan kestabilan karotenoid dalam minyak VCO dan minyak olive selama iradiasi melalui analisis spektrum serapan cahaya dan degradasi produk. Kedua sampel diuji dengan perlakuan radiasi menggunakan lampu pijar 100 watt pada jarak 5cm dengan intensitas serapan 12.223 lux. Spektrum serapan diukur pada panjang gelombang 350-600 nm sebelum dan sesudah radiasi. Pengukuran menggunakan UV-Vis Spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa  $\beta$ -karoten pada VCO mengalami degradasi dengan laju sebesar 32.1%, sedangkan minyak olive sebesar 24.2% masing-masing pada interval waktu 120 menit.

Kata kunci:  $\beta$ -karoten, VCO, *Olive Oil*, fotostabilitas.

### PENDAHULUAN

Produksi karotenoid pada minyak menarik untuk dipelajari. Karoten memberikan warna kuning pada minyak, dan  $\beta$ -karoten berkontribusi pada stabilitas dan nilai gizi dari minyak. Minyak yang digunakan dalam kegiatan sehari-hari berperan penting untuk kesehatan. Hal ini dikarenakan karotenoid dan  $\beta$ -karoten merupakan senyawa yang berperan penting dalam melawan radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh. Selain itu, kedua senyawa ini memainkan peran penting dalam minyak. Diketahui bahwa tanaman yang menghasilkan minyak adalah salah satu sumber terbanyak karotenoid. Namun, beberapa tanaman diketahui tidak memiliki kandungan karotenoid, akan tetapi menghasilkan minyak dalam jumlah yang banyak. Sebagai contoh, kelapa (*Cocos nucifera*) menghasilkan minyak dalam jumlah yang banyak, akan tetapi tidak memiliki kandungan karoten dalam minyaknya.

Analisis mengenai kerusakan minyak yang diakibatkan oleh cahaya dapat dilakukan dengan menggunakan minyak kelapa dan minyak olive (*oleic acid*). Pada penelitian ini akan dilakukan penambahan  $\beta$ -karoten sebagai protektif cahaya terhadap minyak. Dengan jumlah konsentrasi yang diberikan dan melalui pola penyinaran dapat diketahui apakah cahaya mempengaruhi stabilitas  $\beta$ -karoten pada minyak kelapa (*coconut oil* dan *olive oil*).

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan April-Juli 2013 di laboratorium karotenoid dan antioksidan Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Bahan yang digunakan adalah minyak VCO dan minyak olive. Pelarut yang digunakan adalah aseton.

#### *Iradiasi Karotenoid, Minyak VCO dan Olive*

Uji fotostabilitas dilakukan dengan dilarutkannya 5 ml minyak kelapa murni (*coconut oil*) yang sebelumnya telah dicampurkan dengan  $\beta$ -karoten. Sampel yang telah tercampur dimasukkan ke dalam tabung reaksi berulir agar menghindari oksidasi dari minyak. Iradiasi menggunakan bola lampu (putih) 100 watt bermerek Panasonic dengan intensitas 12223 lux pada jarak 5 cm. Seri radiasi selama 2 jam dengan rentang 5-15, 20-30, 35-45, 50-60, 65-75, 80-90, 95-105, dan 110-120 menit. Untuk uji fotostabilitas dari minyak olive, percobaan dilakukan secara bersamaan.

#### *Pola Spektra dan Analisa Data*

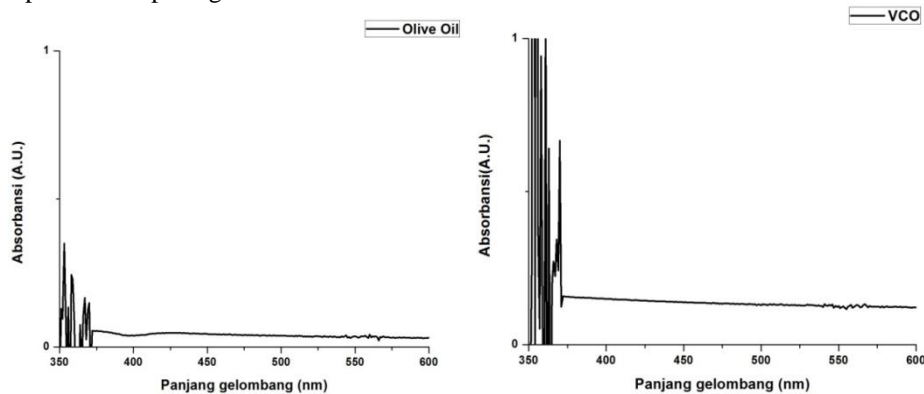
Pola spektra diukur pada panjang gelombang 300-600 nm sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan UV-Vis Spektrofotometer. Data kandungan pigmen dianalisis secara deskriptif dengan program Origin 8 dan Matlab 7.9.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

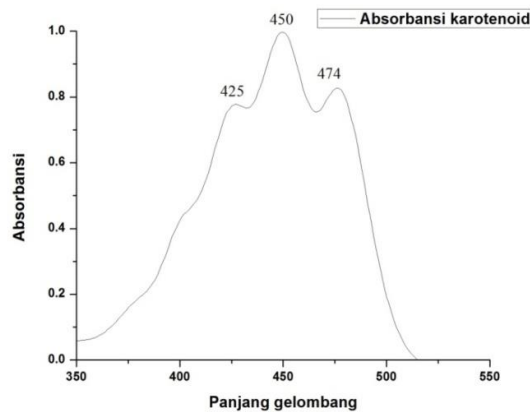
#### *Pola spektra VCO, minyak olive dan $\beta$ -karoten*

Komposisi senyawa karotenoid yang dikandung oleh kedua varian, yaitu minyak kelapa (VCO) dan minyak olive dapat di analisis dengan melihat pola spektra awal yang tampak pada gambar 1. Berdasarkan hasil tersebut, tampak bahwa kedua varian, yaitu minyak VCO dan minyak

olive tidak terdapat karotenoid. Kedua varian tersebut memiliki komposisi lemak yang dapat terbaca pada panjang gelombang 550nm. Standar pola spektra  $\beta$ -karoten di isolasi dalam aseton diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 1. Kontrol awal sebelum perlakuan. Minyak VCO dan Olive menunjukkan tidak adanya transmisi pola karotenoid pada panjang gelombang 350 nm sampai 600 nm



Gambar 2. Pola spektra  $\beta$ -karoten yang di isolasi dalam aseton sebagai standar

#### ***Analisis pola spektra karotenoid di minyak VCO.***

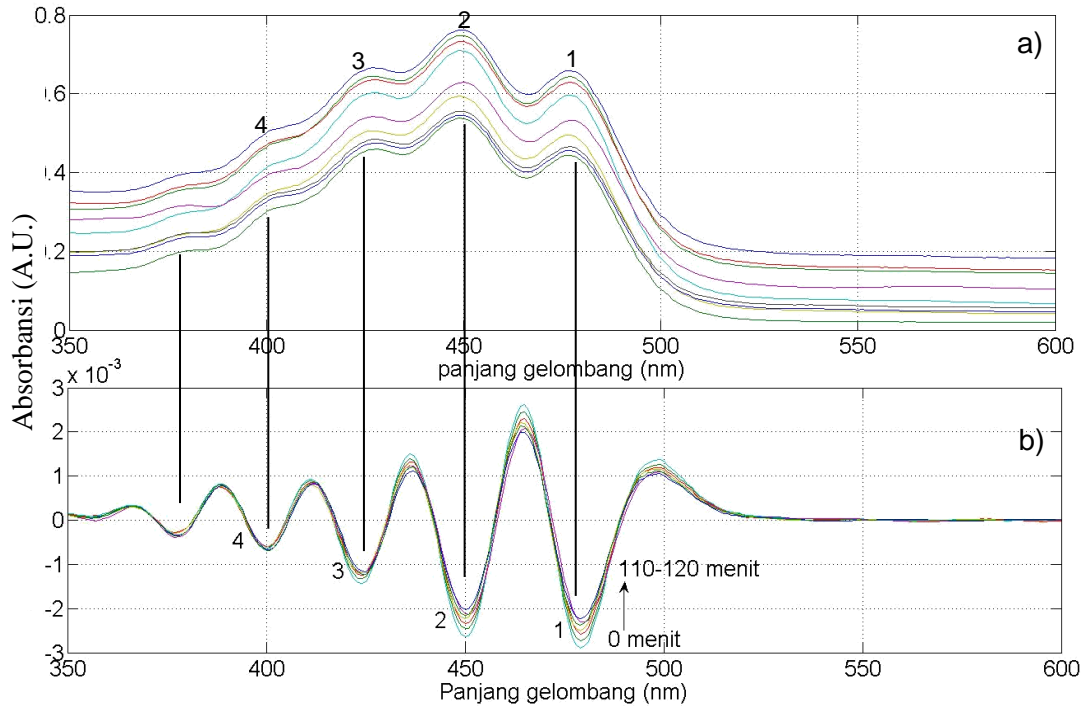
Pengaruh radiasi terhadap karoten dalam minyak VCO dengan intensitas 12223 lux selama 2 jam dengan jarak 5 cm menyebabkan hilangnya karoten yang ditandai dengan penurunan absorbansi pada panjang gelombang 450 nm. Pada puncak 1 sampai 4 mengalami penurunan intensitas serapan yang disebabkan oleh lamanya waktu penyinaran (gambar 3).

#### ***Analisis pola spektra karotenoid di minyak olive***

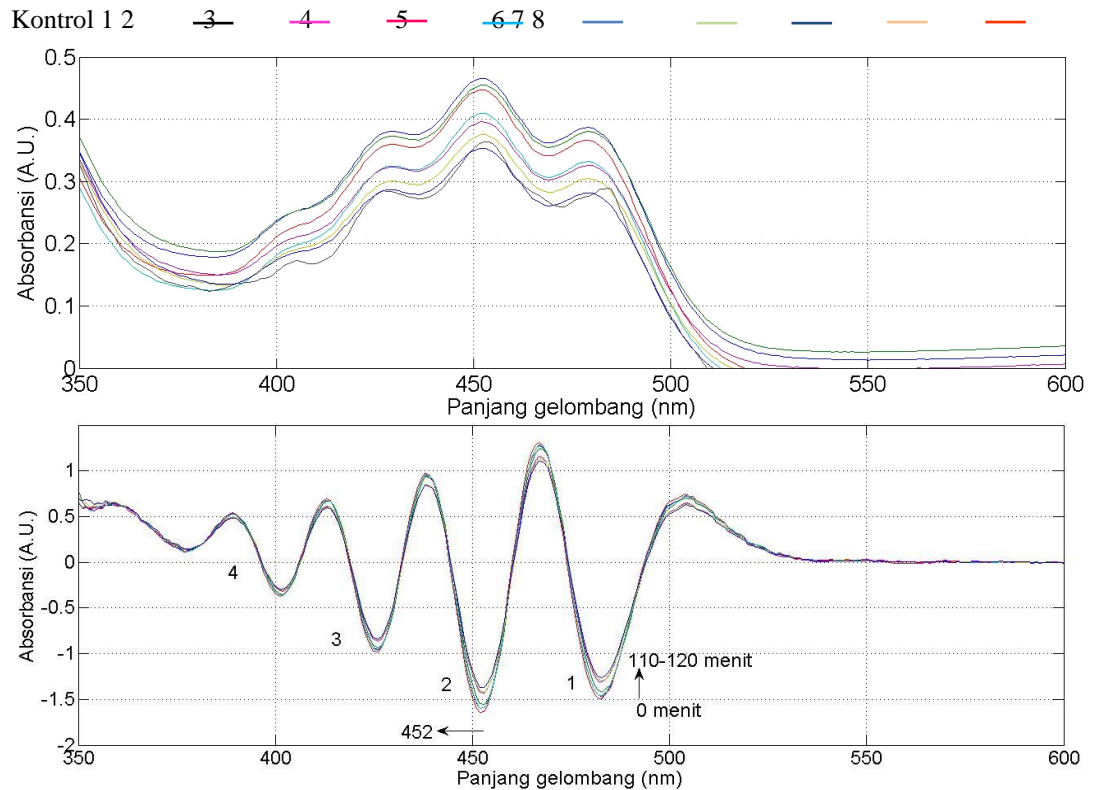
Setelah diradiasi selama 5-15 menit pertama, 20-30, dan 80-90 menit belum mengalami pergeseran, 95-105 menit, dan 110-120 menit terjadi pergeseran serapan maksimum panjang gelombang secara berturut-turut untuk varian 7 dan 8, dari 454 nm ke 452 nm yang diperlihatkan pada gambar 4.

Penyebab menurunnya kandungan karotenoid selama proses fotostabilitas adalah terpaparnya sampel karotenoid oleh cahaya dalam waktu yang lama. Panjang gelombang cahaya pendek mengakibatkan terjadinya degradasi pada  $\beta$ -karoten menjadi lebih cepat (Onsekizoglu dkk. 2004).

Degradasi karoten dalam minyak VCO terlihat pada pola orde pertama perlakuan 5-15 menit (5.6%), 20-30 menit (7.5%), 35-45 menit (10.5%), 50-60 menit (20.7%), 65-75 menit (25.1%), 80-90 menit (29.9%), 95-105 menit (29.9%), dan 110-120 menit (32.1%). Adapun untuk minyak olive 5-15 menit (0%), 20-30 menit (2.4%), 35-45 menit (3.9%), 50-60 menit (12.0%), 65-75 menit (15.0%), 80-90 menit (19.5%), 95-105 menit (22.0%), dan 110-120 menit (24.2%). Berdasarkan waktu hidup (*life time*), karoten dalam minyak olive mengalami degradasi lebih lambat dari sampel minyak VCO.



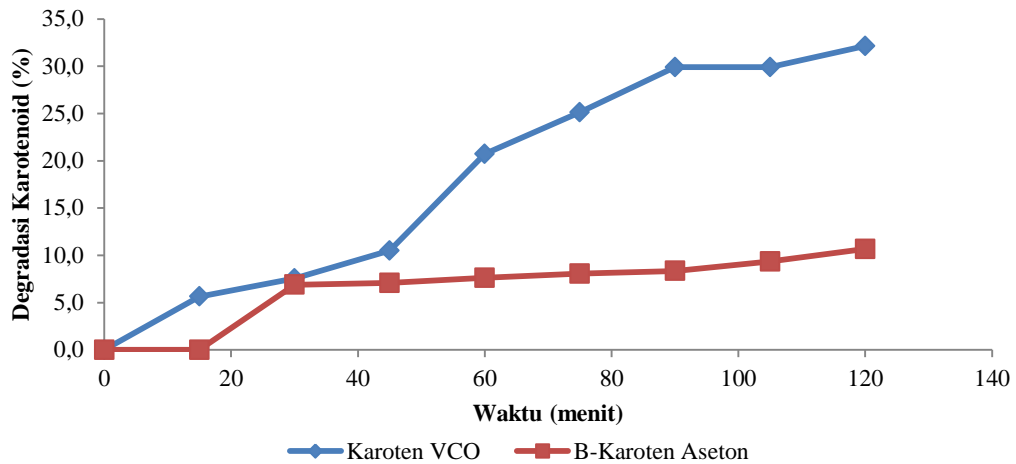
Gambar 3. Pola spektra awal. (a) grafik *second derivatif*, (b) hasil perbedaan spektra selama fotostabilitas karotenoid di minyak VCO setelah diradiasi dengan intensitas cahaya 12223 lux selama 2 jam dengan rentang waktu 5-15, 20-30, 35-45, 50-60, 65-75, 80-90, 95-105, dan 110-120 menit.



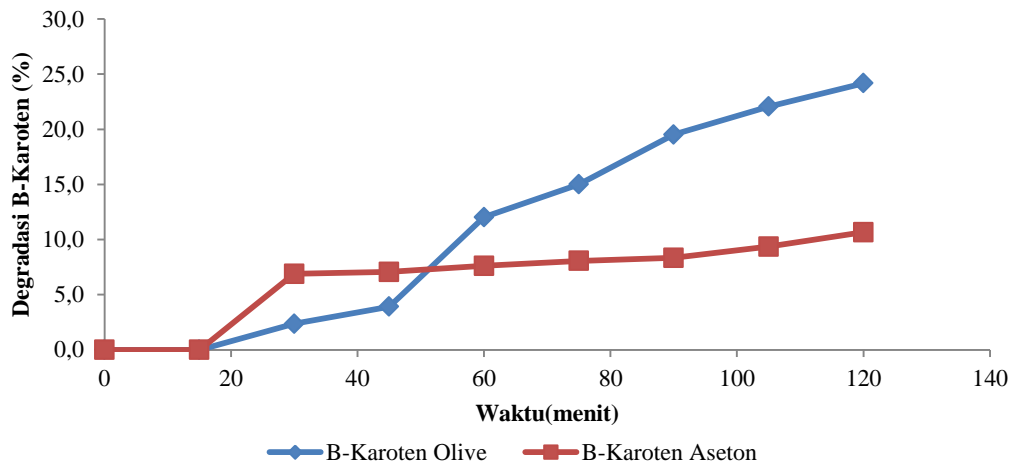
Gambar 4. Pola spektra dan hasil fotostabilitas karotenoid di minyak olive dengan rentang waktu 5-15, 20-30 dan 110-120 menit. Tampak beberapa varian tidak dimunculkan dalam skala grafik yang diturunkan menjadi *second derivate*. Diakibatkan karotenoid terdegradasi.

Kontrol 1 2 3 4 5 6-7 8

**Penurunan kandungan karotenoid total**



Gambar 5. Pengaruh iradiasi dan degradasi  $\beta$ -karoten dalam minyak VCO



Gambar 6. Pengaruh iradiasi dan degradasi  $\beta$ -karoten dalam minyak olive

### KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan pengaruh lamanya waktu pencahayaan terhadap stabilitas  $\beta$ -karoten pada minyak VCO dan minyak olive, dimana  $\beta$ -karoten mengalami degradasi pada awal menit pertama setelah terpapar cahaya dengan intensitas serapan 12223 lux pada jarak 5 cm. Degradasi kedua juga dianalisis sebagai pengaruh minyak terhadap kestabilan  $\beta$ -karoten yang mengakibatkan teroksidasinya lemak yang bersamaan dengan karotenoid.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Matheos J. Takaeb mengucapkan terima kasih kepada departemen pendidikan nasional RI yang telah menyediakan dana pendidikan dalam bentuk beasiswa unggulan. Penulis haturkan juga kepada Prof. Haryono Semangun, dan Prof. Ferdy Rondonowu selaku pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan ini.

### DAFTAR PUSTAKA

Onsekizog˘lu.P,G-kmen V., Acar J., 2004. Degradation of  $\beta$ -carotene with the effects of light and sulfur dioxide may be responsible for the formation of white spot in dried apricots. *J. Eur Food Res Technol* (2005) 221:357–360

## Aktivitas Nitrifikasi *Agrobacterium tumefaciens* N1 Asal Sedimen Tambak Udang di Daerah Karawang, Jawa Barat

**Nina Hermayani Sadi, Tri Widiyanto, M. Badjoeri**

*Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Jl. Raya Bogor Km 46 Cibinong Bogor 16911*

*Email: nina@limnologi.lipi.go.id*

Perbaikan kualitas air tambak udang dapat dilakukan melalui pendekatan bioremediasi dengan menggunakan bakteri indigenus sebagai agen bioremediasi. Salah satu kelompok bakteri yang dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi adalah bakteri nitrifikasi karena mampu menyisihkan senyawa toksik ammonium dan nitrit dari perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri nitrifikasi potensial dari sedimen tambak udang yang diambil dari daerah Karawang, Jawa Barat. Dari penelitian ini diperoleh satu isolate unggul, yaitu isolat N1, untuk dijadikan agen bioremediasi karena mampu menyisihkan 62,72% senyawa ammonium dari medium uji dalam waktu 48 jam. Hasil identifikasi dengan menggunakan analisis sekuens dari gen 16S rRNA menunjukkan bahwa isolat N1 memiliki kemiripan maksimum 99% dengan isolate bakteri *Agrobacterium tumefaciens* strain IAM 12048.

Kata kunci: tambak udang, kualitas air, bioremediasi, bakteri nitrifikasi, *Agrobacterium tumefaciens*

## Daya Hambat Bakteriosin *Pseudomonas* (*Pseudomonasin*) Terhadap Pertumbuhan Beberapa Kapang Patogen Secara Invitro

Sukanto, Endang Sri Purwati dan Purnomowati

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto  
E-mail: kantomeplus@yahoo.com

Suatu percobaan in-vitro yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya dan efektifitas hambatan pertumbuhan bakteriosin supernatan kultur *Pseudomonas* (*Pseudomonasin*) dan ekstrak metanolnya terhadap beberapa kapang patogen secara invitro telah dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi UNSOED pada bulan April-Juni 2013. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental menggunakan rancangan dasar RAL pola faktorial (2x4x3). Sebagai faktor I Bakteriosin pseudomonas yang terdiri atas 2 level dan kapang patogen (4 tipe) sehingga ada 24 unit percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: *Pseudomonasin* Supernatan dan Ekst. Methanolnya pada pengenceran  $10^{-2}$  (setara dg 2 µg/ml) keduanya berefek menghambat pertumbuhan kapang patogen sebesar 47.1 - 65.5%. Efektifitas hambatan Ekst. Methanol bakteriosin lebih tinggi (60,05%) dari efek Spn bebas sel (52.48%). Daya Hambat bakteriosin Ekst. Methanol dari yang tertinggi yaitu 65% pd *Sclerotium*, 61,4% pd *Fusarium*, 57,6% pd *Helminthosporium* dan 55,7% pd *Rhizoctonia*. Sedang *Pseudomonasin* Spn bebas sel adalah 57.92% pada *Helminthosporium*, 57.5% pd *Sclerotium*, 47.4% pd *Rhizoctonia* dan 47.1% pada *Fusarium*.

Kata kunci: daya hambat, bakteriosin , pseudomonasin, supernatan, invitro

### PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris beriklim tropis dengan kondisi tanah yang subur memungkinkan berbagai jenis tanaman pertanian mudah di kembang tanamkan. Adanya sikap budaya masyarakat petani yang bila berhasil dalam usaha pertaniannya, serempak diikuti para petani lain mengikuti jejaknya tanpa menghiraukan kondisi iklim, rotasi (pergantian jenis tanaman) saat itu. Kondisi di atas memungkinkan tumbuh dan berkembangnya hama dan penyakit bagi jenis tanaman yang diusahakan. Faktor penyebab kerusakan tanaman pertanian dipengaruhi oleh cara pengelolaan dan pengolahan lahan, tingkat kesuburan tanah, iklim, ketepatan bibit/jenis tanaman, hama dan penyakit tanaman pertanian.

Beberapa jenis Kapang, Bakteri dan Virus dikenal sebagai penyebab penyakit tanaman. Beberapa jenis kapang penyebab penyakit tanaman diantaranya: *Fusarium* sp (penyebab *damping-off* dan *layu pembuluh*), *Helminthosporium* sp (penyebab penyakit hawar daun (leaf blight/becak daun) (Ramlan *et al.*, 1985), *Rhizoctonia solani* (bercak daun berlendir dan busuk umbi), dan *Sclerotium rolfsii* sebagai penyebab penyakit busuk batang (Sudjono, 1986 ). Pengendalian serangan penyebab penyakit tanaman dapat dilakukan secara fisika ,kimia dan biologi. Secara kimiawi dengan penggunaan antifungi sintetis yang menimbulkan cemaran akibat akumulasi residu kimiawi dilingkungan dan dapat menyebabkan timbulnya resistensi patogen sehingga sulit ditanggulangi . Secara biologis dapat dilakukan dengan cara mencari agen antagonis terhadap jenis patogen tanaman yang bersangkutan. Mengingat Banyumas dikenal sejak dahulu kala hingga kini sebagai sumber *Pseudomonas cocovenenans* yang diketahui mampu menghasilkan racun bongkrek. Peneliti terdorong berupaya mendapatkan substansi produk metabolit kelompok bakteri tersebut sebagai alternatif potensi dalam menghambat pertumbuhan kapang patogen dimaksud. Toksin marga *Pseudomonas* dikenal sebagai *pseudomonasin* (Pelzar, 2006)

Berdasarkan uraian di atas disusun perumusan masalah sebagai berikut: Apakah *Pseudomonasin* berefek menghambat pertumbuhan beberapa kapang patogen tumbuhan ; Berapa persentase hambatan *Pseudomonasin* terhadap masing-masing kapang uji; Seberapa besar efektifitas *Pseudomonasin* terhadap masing-masing kapang uji.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui : Efek hambatan *Pseudomonasin* terhadap pertumbuhan beberapa kapang patogen tumbuhan; Persentase hambatan *Pseudomonasin* terhadap masing-masing kapang uji; Efektifitas daya hambat *Pseudomonasin* terhadap masing-masing kapang uji.

### MATERI DAN METODE

#### Materi

Isolat *Pseudomonas* dari berbagai sampel tanah dan air di wilayah Banyumas; Kultur berbagai tipe isolat *Pseudomonas* dalam medium NB; Bakteriosin Supernatan bebas sel sbg *Pseudomonasin* (A); Ekstrak methanol bakteriosin sbg *Pseudomonasin* (B); Medium PDA; Kultur stok *Fusarium* sp, *Helminthosporium* sp, *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfsii*



### ***Metode penelitian***

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental menggunakan rancangan dasar RAL pola faktorial. Sebagai faktor I Pseudomonasin yang terdiri atas 2 level ( tanpa dan dengan ekstraksi methanol), sedangkan faktor II adalah 4 jenis kapang patogen , masing-masing kombinasi perlakuan diulang 3 kali sehingga ada 24 unit percobaan.

### ***Cara Kerja***

(1) Produksi Pseudomonasin dalam NB, (2) Ekstraksi pseudomonasin menggunakan Methanol, (3) Uji daya hambat pseudomonasin terhadap masing2 pertumbuhan kapang patogen uji (modifikasi Wheels, M.L. & SW.P. Segel. 1979 ), (4) Pengamatan daya hambat pertumbuhan pada masing-masing kapang uji .

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengamatan sebagian hasil kultur campur isolat Pseudomonas dari lingkungan tanah dan perairan wilayah Banyumas dalam NB pada kondisi suhu kamar selama 3 hari setelah dilakukan sentrifugasi dan filtrasi menggunakan Zartorius membran filter dengan porositas mes berukuran 0,22 mm dilanjutkan uji spread pada lempeng agar nutrient dan inkubasi selama (1-2)x 24 jam suhu kamar, menunjukkan tidak adanya pertumbuhan koloni. Hal itu berarti supernatan benar-benar diharapkan mengandung pseudomonasin bebas sel.

Sebagian hasil kultur campur Pseudomonas di Ekstraksi menggunakan methanol untuk menghasilkan pseudomonasin ekstrak methanol. Hasil uji daya hambat kedua jenis pseudomonasin tersebut terhadap respon pertumbuhan beberapa kapang patogen, menunjukkan adanya pengaruh hambatan yang signifikan dari pseudomonasin ekstrak methanol dibanding pseudomonasin dalam supernatan. Rendahnya daya hambat pseudomonasin dari supernatan tersebut dikarenakan masih tercampur dengan berbagai substansi sisa nutrient, air, mineral dll. yang ada dalam supernatan bebas sel tersebut. Menurut (Fardiaz, S., 1993) bahwa toksisitas suatu toksin dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya tingkat kemurnian, konsentrasi, kelarutan, kondisi lingkungan dan waktu kontak.

Derajat hambatan antar masing2 pertumbuhan kapang patogen uji oleh pengaruh pseudomonasin menunjukkan adanya pengaruh hambatan yang nyata lebih besar dari ekstrak methanol dibanding supernatan bebas sel. Keadaan ini disebabkan adanya pseudomonasin dalam supernatan media kultur dalam bentuk tercampur berbagai komponen yang terdapat di dalamnya. Selanjutnya adanya nutrisi, mineral dan vitamin dapat berefek menurunkan daya toksisitas zat racun. Dengan kata lain bahwa pseudomonasin ekstrak ethanol memiliki tingkat kemurnian yang lebih tinggi . Menurut Flick, MR (1978) bahwa derajat kemurnian suatu toksin berpengaruh meningkatkan reaktivitas daya hambatnya. Diinformasikan pula bahwa pada kelompok Pseudomonas menghasilkan piosianin yaitu suatu substansi berwarna yang bersifat larut dalam kloroform dan air, serta mempunyai aktivitas antimikrobia. Selain itu juga ada yang menghasilkan fluoresein sebagai suatu substansi bersifat fluoresen kehijauan yang larut dalam air dan tak larut dalam kloroform. Pengamatan daya hambat pertumbuhan antar masing-masing kapang patogen yang diuji dari pemberian pseudomonasin tidak menunjukkan perbedaan hambatan. Data hasil pada disajikan pada tabel 1, 2, 3, dan 4.

Tabel 1. Pengaruh Pseudomonasin Spn thd kp patogen

No	Jns. Kp Patogen	ulangan	Pertum tanpa Pseudomonasin	Pertbh pada pseudomonasin	Hambatan pertbh	Daya hambt pertbh	Jml Dyh & rataannya (%)
			Po (mm)	Ph (mm)	Po-Ph (mm)	Po-Ph/PoX100%	
1	Fusarium	1	7	3	4	57.142	
		2	8	5	3	37.500	
		3	7.5	4	3.5	46.666	141.2% 47.06%
2	Helmintosporium	1	16	7	8	56.25	
		2	25mm	10mm		60,00	
		3	20mm	8.5mm		57,500	173.75 57.92%
3	<i>Rhizoctonia solani</i>	1	3mm			57,142	
		2	5mm			37,500	
		3	7.5	4	3.5	46,666	141.31 47.41%
4	<i>Sclerotium rolfsii</i>	25mm	10mm			60,000	
		27mm	12mm			55,555	
		26mm	11mm			57,692	173.247 57.479

Tabel 2. Pengaruh Pseudomonasin Ext Methanol thd kp patogen

No	Jns. Kp Patogen	ulangan	Pertum tanpa Pseudimona sin	Pertbh pada pseudomonasin	Hambatan pertbh	Daya hambt pertbh	Jml Dyh & rataannya (%)
			Po (mm)	Ph (mm)	Po-Ph (mm)	Po-Ph/PoX100%	
1	Fusarium	1	17	5	12	70.588	
		2	20	7	13	45,882	
		3	18.5	6	12.5	67,567	184.0 61.35%
2	Helmintosporium	1	20	10		50,000	
		2	28	10		64,285	
		3	24	10		58,333	172.585 57.53%
3	<i>Rhizoctonia solani</i>	1	9mm	4mm	5	55,555	
		2	9mm	4mm	5	55,555	
		3	9.3mm	4.1mm	5.2	55,913	167.1 55.67%
4	<i>Sclerotium rolfsii</i>	1	30mm	10mm	20	66,667	
		2	28mm	10mm	18	64,285	
		3	29mm	10mm	19	65,517	196.469 65.5%

Tabel: 3. ANOVA Daya Hambat Ekstrak Pseudomonas Terhadap Pertumbuhan Kapang Patogen Uji

Source	Type Iii Sum Of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	856.774a	7			
Intercept	75901.954	1	122.396		
Ekstrak	341.230	1	75901.954	2.245	.086
Kapang	352.486	3	341.230	1.392e3	.000
Ekstrak*Kapang	163.058	3	117.495	6.258	.024
Error	872.489	16	54.353	2.155	.133
Total	77631.218	24	54.531	.997	.420
Corrected Total	1729.263	23			

A R Squared = ,495 (Adjusted R Squared = ,275)

Tabel: 4. LSD Uji Rata-Rata Respon Hambatan Pertumbuhan Antar Kapang Patogen Oleh Adanya Pseudomonasin

(I) Kapang	(J) Kapang	Mean Deference (I-J)	Std Error	Sig.	95% confidence interval	
					Lower bound	Upper Bound
Fusarium	Helminthos	.3.5063	4.26343	.423	-12.5444	5.5317
	Rhizoctonia	2.8350	4.26343	.516	-6.2031	11.8731
	Sclerotium	-7.3947	4.26343	.102	-16.4327	1.6434
Helminthosporium	Fusarium	3.5063	4.26343	.423	-5.5317	12.5444
	Rhizoctonia	6.3413	4.26343	.156	-2.6967	15.3794
	Sclerotium	-3.8883	4.26343	.375	-12.9264	5.1497
Rhizoctonia	Fusarium	-2.8350	4.26343	.516	-11.8731	6.2031
	Helmintos	-6.3413	4.26343	.156	-15.3794	2.6967
	Sclerotium	-10.2297	4.26343	.029	-19.2677	-1.1916
Sclerotium	Fusarium	7.3947	4.26343	.102	-1.6434	16.4327
	Helminthos	3.8883	4.26343	.375	-5.1497	12.9264
	rhizoctonia	10.2297	4.26343	.029	1.1916	10.2677

Based on observed means. The error term is Mean Square(Error)=54,531. \*The mean dfference is significant at the ,05 level.



Gambar 3. Uji daya hambat eks Pseudomonas pd kp patogen uji

### KESIMPULAN

Pseudomonasin Supernatan dan Ekst. Methanol pada pengenceran  $10^{-2}$  (setara dg 2  $\mu\text{g/ml}$ ) keduanya berefek menghambat pertumbuhan kapang patogen antara 47.1 – 65.5%.

Efektifitas hambatan pseudomonasin Ekst. Methanol lebih tinggi dari pseudomonasin Spn bebas sel terhadap pertumbuhan kapang patogen (masing-masing adalah 60,05% dan 52.48%).

Daya Hambat Pseudomonasin Ekst. Methanol terhadap kapang patogen yaitu 65% pd *Sclerotium*, 61,4% pd *Fusarium*, 57,6% pd *Helminthosporium* dan 55,7% pd *Rhizoctonia*. Sedang Pseudomonasin Spn adalah 57.92% pada *Helminthosporium*, 57.5% pd *Sclerotium*, 47.4% pd *Rhizoctonia* dan 47.1% pada *Fusarium*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Flick MR, Chiff LE. 1978. Pseudomonas Bactermia: review of 108 Lysate Test., J. Med 298:607
- Jones RJ. 1978. An Others Low Mortality in Burned Patients in Pseudomonadae vaccine trial Lancet 2:401
- Ramlan, Hartini, Masdiar Bustaman, M. Herman, M.A. Rifai (1985). Beberapa Penyakit Tanaman Pangan: Padi dan Palawija. Pus. Pen. Pengemb. Tan. Pangan. 51 hlm.
- Sudjono, M.S. 1986. Uji resistensi Terigu terhadap penyakit Utama. Seminar hasil penelitian Tan. Pangan, jilid I, Palawija. Sukamandi, Jan. 1986: 40-45
- Suryadi Y. (1989). Pengaruh tingkat inokulum Pseudomonas syringae *pv.glycinea* pada perkembangan penyakit hawar kedele. Kongr. Nas. X PFI, Denpasar, Nov.. 1989: 126-129.
- Wheels, M.L. & SW.P. Segel. 1979. Laboratory Manual Introduction to the Microbial World. Prentice Hall Inc, New York.

# Produksi Bioplastik Poli- $\beta$ -Hidroksibutirat Oleh Bakteri Amilolitik Yang Diisolasi Dari Tepung Sagu Basah Menggunakan Berbagai Macam Substrat Pati

Nur Arfa Yanti

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Haluoleo  
e-mail : arfayanti73@yahoo.com

Dua isolat bakteri amilolitik yang diisolasi dari tepung sagu basah diuji kemampuannya memproduksi bahan baku bioplastik poli- $\beta$ -hidroksibutirat (PHB) dari berbagai macam substrat pati yaitu pati sagu, pati singkong, pati garut dan pati ganyong sebagai sumber karbon. Kedua isolat bakteri amilolitik diidentifikasi berdasarkan karakteristik morfologi, kultural dan biokimianya. Produksi PHB dilakukan menggunakan media sintetik (media Ramsay) dengan berbagai macam pati sebagai sumber karbon. Ekstraksi PHB dilakukan menggunakan metode *n-hexan-aceton*-dietil eter. Kadar PHB dideterminasi menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 235 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua isolat bakteri amilolitik diidentifikasi sebagai anggota genus *Bacillus* yaitu *Bacillus* sp. PSA10 dan *Bacillus* sp. PPK5. Produksi PHB dari *Bacillus* sp. PSA10 pada berbagai macam pati (pati sagu, pati singkong, pati garut dan pati ganyong) berkisar antara 21-56 % (g PHB/g berat kering sel) sedangkan *Bacillus* sp. PPK5 berkisar antara 11-24 % (g PHB/g berat kering sel). Produksi PHB tertinggi oleh kedua isolat bakteri amilolitik diperoleh dari substrat pati sagu yaitu *Bacillus* sp. PSA10 sebanyak 56,49 % sedangkan *Bacillus* sp. PPK5 sebanyak 24,07 %. Dengan demikian, pati sagu merupakan substrat pati yang potensial digunakan sebagai sumber karbon murah untuk produksi PHB terutama oleh *Bacillus* sp. PSA10.

Kata kunci : Bioplastik, PHB, Bakteri amilolitik, substrat pati, pati sagu

## PENDAHULUAN

Poli- $\beta$ -hidroksibutirat (PHB) adalah polimer yang diakumulasi secara intraselular oleh mikrobia sebagai granula cadangan karbon dan energi (Anderson & Dawes, 1990). Polimer ini bersifat termostabil, dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) dan memiliki sifat yang hampir sama dengan plastik sintetik yaitu polipropilen (Chen, 2003) sehingga berpotensi sebagai pengganti plastik sintetik yang sulit didegradasi (*undegradable*) (Anderson & Dawes, 1990).

Kendala utama dalam pengembangan bioplastik dari PHB adalah harganya yang jauh lebih mahal dibandingkan plastik sintetik karena biaya produksi yang tinggi. Sebagai perbandingan produk *Biopol* (nama dagang bioplastik) seharga US 16 dolar/kg padahal harga plastik polipropilen kurang lebih US 1 dolar/kg (Lee, 1996). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan biaya produksi PHB adalah penggunaan sumber karbon murah (Kim, 2000) karena biaya produksi PHB yang tertinggi berasal dari substrat yaitu 40 % dari total biaya produksi (Lee, 1996).

Pati merupakan salah satu sumber karbon alternatif untuk produksi PHB yang digunakan sebagai pengganti glukosa karena harganya relatif lebih murah (Kim, 2000; Halami, 2008; Ramadas *et al.*, 2009). Kendala penggunaan pati sebagai substrat untuk produksi PHB adalah pati harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi glukosa sehingga dibutuhkan bakteri yang memiliki enzim penghidrolisis pati (amilolitik). Pemanfaatan bakteri yang memiliki kemampuan ganda yaitu bersifat amilolitik sekaligus mampu mengakumulasi PHB merupakan solusi tepat untuk memproduksi PHB dengan substrat yang komponen utamanya pati.

Beberapa jenis pati yang dapat ditemukan di Indonesia seperti pati sagu, pati singkong, pati ganyong dan pati garut berpotensi digunakan sebagai substrat alternatif untuk produksi PHB. Pemanfaatan pati sebagai substrat untuk produksi PHB diharapkan mampu menurunkan biaya produksi PHB sekaligus memberikan nilai tambah bagi pati-pati tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikaji kemampuan bakteri amilolitik *indigenous* dalam memproduksi PHB menggunakan beberapa jenis pati sebagai substratnya.

## METODE, ALAT DAN BAHAN

### *Bahan dan Alat*

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah strain *Bacillus* sp. PSA10 dan *Bacillus* sp. PPK5 yang diisolasi dari tepung sagu basah. Pati yang digunakan sebagai substrat untuk produksi PHB adalah pati sagu, pati singkong, pati garut dan pati ganyong. Bahan kimia yang digunakan meliputi seperangkat bahan untuk karakterisasi bakteri, seperangkat bahan untuk ekstraksi PHB yang meliputi, N-hexana, dietil eter, aseton, etanol, sodium hipoklorit, asam sulfat

pekat dan bahan kimia untuk media Ramsay yaitu  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , *Ferrous Amonium Citrate*,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *laminar air-flow*, autoklaf, spektrofotometer UV, mikroskop, inkubator *shaker*, sentrifuse, oven dan *water bath*.

#### ***Karakterisasi dan Identifikasi bakteri Amilolitik***

Isolat bakteri diidentifikasi berdasarkan karakteristik fenotipik meliputi karakteristik morfologi, kultural dan biokimia. Karakter morfologi yang dideterminasi meliputi bentuk sel, reaksi Gram, pembentukan endospora dan motilitas. Karakter kultural meliputi morfologi koloni, pertumbuhan pada pH, suhu dan keberadaan NaCl. Karakter biokimia meliputi produksi katalase, pertumbuhan anaerobik, reduksi nitrat, hidrolisis pati, hidrolisis gelatin, tween 80, uji Methyl Red and Voges-Proskauer, penggunaan sitrat dan fermentasi berbagai macam gula.

#### ***Produksi PHB dan Analisis Kuantitatif PHB***

Produksi PHB dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri pada medium minimal Ramsay (Ramsay *et al.*, 1990) dengan menggunakan sumber karbon berbagai jenis pati yaitu pati sagu, pati singkong, pati garut dan pati ganyong sebanyak 1 % (b/v). Kultur diinkubasi pada penggojog dengan kecepatan 125 rpm, pada suhu 30°C selama 72 jam (Yanti dkk., 2009a). Sel bakteri dipanen dengan sentrifugasi kultur cair pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. PHB diekstraksi dari massa sel (pelet) yang dipecah menggunakan larutan sodium hipoklorit 5% selama 24 jam. Ekstraksi PHB dilakukan menggunakan metode *n-hexan-aceton*-diethyl eter (Senior dkk., 1972). Kadar PHB dideterminasi menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 235 nm dengan pelarut asam sulfat pekat.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### ***Identifikasi Bakteri Amilolitik Indigenus***

Identifikasi bakteri amilolitik *indigenus* dilakukan berdasarkan karakter fenotipik yang meliputi karakter morfologi, kultural dan biokimia. Karakter fenotipik dari kedua isolat bakteri amilolitik dan karakter genus *Bacillus* yang digunakan sebagai acuan disajikan pada Tabel 1. Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kedua isolat bakteri mempunyai sel berbentuk batang, Gram positif, membentuk spora, katalase positif dan motil. Karakter-karakter ini sesuai dengan karakter kunci dari genus *Bacillus* (Holt *et al.*, 1994; Apun *et al.*, 2000; Yanti *et al.*, 2009b). Dengan demikian, kedua isolat bakteri amilolitik *indigenus* merupakan anggota genus *Bacillus*.

Beberapa anggota genus *Bacillus* dilaporkan memiliki kemampuan memproduksi PHB dari berbagai macam substrat (Yilmaz *et al.*, 2005; Valappil *et al.*, 2007). PHB yang dihasilkan oleh bakteri Gram positif seperti *Bacillus* sangat berpotensi digunakan sebagai bahan baku untuk peralatan medis (Valappil *et al.*, 2007). Menurut Valappil *et al.* (2007), penggunaan bakteri Gram positif sebagai penghasil PHB untuk keperluan medis memiliki kelebihan dibandingkan dengan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram negatif mempunyai lipopolisakarida (LPS) pada dinding selnya yang dapat menyebabkan reaksi imunogenik sementara bakteri Gram positif tidak mempunyai LPS. Dengan demikian, isolat PSA10 dan isolat PPK5 yang merupakan bakteri Gram positif sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai penghasil PHB untuk keperluan medis.

#### ***Produksi PHB dari berbagai Substrat Pati***

Sumber karbon merupakan salah satu komponen yang paling penting dalam media produksi PHB, karena komponen sel mikrobial sebagian besar terdiri atas unsur-unsur karbon. Karbohidrat merupakan sumber karbon yang paling banyak digunakan dalam suatu proses fermentasi dan salah satunya adalah pati.

Pemanfaatan pati sebagai substrat yang harganya relatif murah untuk memproduksi PHB merupakan salah satu upaya untuk mengembangkan PHB sebagai bahan baku bioplastik. Pati berpotensi digunakan sebagai substrat untuk memproduksi PHB karena memiliki karena pati mengandung kadar karbon (C) tinggi namun kadar nitrogen (N) dan fosfat (P) rendah. Menurut Anderson & Dawes (1990) secara umum, PHB akan disintesis dan diakumulasi oleh sel bakteri pada substrat yang mengandung kadar C tinggi sedangkan sumber N dan P terbatas. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikaji kemampuan dua isolat bakteri amilolitik *indigenus* dalam

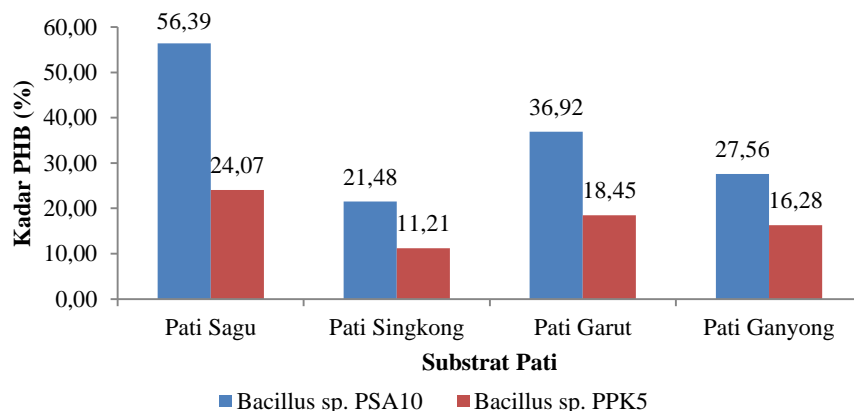
memproduksi PHB menggunakan beberapa jenis pati yang banyak terdapat di Indonesia seperti pati sagu, singkong, garut dan ganyong.

Produksi PHB oleh kedua isolat bakteri (*Bacillus* sp. PSA10 dan *Bacillus* sp. PPK5) pada 4 macam substrat pati ditampilkan pada Gambar 1. Kadar PHB yang diproduksi oleh *Bacillus* sp. PSA10 pada empat jenis pati dari yang terendah hingga tertinggi berturut-turut adalah sebagai berikut : pati singkong 21,48 %, pati ganyong 27,65 %, pati garut 36,92 % dan pati sagu 56,39 %. Kadar PHB yang diproduksi oleh *Bacillus* sp. PPK5 pada empat jenis pati dari yang terendah hingga tertinggi berturut-turut adalah sebagai berikut : pati singkong 11,20 %, pati ganyong 16,28%, pati garut 18,45 % dan pati sagu 24,07 %. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produksi PHB tertinggi oleh kedua bakteri amilolitik diperoleh pada media yang menggunakan substrat pati sagu sedangkan yang terendah diperoleh dari media pati singkong. Hal ini mengindikasikan bahwa pati sagu merupakan substrat pati yang paling berpotensi digunakan sebagai substrat untuk memproduksi PHB oleh kedua bakteri amilolitik *indigenus*.

Tabel 1. Karakteristik Fenotipik Isolat bakteri amilolitik *indigenus* dan genus *Bacillus*

Karakter	PSA10	PPK5	<i>Bacillus</i>
<b>Morfologi</b>			
Bentuk sel	Batang	Batang	Batang
Ukuran sel (µm)	1,5 x 5-10	0,8 x 3-4	0,5 x 1,2 (kecil) 2,5 -10 (besar)
Motilitas	+	+	+
Endospora	+	+	+
Reaksi Gram	Positif	Positif	Positif
<b>Kultural</b>			
Bentuk koloni	Sirkuler	Sirkuler	Variable
Tumbuh pada Nutrient Broth pH 5,0-7,0	+	+	+
Tumbuh dengan adanya NaCl 2,0-5,0 %	+	+	+
Tumbuh pada suhu 50°C	+	+	+/-
<b>Biokimia</b>			
Katalase	+	+	+
Reduksi Nitrat	-	+	+/-
Methyl red	+	-	+/-
Voges-proskauer	-	+	+/-
Hidrolisis Kasein	+	+	+/-
Hidrolisis Gelatin	-	-	-
Hidrolisis Tween 80	+	+	+
Hidrolisis Pati	+	+	+/-
Akumulasi PHB	+	+	+/-
Pembentukan asam dari :			
Glukose, Sukrosa, Maltosa	+	+	+
Dextrosa, Xylosa, Mannitol, Galactosa, L-Arabinosa	+	+	+/-
Produksi Gas dari glukosa	-	-	+/-

+ reaksi positif atau ada pertumbuhan; - reaksi negatif atau tidak ada pertumbuhan



Gambar 1. Produksi bioplastik PHB oleh *Bacillus* sp. PSA10 dan *Bacillus* sp. PPK5 dari berbagai substrat pati sebagai sumber karbon

Pertumbuhan kedua strain bakteri amilolitik pada 4 jenis pati yang dideterminasi dalam bentuk berat kering sel ditampilkan pada Tabel 2. Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa berat kering sel *Bacillus* sp. PSA10 dan *Bacillus* sp. PPK5 tertinggi diperoleh pada pati singkong berturut-turut yaitu 1,49 g/l dan 1,16 g/l dibandingkan ketiga jenis pati lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan kedua strain bakteri amilolitik pada pati singkong paling baik.

Berat kering sel yang tinggi namun kadar PHB paling rendah dari kedua strain bakteri amilolitik pada substrat pati singkong (Tabel 2) menunjukkan bahwa pati singkong merupakan substrat yang lebih baik digunakan untuk pertumbuhan sel bakteri daripada untuk memproduksi PHB. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan komposisi nutrisi terutama kadar protein dari keempat jenis pati. Kadar protein tertinggi terdapat pada pati singkong, yaitu 1,20 % (BSN, 1996) dibandingkan pati sagu (0,69 %) (Wina *et al.*, 1996), pati ganyong (0,67 %) dan pati garut (0,50 %) (Perez & Lares, 2005). Menurut Anderson dan Dawes (1990), PHB akan diproduksi oleh bakteri pada saat kondisi media pertumbuhan mengalami ketidakseimbangan kadar substrat yaitu ketika kadar C berlebih sedangkan kadar nutrisi lain seperti N, P atau K terbatas. Pada kondisi pertumbuhan yang tidak seimbang (sumber C berlebih tetapi nutrisi lain terbatas), aktivitas NADH oksidase dalam siklus Krebs menurun sehingga meningkatkan jumlah NADH. Peningkatan NADH akan menghambat aktivitas sintase sehingga asetil-CoA dan oksaloasetat (OAA) tidak diubah menjadi sitrat dan CoA bebas. Hal ini menyebabkan hilangnya penghambatan asetil-CoA asetiltransferase ( $\beta$ -Ketotiolase) oleh CoA bebas sehingga terjadi reaksi kondensasi asetil-CoA menjadi asetoasetil-CoA yang merupakan senyawa awal terjadinya polimerisasi PHB (Braunegg *et al.*, 1998).

Tabel 2. Berat kering sel, konsentrasi PHB dan kadar PHB yang diperoleh dari 4 macam substrat pati yang berbeda pada skala erlenmeyer setelah 72 jam inkubasi.

ISOLAT		Substrat Pati			
		Pati sagu	Pati singkong	Pati garut	Pati ganyong
<i>Bacillus</i> sp. PSA10	BKS <sup>a</sup> (g/L)	1,33	1,49	1,30	1,27
	PHB <sup>b</sup> (g/L)	0,74	0,26	0,48	0,35
	P/X <sup>c</sup> (%)	56,39	21,48	36,92	27,56
<i>Bacillus</i> sp. PPK5	BKS <sup>a</sup> (g/L)	1,08	1,16	1,03	0,86
	PHB <sup>b</sup> (g/L)	0,26	0,088	0,19	0,097
	P/X <sup>c</sup> (%)	24,07	11,21	18,45	16,28

Keterangan : BKS<sup>a</sup> = Berat kering sel, PHB<sup>b</sup> = Konsentrasi PHB, P/X<sup>c</sup> = Kadar PHB (g PHB/g berat kering sel)

Produksi PHB yang paling tinggi pada substrat pati sagu oleh *Bacillus* sp. PSA10 dan *Bacillus* sp. PPK5 dibandingkan ketiga jenis pati lainnya (pati singkong, pati garut dan pati ganyong) menunjukkan bahwa pati sagu merupakan substrat paling potensial digunakan untuk memproduksi PHB oleh kedua strain bakteri amilolitik. Hal ini mungkin disebabkan karena kedua strain bakteri amilolitik diisolasi dari tepung sagu basah sehingga mereka telah beradaptasi dan mampu menggunakan komponen-komponen pada pati sagu untuk memproduksi PHB. Dugaan ini sesuai dengan hasil penelitian Du *et al.* (2004) yang menyatakan bahwa bakteri yang hidup di lingkungan mengandung sumber C tinggi cenderung mengakumulasi material cadangan tertentu seperti PHB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, A.J. & Dawes, E.A. 1990. Occurrence, Metabolism, Metabolic Role and Industrial Uses of Bacterial Polyhydroxyalkanoates. *Microbiological Reviews*. 54 (4) : 450-472.
- Apun, K., Jong, B.C. & Salleh, M.D. 2000. Screening and Isolation of a Cellulolytic and Amylolytic *Bacillus* from Sago Pith Waste. *Journal of General and Applied Microbiology*, 46 : 263-267
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1996. *Tapioka*. .
- Chen, Guo-Qiang. 2003. Microbial Production of Bioplastics-Polyhydroxyalkanoate. *International Conference on Bio-Based Polymers*. Riken Institute Tokyo, Japan.
- Du, G., Chen, L.X.L. & Yu, J. 2004. High-Efficiency Production of bioplastics from Biodegradable Organic Solids. *Journal of Polymers & The environment* 12 (2) : 89-94.
- Halami, P.M. 2008. Production of polyhydroxyalkanoate from starch by the native isolate *Bacillus cereus* CFR06. *World Journal Microbiology & Biotechnology* 24 : 805-812.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Stanley, J.T. & Williams, S.T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9<sup>th</sup> ed. Lipincot, Williams and wilkins, Baltimore.



- Kim, B.S. 2000. Production of poly(3-hydroxybutyrate) from inexpensive substrates. *Enzyme and Microbial Technology* 27 : 774-777.
- Lee, S.Y. 1996. Plastic Bacteria? Progress and Prospect for Polyhydroxyalkanoate Production in Bacteria. *Tibtech* 14 : 431-438.
- Perez, E. & Lares, M. 2005. Chemical Composition, Mineral Profile, and Functional Properties of Canna (*Canna edulis*) and Arrowroot (*Maranta* spp.) Starches. *Plant Food for Human Nutrition* 60 :113-116.
- Ramadas, N.V. Singh, S.K., Soccol, C.R. & Pandey, A. 2009. Polyhydroxybutyrate Production using Agro-industrial Residue as Substrate by *Bacillus sphaericus* NCIM 5149. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52 :17-23.
- Ramsay, B.A., Lomaliza, K., Chavarie, C., Dube, B., Bataille, P. & Ramsay, J.A. 1990. Production of Poly-( $\beta$ -Hydroxybutyric-Co-  $\beta$ -Hydroxyvaleric) Acids. *Applied and Environmental Microbiology* 56 (7) : 2093-2098.
- Senior, P.J., Beech, G.A., Ritchie, G.A.F. & Dawes, E.A. 1972. The Role of Oxygen Limitation in the Formation of Poly- $\beta$ -hydroxybutyrate during Batch and Continuous Culture of *Azotobacter beijerinckii*. *Biochemistry Journal*, 128 : 1193-1201.
- Valappil, S.P., Boccaccini, A.R., Bucke, C. & Roy, E.I. 2007c. Polyhydroxyalkanoates in Gram positive bacteria : insight from the Genera *Bacillus* and *Streptomyces*. *Antonie van leeuwenhoek* 91 : 1-17.
- Wina, E., Evanza, A.J. & Lowry, J.B. 1986. The Composition of Pith from the Sago Palms *Metroxylon sagu* and *Arenga pinnata*. *Journal of Science Food Agricultural* 37 : 352-358
- Yanti, N.A., Sembiring, L. & Margino, S. 2009a. Amylolytic Bacteria Producing The Raw Material of Bioplastic. *Berkala Penelitian Hayati* 3C : 95-99.
- Yanti, N.A., Sembiring, L. & Margino, S. 2009b. Production of Poly- $\beta$ -hydroxybutyrate (PHB) from sago starch by the native isolate *Bacillus megaterium* PSA10. *Indonesian Journal of Biotechnology* 14 (1) : 1111-1116.
- Yilmaz, M., Soran, H. & Beyatli, Y. 2005. Determination of Poly- $\beta$ -hydroxybutyrate (PHB) production by some *Bacillus* spp. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 21 : 565-566

# Efektivitas Pengendalian Nyamuk *Aedes aegypti* dengan Mat Elektrik dari Minyak Atsiri Zodia

Muhamat<sup>1</sup>, Hasbianor, Hidayaturrahmah

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, FMIPA Universitas Lambung Mangkurat  
Email.: muhamat\_unlam@yahoo.co.id

*Ae. aegypti* is the vector of dengue fever. An effort to prevent the development of dengue is by controlling the *Ae. aegypti* mosquito. A safe method to control the mosquito is by utilizing natural ingredients from plants. Zodia (*Evodiasuaveolens* (Scheff.) containing evodiamine and rutaecarpine that can be used as a repellent mosquito *Ae. aegypti*. This study is was to effectiveness mat electrically zodia leaf essential oil against *Ae. aegypti*. This study used completely randomized design (CRD) and using 3 treatments with 4 repetitions. The concentration of essential oil used was a of 0,125 ml, 0,375 ml and 0,50 ml. Means way of testing done by take the aged 2-5 days mosquito as many as 100 individuals into the test cage. Mosquitoes which in the cage are then exposed to the natural electric mosquito mat for 5 hours and then observed the number of died mosquitoes. The obtained data were analyzed by probit analysis to determine the value of LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub>. The resultsof this study is LC<sub>50</sub> for 5 hours for *Ae. aegypti* is 0,565 ml where as the LC<sub>90</sub> for 5 hours for the *Ae. aegypti* was 1,10 ml. This study concluded that the killing power of the electric mat zodia essential oils against mosquito *Ae. aegypti* is less effective than the electric mat of chemicals.

Keyword.: *Aedes aegypti* L., zodia leaf essential oil, mat electric, repellent

## PENDAHULUAN

Penyakit Demam Berdarah Dangué (DBD) merupakan salah satu penyakit endemik yang penting di Indonesia. Berdasarkan data Dinkes Banjarbaru bulan Januari 2010 terdapat 91 penderita yang tersebar hampir semua kelurahan (Dinkes Banjarbaru, 2010).

Penyakit DBD disebabkan oleh virus arbovirus dengan vektor nyamuk *Aedes aegypti* Linn. Penyakit DBD dapat dicegah dengan cara pengendalian populasi vektor nyamuk *Ae. aegypti*. Ada beberapa cara pengendalian yaitu cara fisik, kimia, dan biologi. Pengendalian nyamuk *Ae. aegypti* pada saat terjadi wabah DBD masih menggunakan insektisida kimia, karena mudah digunakan dan daya bunuh terhadap nyamuk yang cepat. Namun demikian, penggunaan insektisida kimia memiliki beberapa kekurangan, seperti: biaya yang dikeluarkan cukup tinggi, membunuh serangga non target, dapat menimbulkan resistensi dan regurtensi vektor, dapat menimbulkan kerusakan lingkungan, dan bahaya bagi kesehatan manusia (Krattiger *cit* Chatterjee *et al.*, 2007)

Pengendalian vektor nyamuk *Ae. aegypti* yang lebih ramah lingkungan dan aman untuk manusia adalah pengendalian secara biologi. Pengendalian biologi dapat menggunakan parasitoid, predator, dan mikrobial dan senyawa sekunder yang berasal dari tanaman. Salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk pengendalian secara biologi adalah zodia yang berasal dari Papua. Zodia (*Evodia suaveolens*) yang termasuk ke dalam keluarga *Rutaceae*. Menurut Kardinan (2004), minyak yang disuling dari daun tanaman ini mengandung linalool (46%) dan *a-pinene* (13,26%) di mana *linalool* sudah sangat dikenal sebagai pengusir (*repellent*) nyamuk. Dari pengujian yang dilakukan terhadap nyamuk *Ae. aegypti*, yaitu dengan cara menggosokkan daun zodia ke lengan, lalu lengannya dimasukkan ke kotak yang berisi nyamuk demam berdarah dan dibandingkan dengan lengan yang tanpa digosok dengan daun zodia, menunjukkan bahwa daun zodia mampu menghalau nyamuk selama enam jam dengan daya halau (daya proteksi) sebesar lebih dari 70%. Keunggulan dari tanaman zodia adalah mudah dibudidayakan. Pemupukan dengan kompos sudah cukup meningkatkan pertumbuhan (Muhamat, 2012).

Usaha untuk memanfaatkan tanaman zodia lebih luas dan lebih praktis dalam usaha pengendalian nyamuk perlu dikembangkan. Usaha ini dapat dilakukan dengan cara pengendalian nyamuk dengan insektisida sintesis sudah dikenal di masyarakat bahan aktif diganti dengan bahan aktif yang berasal dari tanaman minyak atsiri. Penelitian ini memfokuskan pada pengujian mat elektrik dengan bahan aktif dari minyak atsiri zodia.

## METODE PENELITIAN

### *Alat dan Bahan*

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ruang pengujian berukuran 3x3x3m, kandang pengujian dengan ukuran 70x70x70cm, dan kandang nyamuk, kandang marmot, alat penyulingan, dan corong pemisah (untuk memisahkan air dan minyak). Bahan yang digunakan

adalah nyamuk *Ae aegypti*., daun zodia (*Evodia suaveolens*), marmut keping anti nyamuk elektrik bekas, dan aquades.

### **Prosedur Kerja**

#### *Pemeliharaan Ae aegypti*

Telur nyamuk *Ae aegypti* L. yang didapat dari Lokalitbang P2B2 Tanah Bumbu. Nyamuk dipelihara di dalam kandang nyamuk. Nyamuk jantan diberi makan berupa cairan madu yang diletakkan pada kapas. Sedangkan nyamuk betina diberi makan berupa darah dari marmut yang telah dimasukkan dalam kandang kecil. Gelas kecil yang berisi air sedikit yang pada bagian dinding dilapisi kertas saring dimasukkan ke kandang nyamuk sebagai tempat bertelurnya nyamuk. Telur yang melekat di kertas saring diambil, dikeringanginkan kemudian telur dapat disimpan. Telur nyamuk *Ae. aegypti* selanjutnya akan ditetaskan secara serentak untuk keperluan uji. Nyamuk yang digunakan berumur 2-5 hari.

#### *Penyulingan minyak atsiri daun zodia*

Daun tanaman zodia yang telah dipanen, dikeringanginkan di udara terbuka selama 2 hari. Daun zodia disuling dengan menggunakan destilasi uap dan air selama 4 jam hingga diperoleh minyak atsiri. Minyak atsiri yang diperoleh masih berupa campuran minyak dan air, kemudian dipisahkan dengan corong pemisah. Minyak atsiri disimpan di dalam botol yang tertutup rapat dan diletakkan ditempat yang sejuk agar minyak tidak menguap.

#### *Pembuatan Keping mat elektrik*

Keping mat elektrik bekas yang sudah dibersihkan dari residu-residu insektisida dengan cara direndam dengan larutan alcohol 70% selama 2x24 jam. Mat elektrik yang bebas residu yang akan digunakan direndam dengan minyak atsiri zodia selama 1 jam sesuai konsentrasi yang diinginkan.

#### *Rancangan percobaan*

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan berupa pemaparan anti nyamuk mat elektrik dengan menggunakan konsentrasi minyak atsiri 0,125 ml, 0,375 ml, dan 0,50 ml perkeping. Cara pengujian nyamuk yang berumur 2-5 hari sebanyak 100 ekor dimasukkan ke dalam kandang nyamuk selanjutnya dimasukan ke dalam kotak pengujian. Pemanas elektrik yang sudah berisi keping mat dihidupkan kemudian dimasukkan ke dalam kotak pengujian, dibiarkan selama 1 jam. Setelah 1 jam perlakuan kandang nyamuk dikeluarkan, dihitung berapa nyamuk yang mati, pengamatan dilakukan selama 24 jam. (Yap *et al*, 2005).

#### *Analisis data*

Data yang diperoleh dianalisis dengan uji analisis probit (Finney,1971). untuk mendapatkan nilai  $LC_{50}$  dan  $LC_{90}$ .

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil yang diperoleh dari penelitian pengujian daya bunuh mat elektrik dengan bahan aktif minyak atsiri daun zodia terhadap nyamuk *Ae aegypti*. memberikan hasil yang berbeda pada setiap perlakuan. Pengamatan yang dilakukan setelah 24 jam perlakuan pada perlakuan dengan konsentrasi 0,125 ml, 0,375 ml, dan 0,50 ml menghasilkan daya bunuh nyamuk yang semakin meningkat. Konsentrasi terendah yang diberikan yaitu 0,125 ml diketahui jumlah kematian nyamuk adalah 16%, pada konsentrasi 0,375 ml tingkat kematian 27%, sedangkan untuk konsentrasi tertinggi yang diujikan yaitu pada konsentrasi 0,50 ml jumlah kematian nyamuk semakin besar hingga 47%. (Tabel 1).

Tabel 1. Kematian nyamuk dan analisis probit  $LC_{50}$  dan  $LC_{90}$  menggunakan anti nyamuk mat elektrik minyak atsiri zodia

Konsentrasi minyak (ml)/keping mat elektrik	Rata-rata Kematian (%)	Perhitungan Probit 24 jam perlakuan	
		$LC_{50}$	$LC_{90}$
0,125	16	0,565 ml	1,10 ml
0,375	27		
0,50	47		

Penelitian uji potensi daun zodia (*Evodia suaveolens* Scheff) dilakukan untuk menjelaskan kemampuan minyak atsiri daun zodia dalam membunuh nyamuk *Ae aegypti*. Semakin besar konsentrasi minyak atsiri daun zodia yang diujikan maka akan semakin besar pula tingkat kematian nyamuk *Ae aegypti*. Hasil penelitian daya bunuh minyak atsiri zodia terhadap nyamuk *Ae. aegypti* masih lebih rendah bila dibandingkan dengan penggunaan anti nyamuk bakar dengan  $KT_{50}$  dan  $KT_{90}$  berturut turut 132 menit dan 181 menit (Kurniawan, 2012) dan mat elektrik dengan  $KT_{50}$  dan  $KT_{90}$  berturut turut 41,7 menit dan 64,1 menit dengan waktu 60 menit dapat membunuh nyamuk yaitu 85% (Hakim 2012).

Sifat bahan aktif dari minyak atsiri zodiac tidak langsung membunuh tetapi membunuh secara berlahan-lahan, selain itu bersifat linear terhadap konsentrasi larutan. Semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri semakin tinggi daya bunuhnya.

Nilai LC50 dan LC90 yang cukup besar mencerminkan bahan aktif yang ada di minyak atsiri tidak cukup baik digunakan sebagai bahan pembunuh nyamuk tetapi lebih cocok digunakan untuk bahan penolak aktif.

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah mat elektrik dengan aktif dari minyak atsiri daun zodia (*Evodia suaveolens* Scheff) mempunyai daya bunuh nyamuk *Ae aegypti* tetapi tidak sebaik bila dibandingkan dengan mat elektrik dari bahan kimia sintesis

### DAFTAR PUSTAKA

- Chatterjee, S.N., T. Bhattacharya, T.K. Danger, and G. Chandra. 2007. Ecology and Diversity *Bacillus thuringiensis* in Soil Enviroment. *African Journal of Biotechnology* 6(13) 1587-1591
- Dinkes Banjarbaru. 2010. *Laporan Bulanan Kasus Kematian Demam berdarah Dengue di Wilayah Kota Banjarbaru Tahun 2010 (1 Januari-31 Januari 2010)*. Dinkes Banjarbaru. Banjarbaru.
- Finney, D. J. 1971. *Probit Analysis*, 3 rd Edition Combridge University Press. London 333 p.
- Hakim, L. 2012. Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* yang Berasal Dari Banjarbaru Terhadap Anti Nyamuk Mat Elektrik. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. *Skripsi*. Banjarbaru.
- Kardinan, A. (2004). Tanaman Pengusir Nyamuk dan Pembasmi Nyamuk. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Kurniawan, W. 2012. Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Asal Banjarbaru Terhadap Berbagai Obat Nyamuk Bakar. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. *Skripsi*.
- Muhamat, 2012. The Study of Vegetative Growth on Zodia (*Evodia suaveolens*) Plant Fertilized by Trichoderma and NPK. International Seminar And Workshop On University-Based Research For Wetland Development Joint Workshop Of Lambung Mangkurat University And Government Of South Kalimantan Province. Banjarmasin, 26-27 November 2012
- Yap, H.H., M.P. Lim, N.L. Chong and C.Y. Lee. 2005. *Efficacy and sublethal effects of mosquito coils on Aedes aegypti and culex quinquefasciantus* (diptera: Culisidae). Penang Malaysia.
- Yunita, I. 2011. Upaya Daya Tahan Pemberian Minyak Atsiri Daun Kemangi (*Ocimum sanctum* L.) Untuk Perlindungan Terhadap Aktivitas Mengisap Nyamuk (*Aedes aegypti* L). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. *Skripsi*. Banjarbaru

## Inhibition Test of Ethanol Extract of Asam Jawa (*Tamarindus indica*) Fruit Against Growth of Pathogenic Bacteria *Staphylococcus aureus* at In Vitro Level

Nurhasanah<sup>1</sup>, Nurmaya Papuangan<sup>1</sup>, Nur Syaban

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Khairun  
Email.: nurhasanah\_unk@yahoo.co.id

Indonesia has many of natural source as plants that so useful. Among of them, it was useful as a source of biomedicine. Asam Jawa (*Tamarindus indica*) was one of plant that contain bioaktive compound like 2-furancarboxaldehyde, 2,3-butanadiol, metil 2-furoate and hydroxymethylfurfurole dan 2,2 '-diethoxy- 5,5 '-bi-1-pyrroline which having antimicrobe activity. Here in our study, we would like to know growth inhibition of pathogenic bacteria *Staphylococcus aureus* after applying ethanol extract of asam jawa (*Tamarindus indica*) fruit and to know The Minimum Inhibition Concentration of ethanol extract of asam jawa (*T. indica*) fruit against bacterial pathogen, *S. aureus*. This was an experimental research which design by using completed randomized design. There are fifteen concentration of ethanol extract of asam jawa (*T. indica*) fruit: 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, 9%, 8%, 7%, and 6% which two replicate, respectively. The data then analyzed by using single ANAVA and if it gives an effect it will be analyze furthermore by using BNJ 1%. The result showed that ethanol extract of asam jawa (*T. indica*) fruit effect against of growth of *S. aureus* at in vitro level and having minimum inhibition concentration at six percent.

Keyword.: Ethanol extract of asam jawa (*T. indica*) fruit, *Staphylococcus aureus*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman tanaman obat yang potensial. Pada hutan tropika di Indonesia, tumbuh subur sekitar 30.000 spesies tumbuhan berbunga dan diperkirakan sekitar 3.689 spesies diantaranya merupakan tumbuhan obat. Obat alami sudah dikenal dan digunakan di seluruh dunia sejak beribu tahun yang lalu. Di Indonesia, penggunaan obat alami yang lebih dikenal sebagai jamu, telah meluas sejak zaman nenek moyang hingga kini dan terus dilestarikan sebagai warisan budaya. Bahan baku obat alami ini, dapat berasal dari sumber daya alam biotik maupun abiotik (Sidik, 1998).

Manfaat keanekaragaman hayati bagi manusia sangat beragam, misalnya sebagai obat, kosmetik, pengharum, penyegar, pewarna dan lain-lain. Manfaatnya sebagai penghasil senyawa organik yang jenis dan jumlahnya hampir tak terhingga, membuat keanekaragaman hayati di Indonesia banyak dilirik oleh banyak pihak. Peneliti maupun pengusaha dalam dan luar negeri berlomba-lomba memanfaatkan sumber daya alam Indonesia tersebut. Salah satu keanekaragaman hayati yang banyak dilirik sebagai tanaman obat adalah tanaman asam jawa (Handayani, 2006).

Asam jawa (*Tamarindus indica*) merupakan sebuah kultivar daerah tropis dan termasuk tumbuhan berbuah polong. Batang pohonnya yang cukup keras dapat tumbuh menjadi besar dan daunnya rindang. Buah polong asam jawa mengandung senyawa kimia antara lain asam apel, asam sitrat, asam anggur, asam tartarat, asam suksinat, pektin dan gula invert yang memudahkan buang air besar, melancarkan peredaran darah dan mendinginkan. Asam jawa digunakan kurang lebih di 23 negara sebagai bumbu dan tanaman obat (Elisa, 2001 dalam Handayani 2006).

Menurut Dipali *et al* (2010), ekstrak bubur asam jawa lebih kuat dari larutan asam tartarat sebagai antimikrob. Senyawa 2-Furancarboxaldehyde, 2,3-butanadiol, metil 2-furoate dan hydroxymethylfurfurole dan 2,2 '-diethoxy- 5,5 '-bi-1-pyrroline menunjukkan kegiatan antimikroba (Hegazi dan Abd El-Hady, 2002 dalam Dipali *et al.*, 2010). Buah asam jawa juga mengandung senyawa-senyawa isoflavonoida dan neoflavonoida. Isoflavon termasuk dalam kelompok flavonoid dan merupakan kelompok yang terbesar dalam kelompok tersebut. Flavonoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenol yang bermanfaat dalam industri obat-obatan. Kulit bijinya mengandung phlobatanin dan bijinya mengandung albuminoid serta pati (Adeolla *et al*, 2010). Asam jawa digunakan kurang lebih di 23 negara sebagai bumbu dan tanaman obat (Elisa, 2001 dalam Handayani, 2006). Senyawa bioaktif yang terkandung dalam buah asam jawa

(*T. indica*) dapat berperan sebagai senyawa antibakteri yang kemungkinan dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada manusia, seperti *S. aureus*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penghambatan (daya hambat) pertumbuhan bakteri patogen *Staphylococcus aureus* setelah diberi ekstrak etanol daging buah asam jawa (*Tamarindus indica*) dan untuk mengetahui konsentrasi hambat minimum dari ekstrak etanol daging buah asam jawa (*T. indica*) terhadap bakteri *S. aureus*

## BAHAN DAN METODE

### *Bahan-bahan*

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi buah asam jawa (*T. indica*) yang telah matang diperoleh dari Kelurahan Bula, Ternate, ethanol 96% (Merck), biakan *Staphylococcus aureus* (koleksi laboratorium PMIPA-Univ. Khairun), akuadest, paper disc berukuran 6 mm (Oxoid), Nutrien Agar (Merck), Nutrien Broth (Merck).

### *Prosedur Kerja*

#### *Preparasi dan ekstraksi daging buah asam jawa*

Buah asam jawa matang dikupas kulitnya selanjutnya dipisahkan antara daging buah dan bijinya. Sebanyak 25 gr daging buah asam jawa diekstraksi dengan 50 ml etanol. Serial pengenceran dilakukan dari konsentrasi (100%) berturut-turut yaitu 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, 9%, 8%, 7%, dan 6%.

#### *Preparasi bakteri uji*

Biakan *Staphylococcus aureus* ditanam di atas permukaan media NA miring dalam tabung dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C. Sub kultur dilakukan dengan menambahkan satu ose biakan ke dalam media NB dan diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C.

#### *Uji Aktivitas Antibakteri*

Sebanyak 1 ml suspensi biakan sub kultur dimasukkan ke dalam cawan petri steril selanjutnya dituang media NA, dihomogenkan dan dibiarkan mengeras. Sebanyak 20 ml ekstrak daging buah asam jawa diteteskan di atas kertas cakram berdiameter 6 mm sebelum diletakkan di atas media NA. Seluruh perlakuan (konsentrasi 100% hingga 6 %) dengan dua kali ulangan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Aktivitas antibakteri diamati dengan adanya pembentukan zona bening di sekitar kertas cakram. Zona hambat diperoleh dengan cara mengukur besarnya diameter zona bening yang terbentuk dikurangi dengan diameter kertas cakram. Data diuji dengan menggunakan Anava Tunggal untuk mengetahui pengaruh ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Apabila terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk mengetahui pengaruh antar tiap perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan dan pengukuran diameter zona hambat pertumbuhan *S.aureus* yang diinkubasi selama 1 x 24 jam pada suhu 37°C adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Data hasil pengukuran diameter zona hambat (mm) pertumbuhan bakteri *S. aureus* setelah diberi ekstrak etanol daging buah asam jawa

No.	Konsentrasi (%)	Ulangan		Rata-rata
		I	II	
1.	100	2	2	2
2.	90	1,5	1,5	1,5
3.	80	1,5	2	1,75
4.	70	1,1	1,2	1,15
5.	60	2	1,9	1,95
6.	50	1	1	1
7.	40	1	1	1
8.	30	1	0,9	0,95
9.	20	0,9	1	0,95
10.	10	0,9	0,9	0,9
11.	9	0,7	0,7	0,7
12.	8	0,5	0,5	0,5
13.	7	0,9	0,9	0,9
14.	6	0,5	0,5	0,5
15.	0	0	0	0

Berdasarkan hasil pengamatan yang terdapat pada tabel 1, maka dapat diketahui nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) dari ekstrak daging buah asam jawa yaitu pada konsentrasi 6%. Data hasil pengukuran diameter zona hambat, dianalisis menggunakan Analisis Variansi

(Anava) Tunggal dengan taraf signifikansi 1%. Berdasarkan hasil Analisis Variansi terlihat bahwa  $F_{hitung}$  lebih besar  $F_{tabel}$ . Hal ini dapat dilihat pada ringkasan ANAVA ekstrak etanol daging buah asam jawa (*T. indica*) terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus* pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Hasil perhitungan Anava ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus*

Sumber variasi	JK	DB	KT	$F_{hit}$	$F_{tab}$ 1%
Perlakuan	1,49	14	0,11	157,14 **	3,56
Galat	0,01	15	0,0007		
Total	29	1,5			

Keterangan: KV = 0,15% , \* = Berbeda nyata , \*\* = Berbeda sangat nyata

Tabel 2 menunjukkan bahwa ekstrak daging buah asam jawa (*T.indica*) sangat berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen *S.aureus*. Hal ini dapat dilihat dari besarnya nilai  $F_{hit}$  dari nilai  $F_{tab}$ , sehingga  $H_1$  diterima. Berdasarkan hasil tersebut maka perlu dilakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk mengetahui pengaruh antar tiap perlakuan. Adapun hasil dari BNJ tersaji pada tabel 3. berikut:

Tabel 3 Uji BNJ antar perlakuan ekstrak etanol daging buah asam jawa terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus*

Perlakuan Konsentrasi (%)	Rata-rata
0	0,71 a
6	1,00 b
7	1,18 c
8	1,00 b
9	1,10 b
10	1,18 c
20	1,21 c
30	1,21 c
40	1,23 c
50	1,23 c
60	1,57 e
70	1,29 cd
80	1,50 d
90	1,41 cd
100	1,58 de

Keterangan: Rata-rata yang diberi huruf atau notasi yang berbeda maka menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dan jika rata-rata yang diberi notasi yang sama maka menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata.

Pada tabel 3 dapat diketahui bahwa ada perbedaan yang nyata antara perlakuan yang satu dengan perlakuan yang lain. Hal ini ditunjukkan bahwa kontrol (0%) berbeda nyata dengan semua konsentrasi. Konsentrasi 50% tidak berbeda nyata dengan 40%, 30%, 20%, 10% dan 7%. Konsentrasi 9% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 8%, dan 6%. Konsentrasi 100% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 80%, dan 60%.

#### **Uji Daya Hambat Ekstrak Daging Buah Asam Jawa (*T. indica*) Terhadap Pertumbuhan *S. aureus*.**

Buah polong asam jawa mengandung senyawa kimia antara lain asam appel, asam sitrat, asam anggur, asam tartarat, asam suksinat, pectin dan gula invert (Adeola *et al.*, 2009). Buah asam jawa juga mengandung senyawa-senyawa isoflavonoida dan neoflavonoida (Mifta, 2010).

Berdasarkan rangkuman analisis variansi tunggal (lihat tabel 2) dapat diketahui bahwa  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , sehingga  $H_1$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekstrak daging buah asam jawa (*T.indica*) berpengaruh terhadap pertumbuhan *S.aureus*. Perlakuan terhadap *S.aureus* mempunyai nilai  $F_{hitung}$  adalah 157,14 dan  $F_{tabel}$  adalah 3,56 pada taraf signifikan 1%.

Adapun pelarut yang digunakan untuk membuat ekstrak mempengaruhi kadar senyawa kimia. Pada uji ini digunakan pelarut etanol karena merupakan pelarut universal yang bersifat polar yang dapat melarutkan senyawa-senyawa bersifat polar. Menurut Cowan (1999) etanol dapat melarutkan senyawa aktif tanin, polifenol, poliasitelin, terpenoid, sterol, alkaloid, minyak atsiri, volatil, kurkumin, antrakuinon, flavonoid, steroid, damar dan klorofil, tidak menyebabkan

pembengkakan membran sel dan memperbaiki stabilitas bahan terlarut, mampu menghambat kerja enzim, dan efektif dalam menghasilkan jumlah bahan aktif yang optimal, dimana bahan bebasnya sedikit ikut ke dalam cairan pengekstraksi. Sedangkan air digunakan untuk pelarut pengenceran karena ekstrak etanol mudah larut dalam air karena bersifat polar, dan air dapat melarutkan alkaloid, saponin, terpenoid, minyak volatil, glikosida, tanin, gula, gom, pati, protein, lendir, enzim, lilin, lemak, pektin, zat warna dan asam-asam organik (Cowan, 1999).

Pemberian konsentrasi yang berbeda-beda menunjukkan pengaruh yang berbeda pula terhadap zona hambatan yang dihasilkan. Semakin luas daerah zona hambatan yang terbentuk di sekitar paper disc, maka semakin besar pula daya antimikroba yang terdapat pada ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*). Hal ini sejalan dengan Jawetz *dalam* Husna (2007) yang menyatakan bahwa wilayah jernih di sekitar zat antimikroba menunjukkan kekuatan hambatan zat antimikroba terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Ini ditunjukkan dengan adanya zona hambatan atau daerah bening di sekitar paper disc pada pertumbuhan bakteri *S.aureus*.

Ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) mengandung zat antibakteri sehingga dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri (Dipali *et al*, 2010). Zat yang terkandung dalam daging buah asam jawa bersifat menghambat pertumbuhan bakteri, hal ini diketahui dari perlakuan ekstrak daging buah asam jawa (*T.indica*) dengan berbagai konsentrasi berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*.

Zat antibakteri mempunyai berbagai cara dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Kerusakan pada salah satu struktur penyusun sel bakteri dapat menyebabkan perubahan-perubahan struktur dan kerja bakteri. Hal ini dapat mengakibatkan pertumbuhan bakteri terhambat bahkan mengakibatkan kematian sel (Jawetz, 1999 *dalam* Husna, 2007). Membran sitoplasma merupakan bagian terluar sitoplasma yang terletak di bawah dinding sel, tersusun oleh senyawa protein, lipida dan karbohidrat. Membran ini berperan untuk mengatur materi-materi yang keluar masuk sel seperti air dan garam-garam mineral yang dibutuhkan sel. Bagian-bagian sel di daerah sitoplasma antara lain ribosom, nukleus, granula dan mesosom. Ribosom berbentuk partikel kecil yang terdiri dari protein dan asam ribonukleat (RNA), yang berfungsi sebagai sintesis protein. Nukleus mengandung asam dioksiribonukleat (DNA) sebagai pembawa informasi genetik. Granula merupakan substansi kimia yang dapat berfungsi sebagai cadangan makanan bagi sel. Mesosom merupakan lipatan membran sitoplasma ke dalam sitoplasma. Sehubungan dengan hal tersebut, maka kerusakan pada membran sel oleh zat antibakteri dapat mengakibatkan pertumbuhan sel terhambat bahkan mengakibatkan kematian sel bakteri

Dipali *et al* (2010) mengungkapkan bahwa kegiatan antimikroba yang ditunjukkan oleh ekstrak daging buah asam jawa disebabkan adanya gabungan aksi dari senyawa fitokimia dan asam tartarat. Isoflavonoid yang terkandung dalam buah asam jawa merupakan salah satu senyawa flavonoid. Senyawa flavonoid merupakan golongan senyawa fenol dan alkohol. Senyawa flavonoid dan senyawa fenol pada tumbuhan umumnya adalah golongan bahan yang mempunyai kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Mun'im *et al* (2009) juga melaporkan hasil identifikasi fitokimia ekstrak etanolik daun asam jawa menunjukkan adanya flavonoid, tannin, glikosida dan saponin dengan kadar fenol total sebesar 0,35 -8,24%.

Senyawa fenolat dapat bersifat bakterisidal atau bakteriostatik tergantung pada konsentrasi yang digunakan. Hal ini diperkuat oleh Naim (2002) bahwa flavonoid yang merupakan golongan fenol berpotensi dalam merusak membran sitoplasma. Mekanisme kerjanya sebagai antibakteri yaitu dengan membentuk senyawa kompleks dengan protein ekstraseluler dan terlarut dengan dinding mikroorganisme. Kemungkinan lain adalah flavonoid berperan secara langsung dengan mengganggu fungsi sel mikroorganisme dan penghambatan siklus sel mikroorganisme

Ekstrak etanol daging buah asam jawa dalam penelitian ini (konsentrasi 100%) memiliki nilai pH sebesar 2 yang berarti sangat asam. Adapun kandungan asam appel, asam sitrat, asam anggur, asam tartarat, dan asam suksinat dalam daging buah asam jawa juga berperan dalam menghambat pertumbuhan *S. aureus*. Senyawa asam tersebut menyebabkan pH media di sekitar ekstrak daging buah asam jawa menjadi sangat rendah. Hal ini menyebabkan rusaknya membran sel *S. aureus*.

Kerusakan membran sel dapat menghambat masuknya zat-zat ke dalam sel, dan zat-zat dalam sel seperti ion organik, enzim dan asam amino dapat keluar dari sel. Enzim yang keluar dari sel bersama zat-zat tersebut maka akan menghambat metabolisme sel. Hal ini menyebabkan ATP yang dihasilkan akan menurun. Menurunnya ATP ini dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri terhambat dan terjadinya kematian sel.



### ***Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum Ekstrak Daging Buah Asam Jawa (*T.indica*).***

Konsentrasi Hambat Minimum adalah konsentrasi antimikrob terendah yang masih dapat menghambat pertumbuhan organisme tertentu. Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (MIC/*Minimum Inhibitory Concentration*), yaitu penentuan konsentrasi terkecil yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri secara *in vitro* (Hamdiyati, 2008). Setelah diketahui bahwa ekstrak daging buah asam jawa (*T.indica*) memiliki aktivitas antibakteri, selanjutnya dicari konsentrasi terkecil yang masih mempunyai daya hambat sebagai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) yang mempunyai kepekaan terhadap bakteri uji. Setelah pengujian, hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi terkecil dari ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) yang masih dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* adalah sebesar 6%.

Saputra dan Suryani (2012) melaporkan infusa buah asam jawa mampu menghambat dan membunuh bakteri *Escherichia coli* (KHM :2,604 gr% dan KBM :5,208 gr%), *Staphylococcus aureus* (KHM :1,562 gr% dan KBM :3,125 gr%), dan *Candida albicans* (KHM : 41,66 gr% dan KBM :>50 gr%). Berdasarkan hasil ANAVA dan uji BNJ pada taraf signifikan 1% diperoleh hasil ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) dengan konsentrasi 6% yang rata-rata diameter zona hambat sebesar 0,5 mm, merupakan konsentrasi ekstrak terkecil yang berbeda signifikan dengan rata-rata diameter daya hambat kontrol negatif, yaitu 0 mm. Bahan antimikroba yang baik adalah dalam konsentrasi rendah dapat membunuh bakteri dalam jumlah besar. Semakin kecil nilai KHM yang diperoleh maka semakin peka *S. aureus*. Hal tersebut berarti semakin efektif ekstrak uji dalam penelitian ini untuk menghambat pertumbuhan *S. aureus*.

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dari suatu senyawa antibakteri sangat penting karena selain bertujuan untuk meningkatkan efektifitas dari senyawa antibakteri tersebut juga bertujuan untuk mencegah timbulnya masalah resistensi bakteri karena penggunaan dosis yang berlebihan sehingga sel bakteri lama kelamaan akan menjadi kebal. Pemberian antibakteri dalam jumlah yang berlebihan dan secara terus menerus akan menyebabkan sel bakteri menjadi resisten (Diarti, 2004).

Bakteri uji *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif yang memiliki struktur dinding sel lebih tebal (15-80 nm), terdapat asam teikoat, mengandung lipid, lemak, atau substansi lemak dalam prosentasi lebih rendah (1-4%) serta mengandung peptidoglikan lebih banyak (lebih dari 50% berat kering pada beberapa sel) daripada bakteri Gram 92egative yang strukturnya lebih resisten terhadap gangguan fisik, sehingga ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) dalam konsentrasi kecil masih dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*.

Berdasarkan hasil penelitian ini, ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) menunjukkan daya hambat yang cukup besar terhadap *S. aureus* maka diharapkan ekstrak ini juga dapat mengobati penyakit-penyakit yang disebabkan oleh *S. aureus*.

#### **KESIMPULAN**

1. Ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan bakteri patogen *S. aureus*.
2. Konsentrasi Hambat Minimum ekstrak daging buah asam jawa (*T. indica*) yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* adalah konsentrasi 6%.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Adeola, A.A., Adeola, O.O., Domusu, O.O. 2010. *Comparative analyses of phytochemicals and antimicrobial properties of extracts of wild T. indica pulps*. Africa Journal of Microbiology Research Vol. 4(24) pp. 2769-2779, 18 December 2010, Available online <http://www.academicjournals.org/ajmr> (Online) diakses tanggal 27 November 2010
- Cowan, M. M. 1999. *Clinical Microbiology review : Plants Product As Anti Microbial Agents*. Ohio : Departement of Microbiology. Miami University. <http://smood.net/accounts/case/ref/564.pdf> (Online) diakses tanggal 1 Desember 2011
- Diarti, M.W., 2004, *Penemu Senyawa Antimikroba dari Rumput Laut*. Harian Umum Kompas: 1-3, <http://www.kompas.com/harian/10202/htm> (Online) diakses tanggal 27 November 2010
- Dipali, Jadhav, Akshaya K. Sahoo, S. Jai Ghosh, Rahul C. Ranveer & Aruna M. Mali. 2010. *Deteksi Fitokimia dan Evaluasi In Vitro Pulp Buah Asam untuk Aktivitas Antimikroba*. Jurnal Kedokteran Tropis. <http://www.medwelljournals.com/fulltext/?doi=ijtmmed.2010.68.72> (Online) diakses tanggal 1 Desember 2011
- Hamdiyati, Yanti . 2008. *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Patikan Kebo (Euphorbia hirta) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus epidermidis*. Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UPI.

- Handayani. 2006. *Morfologi, Anatomi dan Fisiologi Tamarindus indica*. <http://www.google.co.id/images.toiusd.multiply.multiplycontent.com/.../morfologi,%20anatomi,%20dan%20fisiologi%20Tamarindus%20indica.doc?> (Online) diakses tanggal 27 November 2010
- Husna, Roudlotul. 2007. Pengaruh Pemberian Ekstrak Tumbuhan Meniran (*Phyllanthus niruri* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *S. aureus* Dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- Mifta. 2010. *Senyawa Flavonoid*. <http://miftachemistry.blogspot.com> (Online) diakses tanggal 13 September 2011
- Mun'im A., E. Hanani dan Rahmaniah. 2009. Karakterisasi Ekstrak Etanolik daun asam jawa (*Tamarindus indica* L.). *Majalah Ilmu Kefarmasian* : VI (1) : 38-44.
- Naim, Rachman. 2002. *Senyawa Antimikroba dari Tanaman*. <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0409/15/sorotan/1265264.html> (Online) diakses pada tanggal 13 September 2011
- Saputra T & L. Suryani. Aktivitas Antimikroba Infusa Buah Asam Jawa (*Tamarindus indica* Linn) terhadap Berbagai Mikroba Patogen. <http://www.publikasi.umy.ac.id/index.php/article/view/4389/3698>. diakses 22 agustus 2013.
- Sidik. 1998. *Perkembangan Pemanfaatan Tumbuhan Obat di Indonesia*. Makalah seminar pengobatan tradisional, FK Unpad.

## Hutan Tanaman Industri Jenis *Acacia mangium* Sebagai Sumber Pakan Lebah *Apis cerana*

Avry Pribadi dan Purnomo

Balai Penelitian Teknologi Serat Tanaman Hutan Kuok-Riau  
Email: avrypribadi@gmail.com

Kementerian Kehutanan pada tahun 2009 telah menargetkan sekitar 9 juta ha lahan kritis yang diperuntukkan sebagai Hutan Tanaman Industri (HTI) bagi industri *pulp* dan kertas. Salah satu propinsi yang memiliki areal HTI terbesar adalah Riau ( $\pm$  600 ribu ha) yang dikuasai oleh 2 perusahaan, yaitu PT Arara Abadi (Sinar Mas) (299.975 ha) dan PT RAPP (284.640 ha). Pada saat ini keberadaan tanaman HTI (*Acacia mangium*) cenderung masih menguntungkan bagi pihak perusahaan dan belum memberikan manfaat yang nyata bagi masyarakat di sekitar kawasan HTI sehingga cenderung menimbulkan konflik. Oleh sebab itu diperlukan usaha untuk lebih memberdayakan masyarakat di sekitar hutan dan salah satunya adalah beternak lebah madu. Tahapan observasi meliputi (1) mengkalkulasi potensi jumlah nektar pada setiap tegakan *A. mangium* dan (2) mengamati tingkat prevalensi waktu lebah *A. cerana* dalam melakukan aktivitasnya dalam mengambil nektar *A. mangium*. Tujuan penelitian adalah (1) Melakukan kajian dan mengidentifikasi mengenai potensi nektar pada hutan tanaman *A. mangium* umur 1 s.d 5 tahun (1 daur) dan (2) melakukan pengamatan terhadap aktivitas harian lebah *A. cerana*. (1) Pengamatan terhadap sekresi nektar ekstra flora pada hutan tanaman *A. mangium* diperoleh hasil bahwa sumber nektar berasal dari ketiak daun *A. mangium*. Sementara itu potensi nektar pada hutan tanaman jenis *A. mangium* pada umur 1 tahun adalah 83,25 liter/ha/hari, 2 tahun adalah 112,38 liter/ha/hari, 3 tahun adalah 141,52 liter/ha/hari, 4 tahun adalah 170.66 liter/ha/hari dan 5 tahun 199,800 liter/ha/hari. Kadar air yang terdapat pada nektar ekstra flora *A. mangium* mencapai 33%, sedangkan kadar gulanya bervariasi antara 24,5% s.d 23%. (2) Pengamatan terhadap aktivitas harian lebah *A. cerana* menunjukkan pada tegakan umur 12 bulan menunjukkan aktivitas lebah *A. cerana* yang membawa nektar ke dalam stup mengalami kenaikan sampai pada pukul 08.30 s.d 09.30 yaitu rata-rata mencapai 448 ekor, menurun rata-rata sampai 20 ekor pada pukul 12.30 s.d 13.30, mengalami kenaikan aktivitas pada sore hari pukul 16.30 s.d 17.30 yaitu mencapai 368 ekor, dan menurun kembali pada pukul 17.30 s.d 18.30. Kecenderungan yang sama terjadi pada tegakan umur 50 bulan hanya jumlah rata-rata lebah yang melakukan aktivitas lebih rendah jika dibandingkan dengan lebah yang ada pada tegakan 50 bulan.

Kata kunci: hutan tanaman industri, *Acacia mangium*, *Apis cerana*, nektar ekstra flora

### PENDAHULUAN

Kementerian Kehutanan pada tahun 2009 telah menargetkan sekitar 9 juta ha lahan kritis yang diperuntukkan sebagai Hutan Tanaman Industri (HTI) bagi industri *pulp* dan kertas. Hal tersebut sejalan dengan pemenuhan kebutuhan bahan baku industri khususnya *pulp* dan kertas. Jenis tanaman HTI yang dikembangkan didominasi oleh *Acacia mangium* di lahan mineral dan *Acacia mangium* serta *Eucalyptus pellita* di lahan gambut. Bertambah luasnya areal HTI dan perkebunan tentunya tidak lepas dari kebijakan nasional/regional khususnya yang terkait dengan alih fungsi hutan alam (Mindawati, 2010). Alasan pemilihan *A. mangium* di lahan gambut adalah species dapat tumbuh dengan baik, memiliki riap yang tinggi, perawatan yang mudah, rendemen yang dihasilkan tinggi, kandungan lignin relatif rendah, dan kekuatan yang dihasilkan tinggi (Pasaribu dan Tampubolon, 2007).

Bertambah luasnya areal HTI dan perkebunan tentunya tidak lepas dari kebijakan nasional/regional khususnya yang terkait dengan alih fungsi hutan alam. Konsekuensi adanya kebijakan nasional/regional berupa alih fungsi sebagian hutan alam menjadi hutan tanaman dan perkebunan adalah terjadi perubahan perilaku sosial ekonomi masyarakat khususnya masyarakat di sekitar hutan alam. Salah satu propinsi yang memiliki areal HTI terbesar adalah Riau ( $\pm$  600 ribu ha) yang dikuasai oleh 2 perusahaan, yaitu PT Arara Abadi (Sinar Mas) (299.975 ha) dan PT RAPP (284.640 ha) (Dishut Riau, 2006).

Berubahnya hutan alam menjadi HTI dan perkebunan, menyebabkan hilangnya mata pencaharian masyarakat yang sebelumnya menggantungkan hidup pada sumber daya hutan alam. Hal ini tentunya menuntut banyak pihak untuk mengupayakan penyelesaiannya secara bijaksana dan manusiawi. Salah satu solusi permasalahan tersebut adalah dengan pengembangan usaha di bidang perlembahan di areal HTI atau perkebunan diharapkan dapat menjadi alternatif solusi bagi penyediaan lapangan pekerjaan untuk masyarakat sehingga kelestarian secara menyeluruh (produksi, lingkungan/ekologi, sosial ekonomi dan budaya masyarakat) dapat terwujud.

Nektar ektraflora yang terdapat pada daun *A. mangium* dapat dijadikan sumber pakan lebah madu yang melimpah dan bersifat berkelanjutan serta tidak mengenal musim paceklik sehingga dimungkinkan dapat dikembangkan usaha budidaya lebah madu secara menetap

(Purnomo, 2010). Hal ini menjadikannya berbeda dengan tehnik beternak lebah madu di pulau Jawa yang menggunakan sistem gembala mengikuti musim bunga sebagai penyedia nektar sehingga dibutuhkan biaya produksi yang lebih tinggi dan modal yang kuat. Nektar adalah cairan yang umumnya berasa manis, merupakan hasil sekresi kelenjar nektari yang terdapat pada bunga, pangkal-pangkal tunas atau stomata-stomata daun. Oleh sebab itu tujuan dari studi ini adalah (1) mengidentifikasi dan mengkuantifikasi potensi nektar ektrafloral pada hutan tanaman *A. mangium* umur 1 s.d 5 tahun dan (2) melakukan pengamatan terhadap aktivitas harian lebah *A. cerana*.

#### **Potensi Sekresi Nektar Ektrafloral Pada Hutan Tanaman *A. mangium***

Pengamatan terhadap sekresi nektar ekstra flora pada hutan tanaman *A. mangium* diperoleh hasil bahwa sumber nektar berasal dari ketiak daun *A. mangium*. Sedangkan hasil penghitungan potensi nektar pada hutan tanaman jenis *A. mangium* pada umur 1 tahun adalah 83,25 liter/ha/hari, 2 tahun adalah 112,38 liter/ha/hari, 3 tahun adalah 141,52 liter/ha/hari, 4 tahun adalah 170.66 liter/ha/hari dan 5 tahun 199,800 liter/ha/hari (tabel1). Jumlah sekresi nektar oleh *A. mangium* menunjukkan kecenderungan mengalami peningkatan pada setiap umurnya. Hal ini berkaitan dengan jumlah daun yang semakin banyak terbentuk seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Kadar air yang terdapat pada nektar ekstra flora *A. mangium* mencapai 33%, sedangkan kadar gulanya bervariasi antara 24,5% s.d 23%.

Tabel 1. Jumlah sekresi nektar ektraflora *A. mangium* pada setiap kelas umur

<b>Umur tegakan <i>A. mangium</i> (tahun)</b>	<b>Jumlah sekresi nektar ektraflora (liter/ha/hari)</b>	<b>Total sekresi pada seluruh areal HPHTI <i>A. mangium</i> di Riau (liter/hari)</b>
1	83.25	3551445
2	112.38	4794131
3	141.52	6037243
4	170.66	7280356
5	199.8	8523468
<b>Total</b>	<b>707.61</b>	<b>30186643</b>

Penghitungan potensi nektar ektrafloral *A. mangium* yang dapat dimanfaatkan oleh lebah madu dipengaruhi oleh bebarapa faktor, diantaranya adalah:

- (1) kompetitor organisme berupa serangga selain lebah madu yang memanfaatkan nektar ektraflora. Hasil menunjukkan bahwa hanya dijumpai serangga semut merah yang hanya memanfaatkan nektar tersebut dan paling banyak hanya sekitar 10% dari total ketiak daun yang mensekresikan nektar. Sehingga apabila pesaing lebah ini dianggap efektif menghabiskan ektrafloral sebanyak 10% dari jumlah nektar yang disekresi
- (2) penurunan kadar air pada sekresi nektar ektrafloral. Hasil analisa menunjukkan bahwa kadar air nektar ekstra floral adalah rata-rata sebesar 33%. Sedangkan pada uji coba penempatan lebah *A. cerana* di tegakan *A. mangium* menunjukkan kadar air madu yang diambil dari sisiran madu yang sudah tertutup lilin adalah 22%. Dengan demikian, setelah adanya proses kimia dan fisika pada sarang lebah kemudian terjadi penurunan kadar air sebanyak 11%.
- (3) konsumsi harian lebah terhadap madu diperhitungkan sebanyak 10% dari jumlah madu yang tersimpan di dalam sarang.

Berdasarkan hasil perhitungan, ketersediaan nektar ektrafloral pada tanaman *A. mangium* sekitar 83,25 liter/Ha/hari, sedangkan luas kawasan yang efektif untuk menyediakan pakan lebah di areal HPHTI yang ditanami oleh jenis *A. mangium* umur 1 tahun yang berlokasi di Riau sekitar 60000 Ha maka total sekresi nektar ekstra floral pada seluruh areal HPHTI yang ditanami *A. mangium* adalah sebesar 3,5 juta liter/ha/hari. Kecenderungan ini akan semakin meningkat berbanding lurus dengan peningkatan umur tegakan (Tabel 1). Sehingga total nektar ekstra floral pada HPHTI yang ditanami *A. mangium* yang dapat dimanfaatkan oleh lebah madu menjadi madu adalah 30,18 juta liter/hari.

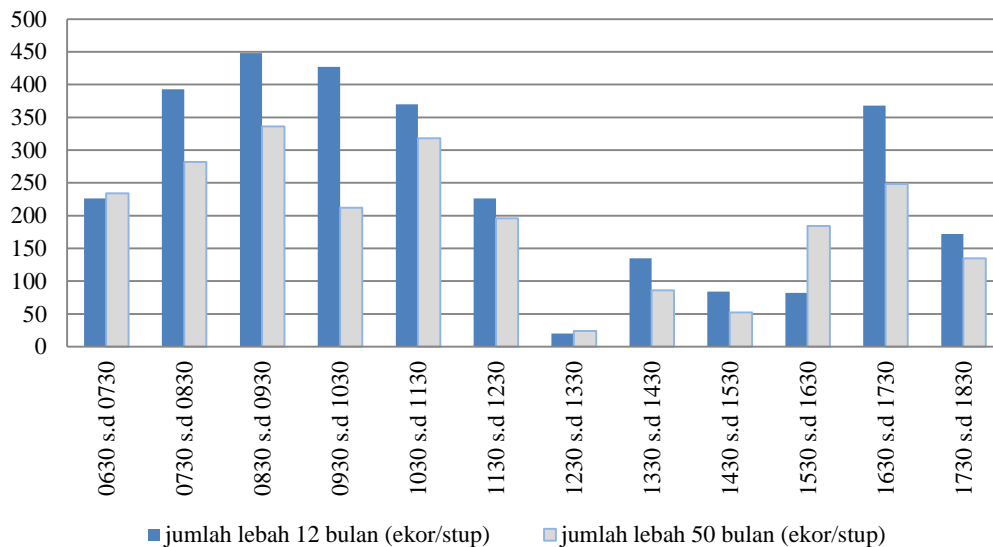
Selain potensi nektar ektraflora yang dimiliki oleh jenis *A. mangium* sebagai sumber pakan lebah madu terdapat beberapa keunggulan lain dibanding dengan jenis pakan lebah yang lain (Tabel 2).

Tabel 2. Komparasi ketersediaan pakan lebah antara *A. mangium* dan jenis tanaman lain

<i>A. mangium</i>	Jenis Tanaman Lain (misalnya buah-buahan)
1. Sekresi nektar ektrafloral sejak tanaman berusia dini (2 bulan).	1. Umumnya tersedia saat tanaman mulai berbunga (4 – 5 tahun).
2. Sekresi nektar terjadi sepanjang tahun.	2. Umumnya musiman.
3. Jumlahnya banyak mencapai ratusan ribu hektar.	3. Umumnya terbatas dan menyebar secara sporadis.
4. Bebas polutan bahan kimia seperti insektisida dan atau yang lain.	4. Ada potensi tercemar bahan-bahan kimia seperti insektisida dan atau yang lain.
5. Predator lebah seperti <i>Vespa maculata</i> , dsb relatif sangat sedikit.	5. Umumnya banyak dijumpai predator seperti <i>Vespa maculata</i> , dll.
6. Tidak dijumpai pesaing seperti burung pemakan nektar, dll.	6. Umumnya banyak dijumpai pesaing seperti burung, dll.

#### ***Aktivitas Harian Lebah A. cerana Pada Hutan Tanaman A. mangium***

Aktivitas lebah madu *A. cerana* menunjukkan pola kecenderungan berfluktuasi pada setiap pengamatan hariannya. Pada tegakan umur 12 bulan menunjukkan aktivitas lebah *A. cerana* yang membawa nektar ke dalam stup mengalami kenaikan sampai pada pukul 08.30 s.d 09.30 yaitu rata-rata mencapai 448 ekor, menurun rata-rata sampai 20 ekor pada pukul 12.30 s.d 13.30, mengalami kenaikan aktivitas pada sore hari pukul 16.30 s.d 17.30 yaitu mencapai 368 ekor, dan menurun kembali pada pukul 17.30 s.d 18.30. Kecenderungan yang sama terjadi pada tegakan umur 50 bulan hanya jumlah rata-rata lebah yang melakukan aktivitas lebih rendah jika dibandingkan dengan lebah yang ada pada tegakan 12 bulan (Grafik 1).



Grafik 1. Aktivitas harian lebah pekerja pada areal HTI *Acacia mangium* umur 12 dan 50 bulan

Verma (1970) menyatakan bahwa *A. cerana* memiliki kemampuan yang disebut thermostatis. Sehingga dengan kemampuan ini lebah *A. cerana* memiliki kemampuan lebih untuk mentoleransi kenaikan dan penurunan temperature lingkungan sebesar 3 °C dari faktor pembatas jika dibandingkan dengan *A. mellifera* dengan melakukan menurunkan kemampuan evaporated rata-ratanya. Selain itu lebah termasuk pada kelompok serangga sehingga termasuk ke dalam kelompok hewan poikilotherm. Karakteristik tersebut membuat aktivitas lebah sangat bergantung pada temperatur dan kelembaban lingkungan. Diduga hal tersebut dapat meningkatkan aktivitas lebah pada pagi hari dan akan menurun menjelang siang hari karena temperature yang relative lebih tinggi. Faktor lain yang menurunkan aktivitas lebah tersebut dimungkinkan juga berasal dari sekresi nektar yang semakin siang menunjukkan kecenderungan semakin rendah.

Nektar yang diambil oleh lebah sebagai sumber makanan/energy yang disimpan dalam bentuk madu. Jumlah sisiran madu yang dihasilkan oleh lebah *A. cerana* ini ternyata kurang diimbangi oleh luas sisiran *pollen*. *Pollen* dimanfaatkan oleh lebah sebagai sumber protein yang

berfungsi untuk memperbaiki sel-sel dan jaringan. Hal ini terlihat dari rendahnya kandungan rata-rata *crude protein* tubuh lebah *A. cerana* pada tegakan *A. mangium* yang hanya mencapai rata-rata 31.90%. Nilai ini berbeda nyata dengan kandungan rata-rata *crude protein* tubuh lebah *A. cerana* pada tegakan *A. mangium* yang diintroduksi sorghum mencapai rata-rata 58.00%.

Pada jenis lebah *A. cerana*, kekurangan sumber pakan terutama tepung sari (*pollen*) akan berdampak lebih buruk yaitu tidak hanya sampai pada penurunan populasi sampai pada hijrahnya koloni meninggalkan sarangnya (*absconding*) (Woyke, 1976). Bahkan menurut Wongsiri dan Tangkanasing (1987), persentase hijrahnya *A. cerana* akibat ketidakberadaan sumber pakan lebah dapat mencapai 50%.

#### KESIMPULAN

1. Potensi nektar ekstra floral pada HPHTI *A. mangium* pada umur 1 tahun adalah 83,25 liter/ha/hari, 2 tahun adalah 112,38 liter/ha/hari, 3 tahun adalah 141,52 liter/ha/hari, 4 tahun adalah 170.66 liter/ha/hari dan 5 tahun 199,800 liter/ha/hari (tabel1). Jumlah sekresi nektar oleh *A. mangium* menunjukkan kecenderungan mengalami peningkatan pada setiap umurnya. Hal ini berkaitan dengan jumlah daun yang semakin banyak terbentuk seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Kadar air yang terdapat pada nektar ekstra flora *A. mangium* mencapai 33%, sedangkan kadar gulanya bervariasi antara 24,5% s.d 23%.
2. Pada tegakan *A. mangium* umur 12 dan 50 bulan menunjukkan aktivitas lebah *A. cerana* yang membawa nektar ke dalam stup mengalami kenaikan sampai pada pukul 08.30 s.d 09.30 yaitu rata-rata mencapai 448 ekor, menurun rata-rata sampai 20 ekor pada pukul 12.30 s.d 13.30, mengalami kenaikan aktivitas pada sore hari pukul 16.30 s.d 17.30 yaitu mencapai 368 ekor, dan menurun kembali pada pukul 17.30 s.d 18.30.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Kehutanan Riau, 2006. Data Statistik Kehutanan Propinsi Riau. [www.dephut.go.id/files/statistik\\_dishutriau06\\_0.pdf](http://www.dephut.go.id/files/statistik_dishutriau06_0.pdf)
- Mindawati, N. 2010. Pengelolaan Hutan Tanaman Penghasil Kayu *Pulp*. Badan Litbang Kehutanan, Bogor
- Pasaribu, R.A dan A.P.Tampubolon. 2007. Status Teknologi Pemanfaatan Serat Kayu untuk Bahan Baku *Pulp*. Workshop Sosialisasi Program dan Kegiatan BPHPS Guna Mendukung Kebutuhan Riset Hutan Tanaman Kayu *Pulp* dan Jejaring Kerja. (Tidak dipublikasikan)
- Purnomo. 2010. Potensi Nektar Pada Hutan Tanaman Jenis *Acacia crassicarpa* untuk Mendukung Perlebahan. Laporan Hasil Penelitian Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat, Kuok (tidak dipublikasikan)
- Verma (1970). Verma, L.R. 1970. A Comparative Study of Temperature Regulation in *Apis mellifera* L and *Apis cerana* F. *Am Bee Journal* (110); pg 390-391
- Woyke, J. 1976. Brood Rearing Efficiency and Absconding in Indian Honeybees. *Journal Apic Res* (15); pg 133-143
- Wongsiri, S and Tangkanasing. 1987. *Apis cerana* F. Beekeeping in Thailand: unit Chulalongkom University, Bangkok

## Morfometri Kerang Darah *Anadara granosa* L Pada Beberapa Pasar Rakyat Makassar, Sulawesi Selatan

Muhammad Teguh Nagir, Magdalena Litaay, Eddy Soekendarsri

*Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin, Makassar 90245  
Email : teguhnagir25@gmail.com*

The Blood shell *Anadara granosa* is one of the bivalves that often sold in public markets Makassar. The research on Morphometry of Shells *A.granosa* has been done in Public Markets, Makassa from October – December 2012. The purpose of this study was to determine the correlation between shell length, shell width, shell thickness, and weight of the total weight of the meat as well as knowing the size of a decent catch *A.granosa* in Makassar. Morphometric relationships were analyzed using regression analysis. The results show the length and width of the shell, the length and shell thickness, the length and weight total showed positively correlated ( $0.80 \leq r \leq 1.00$ ); the length and weight of meat have moderate positive correlation ( $0.50 \leq r \leq 0.79$ ). *A.granosa* size sold in TPI Rajawali, Sentral market and Tanjung market has met the standards of a decent sized greater than 3 cm.

Key words : Blood shell *A.granosa*, morphometric, shell.

### PENDAHULUAN

Kekerangan adalah salah satu jenis biota laut yang memiliki nilai gizi yang tinggi dan digemari oleh masyarakat sebagai bahan konsumsi. Salah satu jenis kerang yang sering terdapat di pasaran Makassar adalah kerang darah *A.granosa*. Kerang darah *A.granosa* merupakan salah satu hasil laut yang memiliki nilai ekonomis tinggi sebagai sumber pemenuhan kebutuhan gizi (Wahyuni, 2010). Spesies ini mudah ditemukan oleh nelayan sehingga sering terdapat di pasaran dengan harga yang terjangkau.

Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2007-2011, produksi *A.granosa* selalu ada sepanjang tahun tersebut. Produksi kerang darah terbanyak adalah pada tahun 2007 sebanyak 660,6 ton. Ketersediaan kerang darah setiap tahun menunjukkan bahwa kerang darah adalah kerang ekonomis di daerah Sulawesi Selatan yang dibeli oleh masyarakat untuk berbagai jenis keperluan. Tingginya tingkat daya beli masyarakat merupakan salah satu faktor penyebab sering tersedianya *A.granosa* di pasaran. Hal ini menuntut para nelayan untuk terus mengumpulkan *A.granosa* dari perairan-perairan tertentu, sehingga jika terjadi terus menerus dapat menyebabkan berkurangnya populasi *A.granosa* karena pengambilan yang tidak lagi memperhatikan ukuran yang selanjutnya ditangkap. Berdasarkan hal tersebut diatas maka dianggap perlu untuk dilakukan pengukuran morfometri terhadap kerang *A.granosa* untuk mengetahui ukuran layak tangkap terhadap *A.granosa*.

### METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga pasar yang berbeda di Makassar yaitu pasar kerang Tanjung, TPI Rajawali Makassar dan Pasar Sentral. Sampel *A.granosa* yang diambil berjumlah 100 biji dan pengambilannya dilakukan secara random satu kali dalam seminggu selama empat minggu.

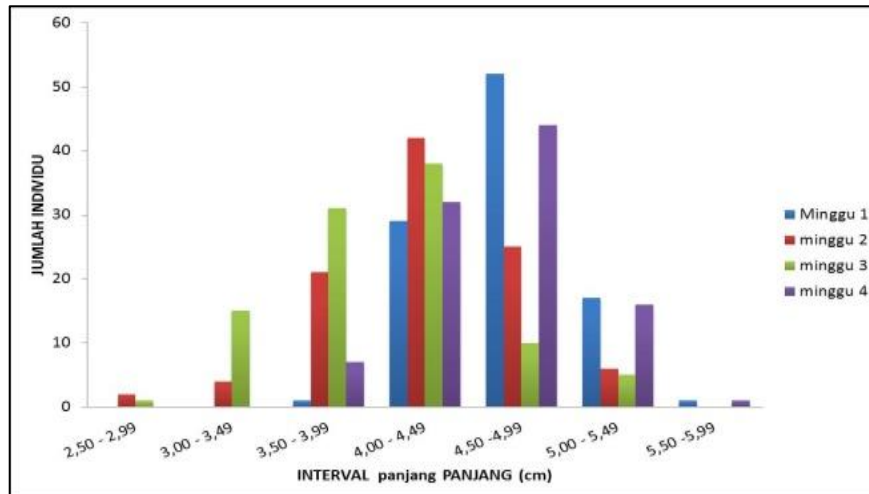
Parameter morfometrik yang diamati meliputi panjang, lebar, dan berat cangkang serta berat daging dan berat total. Sampel *A.granosa* diukur panjang cangkang kerang dari ujung anterior sampai ujung posterior, lebar cangkangnya diukur jarak vertical terpanjang dari cangkang dengan meletakkan secara horizontal dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran berat isi, berat cangkang dan berat total *A.granosa* dengan menggunakan neraca. Pengukuran berat total dilakukan dengan menimbang keseluruhan cangkang dan isinya yang masih menyatu, selanjutnya dilakukan pengukuran pada masing-masing berat isi dan berat cangkang dengan cara menimbang daging kerang setelah dipisahkan dari cangkangnya. Analisis data menggunakan analisis regresi untuk mengetahui korelasi, parameter morfometri, ukuran maksimum dan minimum serta frekuensi *A.granosa*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

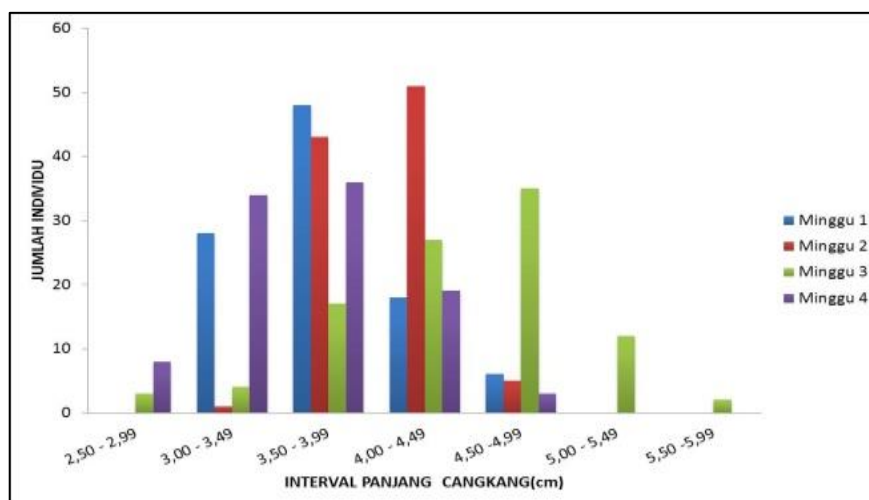
#### *Frekuensi A.granosa berdasarkan ukuran panjang*

Hasil pengukuran frekuensi *A.granosa* (%) berdasarkan ukuran panjang cangkang yang dijual di TPI Rajawali, pasar Sentral dan pasar Tanjung umumnya berkisar antara 2.50 – 5.99 cm,

dan ukuran yang paling sering dijual adalah 4.00 – 4.99 cm. Frekuensi kehadiran *A.granosa* dalam berbagai ukuran selama empat minggu pada tiga pasar tersebut juga bervariasi, selalu ada perbedaan ukuran *A.granosa* yang dijual di pasar setiap minggu. Frekuensi *A.granosa* (%) berdasarkan ukuran panjang cangkang yang dijual di TPI Rajawali, pasar Sentral dan pasar Tanjung terlihat pada gambar 1, 2 dan 3.



Gambar 1. Histogram frekuensi individu (%) berdasarkan ukuran panjang (cm) *A.granosa* asal TPI Rajawali



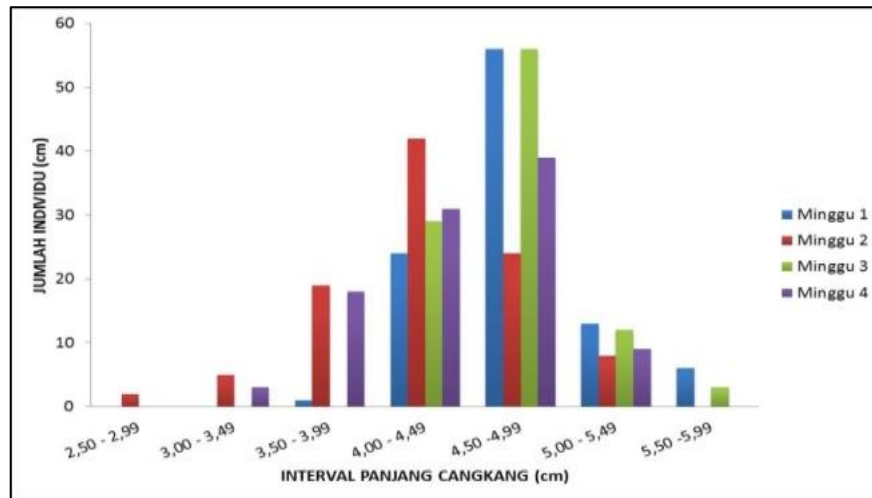
Gambar 2. Histogram frekuensi individu (%) berdasarkan ukuran panjang (cm) *A.granosa* asal pasar Sentral

Hasil wawancara dengan responden (penjual kerang) pada tiga pasar tersebut menyatakan bahwa variasi ukuran *A.granosa* yang terjual terjadi karena adanya pengambilan secara acak oleh pengumpul kerang dan adanya pengambilan kerang secara terus menerus. Selain karena mata pencaharian utama, tingginya daya beli masyarakat terhadap *A.granosa* di pasaran merupakan salah satu alasan sehingga pengambilan *A.granosa* secara terus menerus oleh para pengumpul kerang.

Jika dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Prasojo (2012) di Perairan Genuk, Kota Semarang, maka ukuran *A.granosa* yang ada di pasaran Makassar lebih besar. Ukuran kerang yang terdapat di perairan Genuk, Kota Semarang umumnya berkisar antara 1-3 cm, dan beberapa individu > 3 cm. Berdasarkan penelitian tersebut, diketahui bahwa *A. granosa* di Perairan Genuk biasanya lebih banyak dijumpai pada daerah yang lebih jauh dari muara sungai karena muara sungai merupakan daerah yang paling banyak terkena dampak dari menurunnya kualitas perairan, tingginya bahan pencemar, dan kegiatan perikanan yang mengeksploitasi bivalvia secara berlebihan. Begitupun penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Komala *dkk.*, (2011) di Teluk



Lada perairan Selat Sunda bahwa ukuran terpanjang *A. granosa* yaitu 31.84 mm yang artinya lebih kecil daripada kerang yang didapatkan di pasaran Makassar.



Gambar 3. Histogram frekuensi individu (%) berdasarkan ukuran panjang (cm) *A.granosa* asal pasar Tanjung

Menurut Aldrich (1986) dalam Komala, dkk (2011) bahwa perbedaan panjang maksimum yang diperoleh dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan antara lain perbedaan lokasi, keterwakilan contoh yang diambil, dan adanya tekanan penangkapan yang tinggi atau terdapat faktor yang sulit dikontrol seperti keturunan, umur, parasit, dan penyakit, selain itu faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan cangkang yaitu suhu dan makanan. Cole (1983) dalam Prasojo (2012) menyatakan bahwa bahan organik yang terlarut dalam perairan merupakan sumber nutrisi utama bagi hewan benthos, sehingga minim atau maksimumnya bahan organik dalam suatu perairan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kehadiran hewan benthos, diantaranya adalah dari kelompok bivalvia.

Rekamunandar (2012) juga menyatakan bahwa beberapa hal seperti umur, jenis kelamin, makanan yang cukup, persentase unsur kimia dalam laut dan keadaan lingkungan hidup dapat menyebabkan pengukuran morfometri untuk setiap individu sering menunjukkan hasil pengukuran yang berbeda-beda.

#### Korelasi morfometri *A.granosa*

Korelasi parameter morfometri kerang darah *A.granosa* yang dijual di TPI Rajawali, pasar Sentral dan pasar Tanjung diperlihatkan pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Korelasi parameter morfometri *A.granosa* di TPI Rajawali

Parameter	Lebar cangkang		Tebal cangkang		Berat daging		Berat total		
	Persamaan garis (y =)	R <sup>2</sup>	Persamaan garis (y =)	R <sup>2</sup>	Persamaan garis (y =)	R <sup>2</sup>	Persamaan garis (y =)	R <sup>2</sup>	
Minggu 1	Panjang cangkang	0.731x + 0.593	0.772	0.457x + 1.122	0.511	3.562x - 8.712	0.232	12.873x - 33.033	0.642
	Berat total	-	-	-	-	1.431x + 16.014	0.432	-	-
Minggu 2	Panjang cangkang	0.760x + 0.384	0.796	0.700x - 0.053	0.66	1.930x - 3.312	0.344	10.755x - 24.274	0.744
	Berat total	-	-	-	-	2.770x + 7.874	0.534	-	-
Minggu 3	Panjang cangkang	0.779x + 0.353	0.727	0.493x + 0.926	0.412	3.495x - 8.420	0.220	11.746x - 28.044	0.597
	Berat Total	-	-	-	-	1.288x + 16.427	0.398	-	-
Minggu 4	Panjang cangkang	0.848x + 0.001	0.921	0.644x + 0.202	0.776	2.790x - 6.514	0.367	11.135x - 27.498	0.827
	Berat Total	-	-	-	-	2.189x + 8.737	0.676	-	-

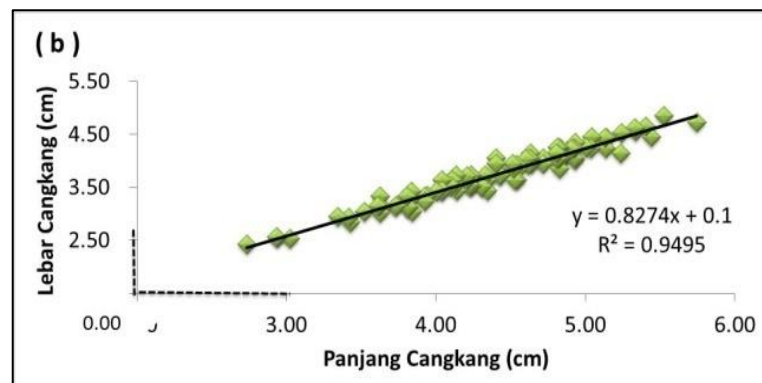
Tabel 2. Korelasi parameter morfometri *A.granosa* di pasar Sentral

Parameter	Lebar cangkang		Tebal cangkang		Berat daging		Berat total		
	Persamaan garis (y)	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	R <sup>2</sup>	
Minggu 1	Panjang cangkang	0.838x+0.024	0.899	0.633x+0.216	0.673	1.612x - 2.309	0.3	7.044x - 10.25	0.438
	Berat total	-	-	-	-	3.176x+ 4.309	0.771	-	-
Minggu 2	Panjang cangkang	0.789x+ 0.263	0.761	0.547x+0.643	0.247	2.820x - 5.65	0.328	9.319x - 16.65	0.679
	Berat total	-	-	-	-	1.681x + 11.126	0.536	-	-
Minggu 3	Panjang cangkang	0.827x+0.1	0.949	0.627x+0.261	0.843	5.570x - 15.267	0.817	14.06x - 35.72	0.895
	Berat Total	-	-	-	-	2.273x + 5.163	0.887	-	-
Minggu 4	Panjang cangkang	0.712x+0.563	0.834	0.553x+ 0.513	0.715	3.501x - 9.964	0.409	10.33x - 24.19	0.802
	Berat Total	-	-	-	-	1.730x + 10.61	0.672	-	-

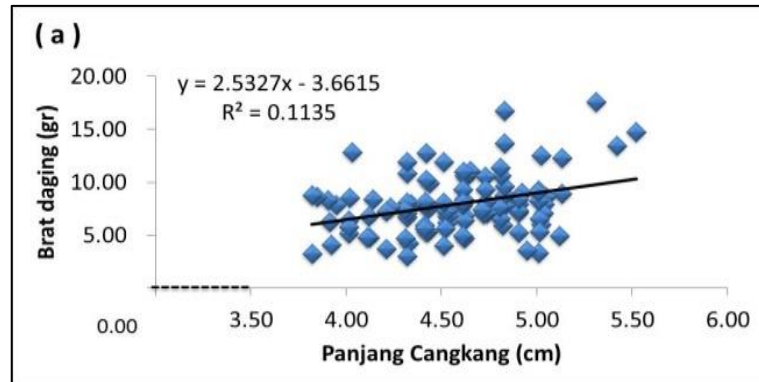
Nilai R<sup>2</sup> tertinggi terlihat pada korelasi antara panjang dan lebar cangkang *A.granosa* di pasar Sentral minggu ke tiga yaitu 0.949. Nilai R<sup>2</sup> terendah terlihat pada panjang cangkang dan berat daging *A.granosa* di TPI Rajawali pada minggu ke empat yaitu 0.113.

Tabel 3. Korelasi parameter morfometri *A.granosa* di TPI Rajawali

Parameter	Lebar cangkang		Tebal cangkang		Berat daging		Berat total		
	Persamaan garis (y)	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	R <sup>2</sup>	
Minggu 1	Panjang cangkang	0.838x+0.024	0.899	0.633x+0.216	0.673	1.612x - 2.309	0.3	7.044x - 10.25	0.438
	Berat total	-	-	-	-	3.176x+ 4.309	0.771	-	-
Minggu 2	Panjang cangkang	0.789x+ 0.263	0.761	0.547x+0.643	0.247	2.820x - 5.65	0.328	9.319x - 16.65	0.679
	Berat total	-	-	-	-	1.681x + 11.126	0.536	-	-
Minggu 3	Panjang cangkang	0.827x+0.1	0.949	0.627x+0.261	0.843	5.570x - 15.267	0.817	14.06x - 35.72	0.895
	Berat Total	-	-	-	-	2.273x + 5.163	0.887	-	-
Minggu 4	Panjang cangkang	0.712x+0.563	0.834	0.553x+ 0.513	0.715	3.501x - 9.964	0.409	10.33x - 24.19	0.802
	Berat Total	-	-	-	-	1.730x + 10.61	0.672	-	-



Gambar 4. Korelasi panjang-lebar cangkang *A.granosa* di pasar Sentral (minggu ke tiga)



Gambar 5. Korelasi panjang-berat daging *A. granosa* di TPI Rajawali (minggu ke empat)

Korelasi antara panjang cangkang dan lebar cangkang dari tiga pasar pengambilan sampel didapatkan bahwa di TPI Rajawali, pasar Sentral, dan pasar Tanjung menunjukkan korelasi yang sangat erat (kuat secara positif). Hal tersebut ditandai dengan nilai  $R^2$  yang tinggi salah satu contohnya yakni pada minggu pertama pada ketiga pasar tersebut didapat nilai  $R^2$  pada TPI, kerang betina pada umumnya lebih tebal dibanding dengan kerang jantan walaupun Rajawali, pasar Sentral, dan pasar Tanjung secara berturut-turut yaitu 0.753, 0.899 dan 0.772. Koefisien determinasi  $R^2$  adalah untuk mengetahui proporsi keberagaman total dalam variabel tak bebas  $y$  yang dapat dijelaskan atau diterangkan oleh variabel bebas  $x$ -nya. Pada nilai  $R^2$  0.753 angka tersebut menunjukkan bahwa data pada TPI Rajawali sebesar 75% variabel  $x$ -nya yakni panjang cangkang mempengaruhi variabel  $y$ -nya yakni lebar cangkangnya, artinya sebanyak 75% data menunjukkan pertambahan panjang cangkang berbanding lurus terhadap pertambahan lebar cangkang.

Derajat hubungan antara variabel yang satu dengan yang lainnya dapat dilihat pada koefisien korelasi ( $r$ ) yang didapatkan dengan rumus  $\sqrt{R^2}$ . Pada minggu pertama pada ketiga pasar tersebut didapat nilai  $r$  pada TPI Rajawali, pasar Sentral, dan pasar Tanjung secara berturut-turut yaitu 0.867, 0.946 dan 0.878 yang menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat erat. Pada TPI Rajawali didapatkan nilai  $R^2$  yang rendah yakni 0.3123 ini menyatakan bahwa hanya sebesar 31% variabel  $x$ -nya yakni panjang cangkang mempengaruhi variabel  $y$ -nya yakni tebal cangkangnya artinya sebanyak 31% data menunjukkan pertambahan panjang cangkang berbanding lurus dengan pertambahan tebal cangkang, dan nilai  $r$  sebesar 0.558 yang artinya adanya korelasi positif yang tidak terlalu erat. Begitu pula pada minggu 2 pasar Sentral didapatkan nilai  $R^2$  yakni 0.247 dan nilai  $r$  sebesar 0.496 artinya korelasi positif yang lemah. Membandingkan dengan penelitian Ratna Komala, *dkk.* (2011) juga didapatkan nilai  $R^2$  pada perbandingan panjang dan berat *A. Granosa* di perairan sunda yakni 0.334 dan nilai  $r$  yakni 0.58 yang artinya adanya hubungan yang tidak terlalu erat.

Korelasi lemah antara panjang cangkang dan berat daging diduga disebabkan karena dalam pengambilan sampel secara acak tidak dipisahkan antara kerang jantan dan kerang betinanya. Pada fase pemijahan ukuran panjang yang sama karena kerang betina lebih banyak membutuhkan ruang dalam perkembangan gonadnya sesuai yang dikemukakan oleh Broom (1980) dalam Komala (2011) bahwa peningkatan faktor kondisi dapat terjadi karena perkembangan gonad yang akan mencapai puncak sebelum memijah. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Rueda dan Urban (1998) diacu dalam Gimin *et al.* (2004), yang menyatakan bahwa faktor reproduksi dapat mempengaruhi pertumbuhan bivalvia dan merubah korelasi antara cangkang dan jaringan lunak. Selain itu, hal tersebut diduga bahwa sampel yang diukur tidak membedakan antara kerang jantan dan kerang betina. Kerang betina akan berukuran lebih berat jika belum terjadi pemijahan dan akan lebih ringan jika sudah terjadi pemijahan.

Ukuran panjang *A. granosa* dewasa berukuran 5 sampai 6 cm dan lebar 4 sampai 5 cm, dan ukuran ini sudah dapat ditangkap untuk keperluan konsumsi dan lainnya, namun dalam jumlah pengambilan yang sewajarnya (Pelu, 2011). Hasil penelitian menunjukkan pada umumnya ukuran terpanjang kerang darah *A. granosa* yang dijual di tiga pasar di Makassar (TPI Rajawali, pasar Sentral dan pasar Tanjung) adalah 5 cm, berarti ukuran kerang yang dijual telah layak untuk ditangkap. Hal ini juga diperkuat dengan Sahara (2011), bahwa kematangan gonad terjadi pada

saat *A.granosa* mencapai ukuran 18-20 mm dan kurang dari satu tahun, sedangkan ukuran dewasa mencapai ukuran 6-9 cm.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### *Kesimpulan*

1. Hubungan panjang cangkang dan lebar cangkang, panjang cangkang dan tebal cangkang, panjang cangkang dan berat total serta berat daging dan berat total *A.granosa* di TPI Rajawali, pasar Sentral, dan pasar Tanjung umumnya memperlihatkan korelasi kuat secara positif ( $0.80 \leq r \leq 1$ ), sedangkan korelasi panjang cangkang dan berat daging umumnya adalah korelasi sedang positif ( $0.50 \leq r \leq 0.79$ )
2. Ukuran *A.granosa* yang dijual di TPI Rajawali, pasar Sentral dan pasar Tanjung umumnya telah layak untuk dijual yaitu  $> 3$  cm

### *Saran*

Sebaiknya penangkapan *A.granosa* tetap memperhatikan ukuran dan siklus reproduksinya untuk menjaga kelestarian dan kelangsungan hidup *A.granosa* selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan. 2008. Laporan Statistik Perikanan Tangkap Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2007. Makassar.
- Gimin R, Mohan R, Thinh LV, Griffiths AD. 2004. The relationship of shell dimensions and shell volume to live weight and soft tissue weight in the mangrove clam, *Polymesoda erosa* (Solander, 1786) From Northern Australia. NAGA, WorldFish Center Quarterly Vol. 27 No. 3 & 4.
- Komala, R., F.Yulianda, dan D.Lumbanbatu., 2011. Morfometrik Kerang *Anadara granosa* dan *Anadara antiquata* Pada Wilayah Yang Tereksplorasi di Teluk Lada di Perairan Selat Sunda. Jurnal Pertanian dan Perikanan UMMI. Vol.1, No. 1, Hal. 14.
- Pelu, R., 2011. *Anadara granosa* (Kerang Darah). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Khairun. Ternate.
- Prasojo, S.A., Irwani, dan C.A.Suryono, 2012. Distribusi dan Kelas Ukuran Panjang Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Pesisir, Kecamatan Genuk, Kota Semarang. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang. Journal Of Marine Research. Volume 1: 1, Hal.152-160
- Rekamunandar, 2012. Analisis Morfometri dengan Menggunakan SPSS. Wordpress.com. Diakses pada tanggal 08 Agustus 2012
- Sahara 2011. Karakteristik Kerang Darah *A.granosa*. Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Wahyuni, E., 2010. Pengelolaan Komoditas Ekonomis Kerang Darah *Anadara granosa* L di Kota Semarang. Tesis. Universitas Diponegoro.

# Aplikasi Biosurfaktan Konsorsium Untuk Biodegradasi Limbah Hidrokarbon

**Joko Sulistyono dan Rita Dwi Rahayu**

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI  
*Email : jsmsulthan@gmail.com*

Biosurfaktan adalah metabolit mikroba yang bersifat menyerupai surfaktan dan dapat digunakan untuk mengganti surfaktan kimia sintetik untuk mengatasi masalah pencemaran hidrokarbon dari minyak bumi. Produksi biosurfaktan dapat diketahui dengan terbentuknya emulsifikasi pada media pertumbuhan, serta terjadinya penurunan kadar BOD dan COD pada substrat limbah hidrokarbon. Penelitian ini dilakukan untuk menguji beberapa isolat potensial penghasil biosurfaktan pada media mengandung air limbah hidrokarbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa biakan mikroba yang diujikan tersebut memiliki potensi menghasilkan biosurfaktan sebagaimana ditunjukkan dengan adanya aktivitas emulsifikasi. Pengujian pada skala lapangan terhadap air limbah hidrokarbon, menunjukkan bahwa penerapan biosurfaktan dapat menurunkan kadar BOD (440-1300 mg/l) serta COD (1240-1760 mg/l) dari limbah hidrokarbon tersebut, masing-masing menjadi BOD (82 mg/l) dan COD (116 mg/l), sehingga dapat memenuhi syarat baku mutu air limbah yang telah ditetapkan, yaitu BOD (50-100 mg/l, SNI 06-6989.9-2004) dan COD (100-250 mg/l, SNI 06-6989.2-2004).

Key words : biosurfaktan, biakan mikroba, hidrokarbon, emulsifikasi, COD, BOD

## PENDAHULUAN

Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) adalah polutan yang seringkali terjadi akibat pembakaran bahan bakar fosil dan hasil kegiatan industri. Pencemaran lingkungan oleh senyawa hidrokarbon terus mengalami peningkatan dan telah menimbulkan dampak yang berarti bagi kesehatan organisme hidup (Atlas, 1991). Karena diduga banyak yang bersifat karsinogen dan mutagen, maka terpapar PAH bisa berisiko terhadap kesehatan secara nyata (White, 1986), serta menjadi masalah besar terhadap lingkungan.

Bioremediasi merupakan salah satu upaya untuk mengurangi bahan pencemar dengan bantuan organisme. Biodegradasi hidrokarbon oleh mikroba telah diketahui sebagai mekanisme utama dalam proses eliminasi senyawa hidrokarbon di laut. Mikroba dengan kemampuannya dalam mendegradasi berbagai jenis PAH telah diungkapkan dan mekanisme kerjanya telah diteliti (Cerniglia, 1992.). Surfaktan dapat membantu proses kelarutan atau emulsifikasi untuk melepaskan hidrokarbon yang terserap menjadi bahan organik tanah dan meningkatkan kadar cairan senyawa hidrofobik, sehingga menyebabkan terjadinya perpindahan massa yang lebih tinggi (Aronstein *et al*, 1991; Mihelcic *et al*, 1993).

Salah satu faktor yang sering membatasi kemampuan mikroba dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon adalah sifat kelarutannya yang rendah (Francy *et al*, 1991), sehingga sulit mencapai sel mikroba. Upaya yang umum dilakukan untuk meningkatkan kelarutan hidrokarbon adalah dengan pemberian surfaktan sintesis. Penggunaan surfaktan ini menimbulkan masalah bagi organisme hidup karena bersifat toksik, *non-degradable* serta dapat menghambat proses degradasi oleh mikroorganisme (Laha & Luthy, 1992 dalam Willumsen & Karlson, 1997). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosurfaktan dapat meningkatkan biodegradasi hidrokarbon dengan meningkatkan aksesibilitas mikroba dalam substrat tidak larut (Tiehm, 1994; Zhang & Miller, 1992; Banat, 1995).

Senyawa aktif-permukaan tersebut disintesis oleh mikroba yang ditumbuhkan pada substrat yang sulit larut dalam air, terutama n-alkana (Hommel, 1990). Produksi biosurfaktan sering dikaitkan dengan kapasitas mikroba dalam memanfaatkan hidrokarbon sebagai substrat (Oberbremer & Muller-Hurtig, 1989). Pengetahuan lebih lanjut tentang mekanisme khusus yang digunakan oleh mikroba untuk mengakses PAH bermanfaat untuk meningkatkan biodegradasi PAH (Fiechter, 1992; Hunt *et al*, 1994).

Biosurfaktan merupakan komponen mikroorganisme yang terdiri atas molekul hidrofobik dan hidrofilik, yang mampu mengikat molekul hidrokarbon tidak larut air dan mampu menurunkan tegangan permukaan. Selain itu biosurfaktan secara ekstraseluler menyebabkan emulsifikasi hidrokarbon sehingga mudah untuk didegradasi (Koch, *et al*, 1991).

Penelitian mengenai mikroba penghasil biosurfaktan telah banyak dilakukan, baik dengan menumbuhkan pada substrat larut air maupun tidak larut. Carillo *et al* (1996) menyatakan bahwa mikroba dapat memproduksi biosurfaktan ketika ditumbuhkan pada substrat yang tidak larut (seperti hidrokarbon, minyak, dan lilin) atau pada substrat yang larut (karbohidrat).

Miguez dan Ingram (1986) telah menumbuhkan *P. aeruginosa* pada substrat glukosa dan heksadekan. Pertumbuhan *P. aeruginosa* pada substrat heksadekan menyebabkan selnya bersifat lebih hidrofob. Hidrofobisitas sel ini menyebabkan sel tersebut menunjukkan aktivitas emulsifikasi lebih baik dan mampu menurunkan tegangan permukaan supernatan kultur secara signifikan dibanding sel yang ditumbuhkan pada substrat glukosa. Neufeld *et al* (1983 dalam Francy *et al*, 1991) menegaskan bahwa pengaruh senyawa hidrokarbon pada komponen permukaan sel yang hidrofobik dapat menyebabkan sel tersebut kehilangan integritas struktural selnya dan melepaskan biosurfaktan ke dalam medium.

Dalam upaya mengoptimalkan bioremediasi lingkungan perairan di Indonesia, pencarian biakan lokal yang mempunyai kapasitas tinggi dalam mendegradasi senyawa pencemar dan menghasilkan biosurfaktan sangat diharapkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi beberapa biakan mikroba dalam memproduksi biosurfaktan. Selain itu penelitian ini juga diarahkan untuk menguji pengaruh aplikasi biosurfaktan konsorsium dalam pengolahan limbah hidrokarbon yang tidak larut air, sebagai hasil buangan pabrik industri elektronik, serta untuk mengetahui efektivitas teknologi bioproses secara terpadu.

## BAHAN DAN METODA

### *Biakan Mikroba*

Biakan mikroba yang digunakan adalah *Pseudomonas* sp, *Bacillus* sp, *Nocardia* sp, *Candida* sp dan *Nitrosomonas* sp. yang merupakan koleksi Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI.

### *Media dan Kondisi Pertumbuhan*

Komposisi media pertumbuhan terdiri dari 10g/l glukosa, 0,5g/l ekstrak khamir, 3 g/l amonium sulfat, 0,5 g/l magnesium sulfat, 0,1 g/l kalsium klorida, 0,01 g/l mangan sulfat, 0,1 g/l ferro sulfat, 3 g/l ekstrak malt, 0,5 g/l peptone, dan substrat penginduksi 20g/l pelumas atau 20g/l air limbah hidrokarbon. Seluruh bahan media dilarutkan dalam 1000 ml buffer fosfat yang sudah disesuaikan pada pH 7,0. Media dihomogenkan menggunakan microwave. Kemudian media disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C tekanan 1 atm selama 20 menit.

Setelah didinginkan media diinokulasi menggunakan biakan prakultur sebanyak 2% dari volume biakan, kemudian diinkubasikan pada suhu 45°C pada kecepatan 120 rpm/menit selama 5 hari. Inokulum yang digunakan adalah seluruh biakan mikroba yang ditumbuhkan dalam medium *Nutrien Broth* (NB) dan diprakulturkan dengan *shaker incubator* pada kecepatan 90rpm/menit selama 24 jam pada suhu 30°C. Sampel disampling untuk pengukuran pH dan pengukuran OD (*Optical Density* = 0.5) pertumbuhan mikroba pada  $\lambda$  610 nm, serta kurva pertumbuhan bakteri pada hari ke-0 hingga hari ke-5.

### *Pengukuran Kurva Pertumbuhan Mikroba*

Produksi biosurfaktan diukur pada fase stasioner. Untuk mendapatkan fase stasioner, dilakukan pengamatan pertumbuhan bakteri dengan metode *Total Plate Count* (TPC) pada kultur dengan substrat hidrokarbon dan metode kerapatan optik (OD) pada kultur dengan substrat glukosa. TPC dilakukan setiap dua hari sekali dan dinyatakan sebagai hasil logaritmik dari jumlah sel/ml kultur, sedangkan pengukuran OD dilakukan pada setiap dua jam sekali. Data yang diperoleh digunakan untuk membuat kurva pertumbuhan bakteri.

### *Pengukuran aktivitas emulsifikasi*

Aktivitas emulsifikasi diukur menurut metode Johnsons *et al* (1992). Sebanyak 4,5ml supernatan ditambah 0,5ml hidrokarbon uji (pelumas, solar, heksadekan atau limbah hidrokarbon). Setelah divortek selama 1 menit, campuran reaksi diukur kestabilan emulsinya dengan mengukur nilai OD campuran setelah inkubasi selama 2 jam, pada panjang gelombang 610nm. Kontrol terdiri dari air mineral sintetis dan hidrokarbon uji. Aktivitas emulsifikasi dilaporkan sebagai hasil rata-rata dari 5 kali ulangan.

### *Uji aplikasi biosurfaktan konsorsium*

Biakan mikroba yang sudah mencapai fase stasioner disentrifus pada kecepatan 3500 rpm selama 30 menit. Supernatan dipisahkan kemudian diuji dengan limbah hidrokarbon, kemudian divorteks selama 1 menit dan diinkubasi selama 2 jam dan diukur OD emulsifikasinya pada  $\lambda$  610 nm. Biakan mikroba yang menunjukkan aktivitas emulsifikasi tinggi, selanjutnya dijadikan satu

untuk preparasi pembuatan biosurfaktan konsorsium. Larutan biosurfaktan selanjutnya diaplikasikan pada beberapa sampel limbah hidrokarbon.

Biosurfaktan konsorsium diinokulasi sebanyak 2-5% kedalam air limbah hidrokarbon yang telah dipersiapkan dalam tanki bioreaktor yang terbuat dari drum-drum bekas berukuran 200 Liter dan dilengkapi dengan alat pengaduk otomatis serta aerator untuk menyuplai kebutuhan oksigen bagi pertumbuhan biakan mikroba aerob. Setelah inkubasi selama 7-14 hari, selanjutnya air limbah hidrokarbon yang telah diproses diendapkan dengan penambahan larutan bioflokulan yang terbuat dari khitosan selama 2-3 jam dan selanjutnya difiltrasi menggunakan biofilter yang terbuat dari campuran zeolit dan arang aktif (1:1, w/w).

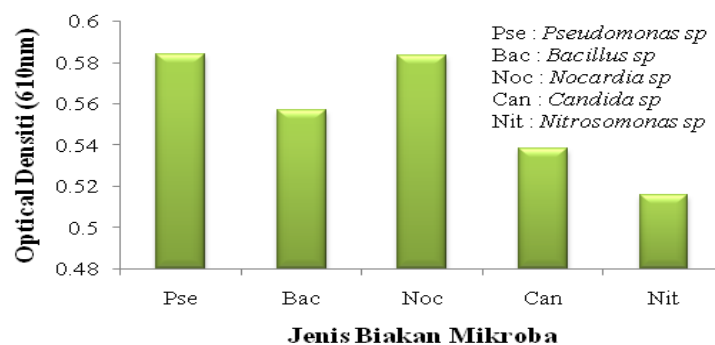
### **Pengukuran COD dan BOD**

Pengukuran BOD dilakukan dengan mengukur kandungan oksigen terlarut awal ( $DO_i$ ) dari sampel awal, serta kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap ( $20^{\circ}\text{C}$ ) sebagai  $DO_5$ . Selisih  $DO_i$  dan  $DO_5$  ( $DO_i - DO_5$ ) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). Pengukuran oksigen dilakukan secara analitik dengan cara titrasi.

Metode pengukuran COD dilakukan menggunakan *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. *Reflux* diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) sebagai oksidator pada sampel (volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Nilai COD dapat segera diketahui setelah 1-2 jam kemudian.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk menginduksi biosurfaktan yang akan diekstraksi, dalam penelitian ini terlebih dahulu biakan *Pseudomonas sp*, *Bacillus sp*, *Nocardia sp*, *Candida sp* dan *Nitrosomonas sp*, diuji aktivitas enzimatisnya pada media mengandung berbagai substrat pati dan pH alkali (pH 8-9). Setelah disuspensikan dengan akuades steril dan diukur ODnya pada  $\lambda$  610 nm, pengukuran nilai OD untuk setiap biakan disesuaikan pada OD 0,5. Hasil pengukuran menunjukkan OD untuk biakan *Pseudomonas sp* 0,584, *Bacillus sp* 0,557, *Nocardia sp* 0,583, *Candida sp* 0,38 dan *Nitrosomonas sp* 0,516, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut (Gambar 1).

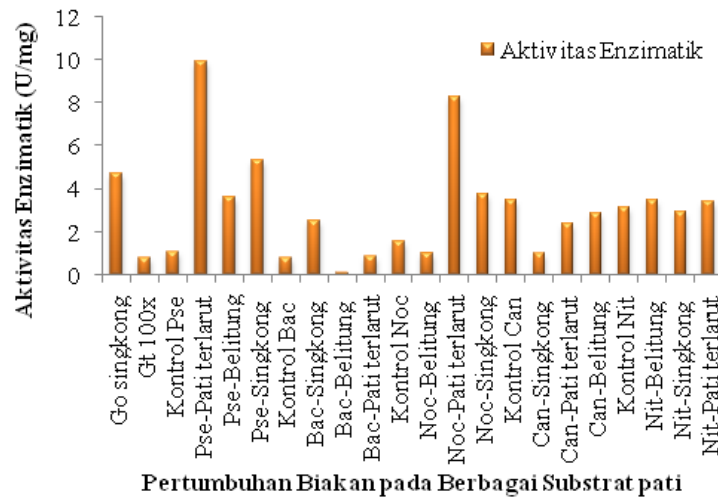


Gambar 1. Profil pertumbuhan mikroba penghasil biosurfaktan.

Pengukuran OD pertumbuhan pada  $\lambda$  610 nm menunjukkan kenaikan OD pertumbuhan. Masing-masing isolat dalam setiap substrat yang berbeda pertumbuhannya terus meningkat, karena biakan mampu menggunakan nutrisi dalam substrat sebagai sumber cadangan makanannya. Hal ini terbukti bahwa ubi-ubian memang cocok digunakan sebagai cadangan makanan bagi mikroba untuk pertumbuhannya terutama mikroba penghasil enzim alkalofilik.

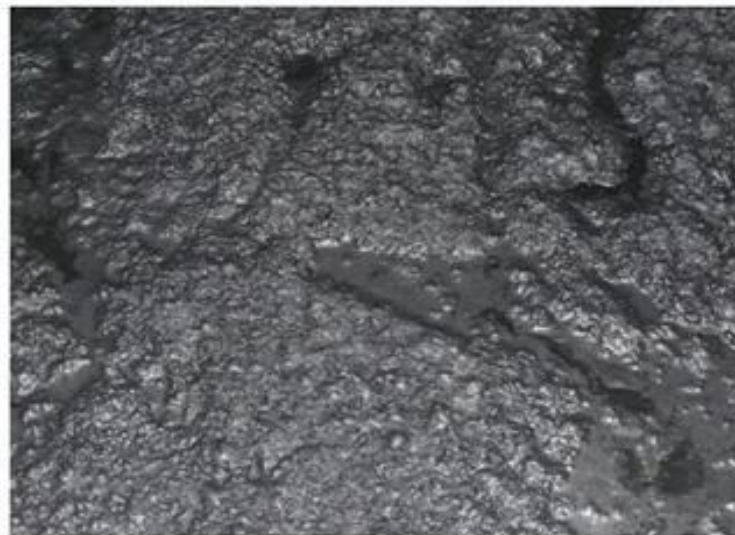
Aktivitas enzim ditentukan dengan metode gula pereduksi menggunakan larutan asam-3,5-Dinitrosalisilat. Hasil menunjukkan bahwa aktivitas enzim terbesar dihasilkan oleh biakan *Pseudomonas sp* pada substrat pati dan singkong sebesar 4.7 unit/mg dan 9.9 unit/mg, biakan *Bacillus sp* pada substrat singkong sebesar 5.3 unit/mg, biakan *Nocardia sp* pada substrat belitung sebesar 8.26 unit/mg, biakan *Candida sp* pada substrat pati sebesar 3.5 unit/mg, dan biakan

*Nitrosomonas sp* pada substrat belitung masing-masing sebesar 4,00 unit/mg dan 4,02 unit/mg (Gambar 2).



Gambar 2. Aktivitas enzimatis biakan mikroba penghasil biosurfaktan.

Untuk memproduksi biosurfaktan yang bermanfaat untuk pengolahan limbah berbagai industri atau aplikasi praktis dengan spektrum pemanfaatan yang luas, dilakukan serangkaian pengujian menggunakan biosurfaktan konsorsium yang memiliki aktivitas enzimatis yang diinduksi menggunakan berbagai substrat pati. Biosurfaktan hasil ekstraksi dari beberapa biakan mikroba tersebut, tidak mengandung bahan yang bersifat toksik, tidak menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Seluruh biakan uji yang mampu membentuk emulsi dengan hidrokarbon dipilih sebagai biakan yang mampu menghasilkan biosurfaktan. Bahkan limbah hidrokarbon yang berasal dari hasil buangan pabrik industri elektronik yang memiliki kandungan COD dan BOD sangat tinggi, (Gambar 3), secara berangsur-angsur mengalami penurunan, sehingga memenuhi syarat baku mutu air limbah.



Gambar 3. Kondisi limbah hidrokarbon berupa hasil buangan pabrik elektronik.

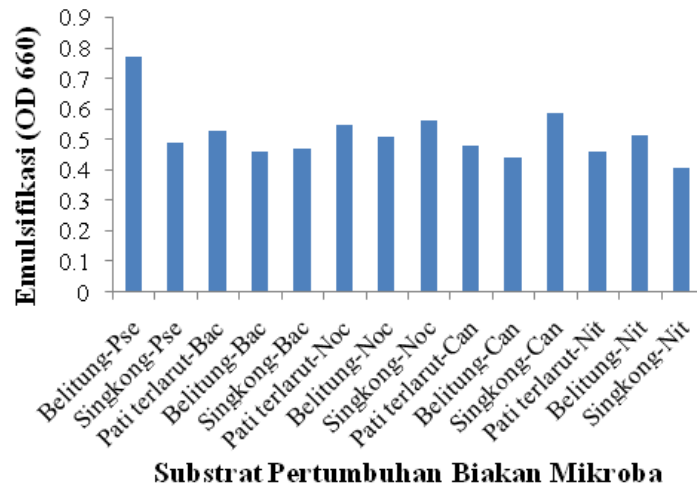
Pengujian terhadap kemampuan biakan bakteri penghasil biosurfaktan dalam membentuk emulsi, diuji dengan menginkubasi biosurfaktan yang terbentuk pada masing-masing substrat pertumbuhan setelah dilakukan penambahan bahan penginduksi berupa hidrokarbon. Hasil pengujian emulsifikasi hidrokarbon menunjukkan bahwa kelima jenis biakan uji mampu membentuk emulsifikasi dengan kapasitas yang cukup berbeda.

Hasil uji emulsifikasi menunjukkan bahwa dalam substrat pati dan hidrokarbon, seluruh biakan menunjukkan aktivitas yang lemah. Dari uji tersebut menunjukkan bahwa ketika



ditumbuhkan dalam substrat pati dan hidrokarbon, biakan mikroba menghasilkan biosurfaktan yang bersifat aktif permukaan. Cooper *et al* (1986 dalam Willumsen and Karlson, 1997) mengindikasikan adanya polimer dengan berat molekul besar, yang dikenal dengan *bioemulsifier* polisakarida amfifatik. Dalam medium cair, senyawa ini memengaruhi pembentukan emulsi serta kestabilannya dan tidak selalu menunjukkan penurunan tegangan permukaan medium.

OD emulsifikasi diukur pada saat bakteri mencapai fase pertumbuhan yang stationer, dengan menggunakan limbah hidrokarbon. Nilai OD emulsifikasi diukur pada  $\lambda$  610 nm dengan menggunakan air suling dan pelumas sebagai kontrol. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa OD emulsifikasi terbesar dihasilkan oleh biakan *Pseudomonas sp* yang ditumbuhkan pada substrat pati terlarut dan pati belitung yaitu sebesar 0,8474 dan 0,858 (Gambar 4).



Gambar 4. Emulsifikasi limbah hidrokarbon oleh biakan penghasil biosurfaktan.



Gambar 5. Limbah hidrokarbon yang telah diproses dengan biosurfaktan dan bioflokulan.

Beberapa biakan mikroba ketika ditumbuhkan pada media air limbah hidrokarbon dengan komposisi media dan konsentrasi mikroba yang sama, menghasilkan pengaruh yang berbeda karena adanya perbedaan substrat (sumber karbon). Hal ini menyebabkan biosurfaktan yang dihasilkan menunjukkan aktivitas yang berbeda pula (Desai & Desai, 1993.). Hasil uji potensi biakan mikroba konsorsium dalam memproduksi biosurfaktan menggunakan substrat pati dan hidrokarbon menunjukkan bahwa beberapa biakan mikroba merupakan sumber penghasil biosurfaktan yang efektif dalam menurunkan COD dan BOD air limbah buangan parik industri elektronik mengandung senyawa hidrokarbon yang sangat tinggi, masing-masing antara 1250-3500 mg/L dan 440-1300 mg/L, namun dapat diproses melalui aplikasi biosurfaktan konsorsium,

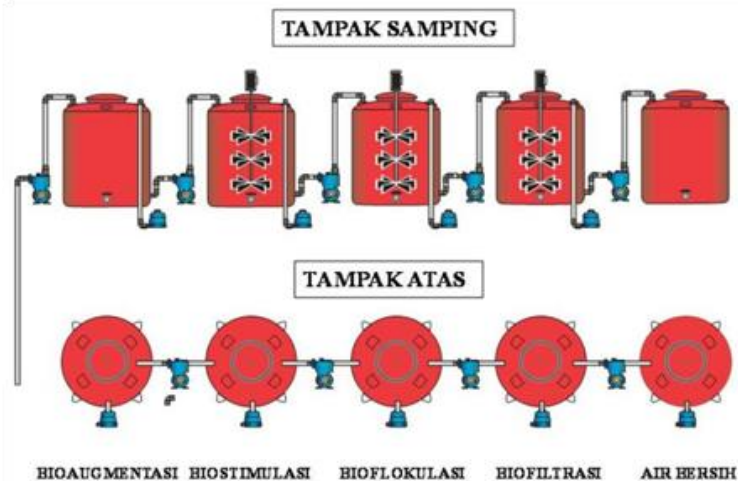
bioflokulan dan biofiltrasi sehingga mengalami penurunan dan memenuhi syarat baku mutu air limbah, masing-masing 82-116 mg/L dan 37-55 mg/L (Tabel 1).

Teknologi bioproses menggunakan bioreaktor dapat mengubah senyawa pencemar organik dan an-organik berbahaya menjadi senyawa lain yang lebih aman dan ramah lingkungan melalui aktivitas secara biologis, dengan hanya melibatkan agen-agen biologis, antara lain biosurfaktan, biokatalis, bioflokulan dan bioaktivator serta biofiltrasi. Rangkaian bioproses tersebut dapat dikerjakan menjadi satu kesatuan alur proses bioreaktor yang dikemas dalam suatu rancangan IPAL-Portable (Gambar 6).

IPAL-Portable merupakan suatu kombinasi proses pengolahan limbah secara *in-situ* dan *ex-situ*, yaitu dengan cara memindahkan limbah-limbah tersebut pada tanki-tanki bioreaktor yang telah ditempatkan disekitar kawasan pabrik maupun ke lokasi lain diluar pabrik. Keunggulan dari teknologi bioproses tidak hanya memindahkan, namun juga mengubah molekul senyawa polutan yang berbahaya menjadi aman (tidak berbahaya). Hasil akhir bioproses adalah berupa gas karbon dioksida, air, dan senyawa-senyawa sederhana yang ramah lingkungan (Gambar 7).

Tabel 1. Hasil analisis kandungan COD dan BOD air limbah hidrokarbon.

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Gol. baku mutu limbah cair (I dan II)	Metode	No
1.	COD (awal)	mg/L	1,237 - 3,536	100	250	1.
2.	BOD (awal)	mg/L	440,0 - 1,299	50	100	2.
3.	COD (proses)	mg/L	342,8 - 1,424	100	250	3.
4.	BOD (proses)	mg/L	152,7 - 660,4	50	100	4.
5.	COD (akhir)	mg/L	82,0 - 116,0	100	250	5.
6.	BOD (akhir)	mg/L	37,0 - 55,0	50	100	6.



Gambar 7. Disain IPAL Portable berbasis kerja biosurfaktan, bioflokulan dan biofiltrasi.

Fungsi biosurfaktan mengakibatkan substrat berupa cairan tidak terlarut akan teremulsi menjadi misel-misel, dan menyebarkannya ke permukaan sel mikroba. Substrat yang padat dipecah oleh biosurfaktan, sehingga lebih mudah masuk ke dalam sel. Terdapat tiga cara transpor hidrokarbon ke dalam sel mikroba secara umum yaitu pertama interaksi sel dengan hidrokarbon terlarut dalam fase air. Pada kasus ini umumnya rata-rata kelarutan hidrokarbon oleh proses fisika sangat rendah sehingga tidak dapat mendukung pertumbuhan mikroba. Kedua, kontak langsung sel dengan permukaan tetesan hidrokarbon yang lebih besar daripada sel mikroba.

Pada kasus yang kedua sel mikroba melekat pada permukaan tetesan hidrokarbon yang lebih besar dari pada sel, dan pengambilan substrat dilakukan dengan cara difusi atau transpor aktif. Ketersediaan substrat untuk penempelan sel merupakan faktor yang membatasi penggunaan substrat.

Kontak langsung antara hidrokarbon dengan sel menunjukkan adanya mekanisme yang penting dalam penggunaan substrat. Ketiga, interaksi sel dengan tetesan hidrokarbon yang teremulsi atau tersolubilisasi oleh mikroba. Pada kasus ini sel mikroba berinteraksi dengan partikel hidrokarbon yang lebih kecil daripada sel. Dengan berkurangnya partikel substrat, maka daerah

antar permukaan antara hidrokarbon dengan air akan bertambah, sehingga meningkatkan penggunaan substrat oleh mikroba (Goswami dan Singh, 1990).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aronstein, B.N., Y.M. Calvillo and M. Alexander. 1991. Effect of surfactants at low concentration on the desorption and biodegradation of sorbed aromatic compounds in soil. *Environ. Sci. Technol.* 25:1728–1731.
- Atlas, R.M., 1991. Microbial Hydrocarbon Degradation – Bioremediation of Oil Spil. *J Chem Tech Biotechnol.* 52: 149–156.
- Banat, I.M. 1995. Biosurfactant production and possible uses in microbial enhanced oil recovery and oil pollution remediation: a review. *Biores. Tech.* 51:1–12.
- Carillo, G.G., C. Mardaraz, A.M. Pitta–Alvarez, Guiliettu. 1996. Isolation and Selection of Biosurfactant Producing Bacteria. *Word J Microbiol and Biotechnol.* 12: 82–84.
- Cerniglia, C.E. 1992. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Biodegradation* 3:351–368.
- Desai, J.D and A.J. Desai 1993. Production of Biosurfactants. In: *Biosurfactants Production, Properties, Application.* N.Kosaric, Marcel Dekker Inc., New York, 66–97.
- Fiechter, A. 1992. Biosurfactants: moving towards industrial application. *Trends Biotechnol.* 10:208–217.
- Francy, D.S., J.M. Thomas, R.L. Raymond and C.H. Ward. 1991. Emulsification of Hydrocarbons by Surface Bacteria. *J ind Microbiol* 8: 234–246.
- Goswami, P and H.D. Singh. 1990. The Effect of Immobilization on Rhamnolipid Production by *Pseudomonas fluorescens*. *J. Appl Bacteriol.* University of Plymouth.
- Hommel, R.K. 1990. Formation and physiological role of biosurfactants produced by hydrocarbon-utilizing microorganisms. *Biodegradation* 1:107–119.
- Hunt, W.P., K.G. Robinson and M.M. Ghosh. 1994. The role of biosurfactants in biotic degradation of hydrophobic organic compounds, p. 318–322. In R. E. Hincee, B. C. Alleman, R. E. Hoeppele, and R. N. Miller (ed.), *Hydrocarbon bioremediation.* Lewis Publishers, Boca Raton, Fla.
- Johnsons, V., M. Sigh, V.S. Saini, D.K. Andikari, V. Sista and N.K. Yadav. 1992. Bioemulsifer Production Using Non Aseptic Fermentation of Mixed Cultures. *J Biotechnol and Bioeng* 44: 661–666.
- Koch, A. K., O. Ka'ppeli, A. Fiechter and J. Reiser. 1991. Hydrocarbon assimilation and biosurfactant production in *Pseudomonas aeruginosa* mutants. *J. Bacteriol.* 173:4212–4219.
- Miguez, C.B and J.M. Ingram. 1986. Lipopolysaccharide changes and cytoplasmic polyphosphate granule accumulation in *Pseudomonas aeruginosa* during growth on hexa decane. *Can J Microbiol*, 32, 248–252.
- Mihelcic, J.R., D.R. Lueking, R.J. Mitzell and J.M. Stapleton. 1993. Bioavailability of sorbed- and separate-phase chemicals. *Biodegradation* 4:141–153.
- Oberbremer, A., and R. Mu'ller-Hurtig. 1989. Aerobic stepwise hydrocarbon degradation and formation of biosurfactants by an original soil population in a stirred reactor. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 31:582–586.
- Tiehm, A. 1994. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the presence of synthetic surfactants. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:258–263.
- White, K.L. 1986. An overview of immunotoxicology and carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environ. Carcinogen Rev.* C4:163–202.
- Willumsen, P.A. and U.K arlson. 1997. Screening of Bacteria, Isolated from PAH Contaminated Soils, for Production of Biosurfactans dan Bioemulsifiers. *Biodegradation* 7: 415–423.
- Zhang, Y. and R.M. Miller, 1992. Enhanced octadecane dispersion and biodegradation by a *Pseudomonas* rhamnolipid surfactant (biosurfactant). *Appl. Environ. Microbiol.* 58:3276–3282.

## *Salmonella* Identification Method

**Hazin Yusuf**

*PT Dipa Puspa Labsains*  
*Email: hazim.yusuf@dipa.co.id*

Genus *Salmonella* hanya terdiri dari dua species, tetapi terdiri dari sekitar 2,500 serotype yang kebanyakan menyebabkan penyakit pada manusia yang ditularkan dari makanan. Metoda deteksi dan konfirmasi *Salomonella* secara tradisional sudah lama diketahui, namun memerlukan waktu kurang lebih dari 5 hari untuk mendapatkan hasil yang baik. Metoda deteksi dan konfirmasi cepat sudah tersedia dan dapat mengurangi waktu deteksi 48 jam. Selain dikenal sebagai penyebab infeksi penyakit demam typhoid, *Salmonella* juga sangat terkenal sebagai penyebab racun bakteri makanan. Walaupun demam typhus sudah banyak berkurang pada negara-negara berkembang, namun racun makanan yang disebabkan *Salmonella* sudah lama dan terus berlanjut sebagai suatu problem global kesehatan masyarakat, selain *Campylobacter* yang baru-baru ini menjadi penyebab keracunan makanan pada masyarakat Eropah dan Amerika Utara, *Salmonella* tetap penyebab pathogen yang sangat penting dan meluas. Hal ini menjadi perhatian utama pada industry makanan yang mengawasi produksi berbagai jenis makanan mulai dari produk daging, susu, chocolate, selai kacang dll dari yang makanan segar sampai matang. Dari sejarah panjang food borne *Salmonellosis*, maka tidak heran bahwa diperlukan pemeriksaan mikrobiologi yang sangat serius pada bahan baku makanan dan produk-produk makanan jadi. Metoda pemeriksaan secara tradisional maupun cepat kedua-duanya sudah luas dikembangkan untuk mengetahui dan mengidentifikasi *Salmonella* ini. Metoda mikrobiologi secara manual dengan menggunakan media agar yang khusus telah memangkas waktu kerja Laboratorium Mikrobiologi dengan sangat significant dari mulai isolasi sampai identifikasi *Salmonella* yang semula 4-5 hari menjadi hanya 2-3 hari. Metoda *Salmonella* Preci<sup>TM</sup> yang dikembangkan oleh OXOID (part of Thermo Scientific, Microbiology Business Division) ini sudah divalidasi oleh AFNOR, ISO16140:2003 dan ISO6579:2002.

# Bakteri Amilolitik Penghasil Asam Laktat Dari Sagu Masam Hasil Pengolahan Secara Tradisional Di Jayapura

**Tri Gunaedi**

*Jurusan Biologi FMIPA Universitas Cenderawasih Jayapura Papua  
Konsorsium Riset Sagu, UNIPA Manokwari  
Email : gunaeditri@yahoo.co.id*

Sagu masam hasil pengolahan secara tradisional berpotensi sebagai sumber isolat bakteri amilolitik penghasil asam laktat. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa bakteri amilolitik penghasil asam laktat hasil isolasi dari sagu masam bervariasi dilihat dari jenis dan jumlahnya. Sumber isolate diperoleh dari tempat pengolahan sagu secara tradisional di daerah Maribu dan Jembatan dua serta dari pasar Sentani, Abepura dan Hamadi, Jayapura Papua. Pengujian daya amilolitik dilakukan dengan menumbuhkan isolat pada medium starch agar yang mengandung 0.5% pati terlarut, medium yang berisi kultur ditetesi dengan larutan Iodine 0,2% dalam 2% Kalium Iodida. Asam laktat yang dihasilkan oleh isolate bakteri amilolitik ditentukan dengan menggunakan gas kromatografi Hewlett Packard 5890 series II dengan kolom gelas kapiler berisi 5% Phenyl Methyl Siloxane. Hasil penelitian mendapatkan 118 isolat bakteri amilolitik dan 120 isolat bakteri non amilolitik. Isolat bakteri amilolitik yang dapat menghasilkan asam laktat berjumlah 62 isolat. Asam laktat yang dihasilkan terendah 0,0143 dan tertinggi 45, 8219 mg/g.

Kata kunci: Bakteri Amilolitik, asam laktat dan sagu masam.

## PENDAHULUAN

Pati sagu tersedia melimpah di Indonesia khususnya di Papua belum banyak industri yang memanfaatkannya. Tepung sagu/pati memenuhi persyaratan untuk memproduksi asam laktat sebagai prekursor asam polilaktat/poly lactic acid, karena kandungan sumber karbon (C) tinggi dan sejumlah kecil unsur N (nitrogen), P (fosfat), dan K (kalium). Komposisi C tinggi dan salah satu unsur N, P atau K terbatas dalam medium, kondisi ini disenangi oleh bakteri amilolitik asam laktat untuk membentuk asam laktat.

Sumber daya alam berupa hutan sagu di Papua diperkirakan sekitar 1.200.000 Ha hutan sagu dan 14.000 Ha perkebunan pohon sagu ( Flach, 1997). Produksi pati sagu per batang rata-rata mencapai 250 kg, sehingga apabila per ha berisi 1000 batang sagu maka cadangan pati sagu di Papua diperkirakan 250 ton/ha. Gambaran cadangan natural tersebut memberikan ketersediaan bahan baku yang melimpah, terlebih lagi apabila sistem bercocok tanam sagu berbasis teknologi dapat dijalankan dengan sempurna maka cadangan pati sagu dapat lebih berlimpah.

Pemanfaatan sagu sebagai medium produksi asam laktat memiliki fungsi memberikan nilai tambah. Asam laktat merupakan asam karboksilat dengan rumus kimia  $CH_3CHOHCOOH$  dan merupakan asam organik cair tidak berwarna. Produksi asam laktat dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara sintesis kimia dan fermentasi karbohidrat. Metode fermentasi karbohidrat relatif lebih murah dan mudah dilakukan (Narayanan *et al.*, 2004). Asam laktat yang dihasilkan dapat dikonversikan menjadi poli asam laktat (PLA). PLA adalah poliester alifatik termasuk jenis plastik yang dapat terombak secara hayati (*biodegradable plastic*) oleh berbagai jenis mikroorganisme. Jenis plastik ini memiliki sifat dapat terdegradasi secara hayati, transparan, memiliki titik leleh tinggi (180°C), komposibel, dan aman bagi lingkungan (Ajioka, *et al.* 1995). Selain itu asam laktat merupakan bahan industri makanan sebagai penambah selera, pengawet, aroma, pengatur pH, meningkatkan kualitas mikrobial dan mineral fortifikasi. Dalam industri kosmetik digunakan, sebagai pelembab, agen pencerah kulit, agen peremaja kulit, pengatur pH, agen anti acne, agen anti tar-tar; Industri kimia diantaranya sebagai pengatur pH, agen pembersih, agen pelepas asam lemah, agen campuran metal; prekursor bahan kimia, propylene oxide, acetatdehide, asam propionat, etil laktat, laktat dan poly(lactid acid) ; Industri farmasi diantaranya sebagai larutan dialisis, dan pembuatan tablet obat (Wee *et al.*, 2006).

Kebutuhan dunia akan asam laktat meningkat dari sekitar 130.000 hingga 150.000 metrik ton per tahun menjadi 500.000 metrik ton pada tahun 2010 (Boswell, 2001). Hal ini merupakan prospek yang bagus bagi tanah Papua yang memiliki sumber substrat terbarukan berupa pohon sagu penghasil tepung sagu untuk membuat industri asam laktat dan berbagai turunannya.

Bakteri asam laktat selalu ditemukan pada berbagai produk pertanian dan makanan yang dikerjakan secara tradisional (Rahayu, 2003). Tepung sagu basah merupakan satu dari sekian banyak produk pertanian yang mudah sekali mengalami kemasaman akibat terjadinya fermentasi

asam laktat secara spontan (Greenhill *et al.*, 2007). Melalui tahapan isolasi dan seleksi menggunakan medium selektif dan pegujian penghasilan asam laktatnya akan diperoleh beberapa isolat yang unggul. Penelitian ini akan menganalisis kemampuan isolat bakteri yang didapatkan dari tepung sagu masam dalam hal sifat amilolitik dan kemampuan menghasilkan asam laktat.

## BAHAN DAN METODE PENELITIAN

### *Pengambilan sampel.*

Sampel sebagai sumber isolat bakteri amilolitik penghasil asam laktat , berupa tepung sagu basah hasil penyediaan secara tradisional yang sudah masam. Sumber sampel diperoleh dari tempat pengolahan sagu secara tradisional didaerah Maribu, dari pasar Sentani, pasar Abepura dan pasar Jayapura.

### *Isolasi bakteri dari sagu masam*

Isolasi bakteri penghasil asam laktat dari tepung sagu basah masam, dilakukan dengan mengambil 1 gram sampel ditambahkan ke dalam 100 ml nutrient broth dengan suplemen 0,5% pati terlarut dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37oC dengan kecepatan penggojogan 100 rpm. Suspensi sampel selanjutnya dilakukan seri pengenceran menggunakan larutan salin steril berisi 0,85% NaCl hingga seri pengenceran 10-8 . Seri pengenceran 10-8, 10-7 dan 10-6 , diambil 0,1 ml kemudian diinokulasikan ke dalam petri berisi medium *Nutrient Agar* dengan suplemen 0,5% pati terlarut dengan metode *spread plate* (Sohail *et al.*, 2005) . Semua petri berisi kultur sampel diinkubasikan pada suhu 37oC selama 24-48 jam untuk melihat pertumbuhan dan bentuk morfologi koloni. Koloni yang tumbuh, setelah melalui pemurnian dengan metode streak plate dengan medium *Nutrient Agar* + 0,5 % pati terlarut, disimpan dalam medium agar miring berisi nutrisi yang sama.

### *Uji daya amilolitik.*

Isolat bakteri amilolitik, ditumbuhkan pada medium *Starch Agar*, terdiri dari nutrient agar dengan suplemen 0.5% pati terlarut (Sohail *et al.*, 2005). Untuk mengetahui daya amilolitik dari isolate dilakukan dengan meneteskan 0,5% *iodine* dalam 1,5% larutan *potassium iodide* pada medium. Terbentuknya zona terang diantara kompleks larutan *iodine-potasium iodide*, menunjukkan kemampuan isolat untuk menghidrolisis amilum. Aktivitas amilolitik dari setiap isolate dideterminasi dengan menentukan rasio diameter koloni dan diameter zone jernih (Misra & Behera, 2008).

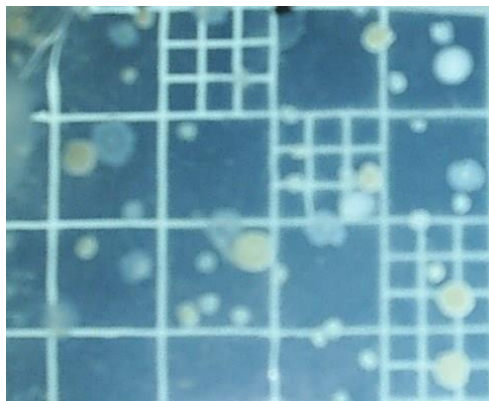
### *Pengujian kemampuan menghasilkan asam laktat.*

Penentuan kandungan asam laktat secara lebih lanjut dilakukan terhadap isolate yang unggul dalam menghasilkan asam laktat secara kualitatif, dengan menggunakan perangkat kromatografi gas kromatografi *Hawlett Packard 5890 Series II* (Gunaedi, 2011)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Isolasi bakteri dari sagu masam*

Bakteri yang tumbuh pada permukaan medium dikarakterisasi berdasarkan morfologi dari koloni yang tumbuh, contoh koloni dari isolat bakteri terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk morfologi koloni bakteri hasil isolasi dari tepung sagu basah hasil penyediaan secara tradisional.

Letak pertumbuhan koloni dipermukaan medium nutrient-agar. Bentuk koloni: *punctiform*, *circular*, *irregular*, keriting berkerut (*curled*), *amoeboid*, seperti pertumbuhan jamur. Permukaan koloni: licin, kasar, membentuk lingkaran-lingkaran yang konsentrik dan seperti sisir yang radier (*radiate*). Elevasi koloni: rata atau datar (*flat*), pertumbuhan tipis merata (*effuse*), pertumbuhan tebal dengan tepi kasar (*raised*), cembung (*convex*) dan pertumbuhan tebal dengan tonjolan tumpul (*umbonate*). Bentuk tepi: rata (*entire*), bergelombang (*undulate*), bentuk seperti telinga (*lobate*), potongan-potongan tidak teratur (*erose*), dan *curled*. Bentuk struktur dalam: *amorf*, terdapat butir-butir halus, *curled* dan konsentrik.

#### Uji daya amilolitik

Hasil dari kegiatan ini didapatkan isolat bakteri amilolitik berjumlah 118, bakteri amilolitik paling banyak didapatkan dari sampel tanah sekitar tempat penyediaan tepung sagu di Jembatan Dua dan di Desa Maribu, terendah berasal dari air dan sugu segar dari tempat penyediaan tepung sagu di Desa Maribu. Hal ini disebabkan tanah di sekitar tempat penyediaan sugu mengandung sumber nutrisi bagi pertumbuhan bakteri amilolitik. Sumber nutrisi berasal dari sisa proses penyediaan tepung sagu yang dibuang ke tanah (Apun *et al.*, 2000). Air yang digunakan untuk proses penyediaan sugu di Desa Maribu berasal dari air sungai yang jernih dan berlimpah, sehingga bakteri amilolitik yang didapat lebih sedikit dibandingkan dengan dari Jembatan Dua. Air yang digunakan untuk proses penyajian sugu di Jembatan Dua berasal dari aliran air kecil dan dangkal, sehingga membuka peluang bakteri amilolitik dari tanah sekitarnya terlarut dalam air, tertahan dan terikutkan selama proses penyediaan tepung sugu. Isolat bakteri dari beberapa sumber sampel memiliki daya hidrolitik tepung bervariasi.

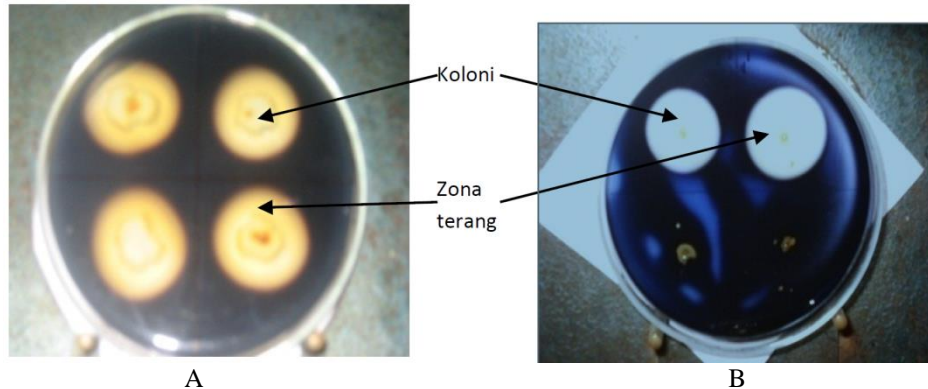
Strain acuan yang digunakan sebagai pembanding dalam uji berdasarkan daya hidrolitik tepung yaitu *Bacillus amyloliquefaciens* FNCC 0079. Strain ini dikenal sebagai bakteri amilolitik dan sering digunakan sebagai pembanding untuk memilih mikroorganisme berdasarkan daya hidrolitik tepung (Apun *et al.* 2000). Gambar 2 menunjukkan zona terang yang terbentuk disekitar koloni dari isolat bakteri amilolitik dengan daya hidrolitik amilum tertinggi yaitu AJ2.18 sebesar 7,50 dan strain acuan *B. amyloliquefaciens* FNCC 0079 dengan daya hidrolitik amilum sebesar 2,62. Hasil skrining berdasarkan daya hidrolitik tepung dengan mengacu pada strain acuan *B. amyloliquefaciens*, terdapat 23 isolat bakteri amilolitik yang memiliki daya hidrolitik amilum diatas 2,62. Data hasil uji daya amilolitik terangkum di Tabel 1.

Tabel 1. Pengelompokkan bakteri amilolitik dan non amilolitik dari sepuluh sumber isolat.

No	Sumber Isolat	Bakteri			Σ Non Amilolitik
		Amilolitik			
		Σ Isolat	Kisaran DA	Rerata	
1.	Air limbah pengolahan sugu Jembatan Dua	6	1,55-7,50	4,74	10
2.	Tanah di pengolahan sugu Maribu	24	1,00-3,75	1,79	9
3.	Sagu Segar Maribu	3	3,17-3,44	3,34	23
4.	Air limbah pengolahan sugu Maribu	3	1,65-2,93	2,12	19
5.	Sagu Segar Jembatan Dua	9	1,13-2,35	1,78	19
6.	Sagu dari pasar Hamadi	11	1,00-3,68	1,87	7
7.	Sagu dari Pasar Sentani	11	1,32-4,60	2,91	11
8.	Tanah di pengolahan sugu Jembatan Dua	25	1,09-1,95	1,55	5
9.	Tokokan batang sugu Maribu	9	1,00-2,89	2,12	8
10.	Tokokan batang sugu Jembatan Dua	17	1,14-3,17	1,76	9
Jumlah		118			120
238					

Hasil pengujian daya hidrolitik tepung dengan mengacu pada strain acuan *B. amyloliquefaciens*, diperoleh 23 isolat bakteri amilolitik memiliki daya hidrolitik amilum diatas 2,62. Ditinjau dari asal sumber isolat ke 23 isolat terpilih berasal dari 5 isolat bakteri amilolitik berasal dari air sekitar lokasi penyediaan sugu di Jembatan Dua; 4 isolat bakteri amilolitik berasal dari tanah sekitar lokasi penyediaan tepung sugu di Desa Maribu yang dari terdiri 3 isolat bakteri amilolitik ; 3 isolat bakteri amilolitik berasal dari sugu hasil penyediaan di Desa Maribu; 1 isolat bakteri amilolitik berasal dari air disekitar lokasi penyediaan sugu di Desa Maribu; 4 isolat berasal dari sugu yang dijual di Pasar Hamadi terdiri dari 3 isolat bakteri amilolitik , 6 isolat bakteri

amilolitik berasal dari sagu yang dijual di Pasar Sentani, 2 isolat bakteri amilolitik berasal dari hasil tokokan batang sagu di lokasi penyediaan di Desa Maribu dan 1 isolat bakteri amilolitik berasal dari hasil tokokan batang sagu di lokasi penyediaan sagu di Jembatan Dua.



Gambar 2. Daya hidrolitik amilum (A) *Bacillus amyloliquefaciens* FNCC 0079 (B) Isolat AJ2.18

Isolat bakteri yang didapatkan dari berbagai lokasi pengambilan sampel, memiliki potensi amilolitik yang bervariasi untuk dapat menghidrolisis amilum dari tepung sagu basah menjadi gula. Hal ini disebabkan karena di sekitar pengambilan sampel tersedia bahan organik yang berlimpah, berupa tepung sagu maupun dari ampas sagu serta dari air bekas proses pengendapan Apun *et al.* (2000) dan Sohail *et al.* (2005). Tersedianya berbagai nutrient dalam sagu berupa kalori 343 kal, protein 0.7 gram, lemak 0.2 gram, karbohidrat 84.7 gram, air 14 gram, fosfor 13 mg, kalsium 11 mg dan besi 1.5 mg (Nio, 1992), tersebut cukup representatif sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan berbagai bakteri amilolitik.

#### ***Pengujian Isolat Bakteri Amilolitik Menghasilkan Asam Laktat***

Pengujian isolate bakteri amilolitik berdasarkan kemampuan menghasilkan asam laktat juga asam asetat, propionate dan butirat dilakukan terhadap tujuh puluh lima isolat bakteri amilolitik. Strain acuan yang digunakan adalah *B. amyloliquefaciens* FNCC 0079. Strain acuan tersebut dikenal sebagai bakteri amilolitik penghasil asam organik ( Apun *et al.*, 2000) . Sebagian besar isolat merupakan penghasil asam laktat dengan konsentrasi lebih tinggi dibandingkan dengan asam asetat, propionat dan butirat. Greenhill *et al.* (2007) juga mendapatkan hal yang sama yaitu pada tepung sagu diketahui bahwa asam laktat merupakan asam organik yang memiliki konsentrasi tertinggi dibanding asetat, propionat dan butirat. Jumlah isolat yang dapat menghasilkan asam laktat sebanyak 82,7% (62 isolat), 48% (36 isolat) adalah penghasil asam butirat, 52% (39 isolat) adalah penghasil asam propionat, dan 37,3% (28 isolat) adalah penghasil asetat. dari tujuh puluh lima isolat yang diujikan penghasilan asam organiknya. Isolat amilolitik yang dianalisis, beberapa diantaranya menghasilkan asam asetat, propionat, butirat dengan produk di bawah 2 mg/g tepung sagu serta asam laktat di atas 10 mg/g tepung sagu yaitu SPH11, TBSM13, TJ2.12, TM2, TM9 dan TBSJ2.4 (Tabel 2). Keenam isolat berasal dari lokasi dan jenis sampel yang berbeda. Isolat TM9 merupakan isolat yang diisolasi dari tanah disekitar tempat penyediaan tepung sagu basah di desa Maribu demikian pula dengan isolat TM2, isolat SPH13 diisolasi dari sampel sagu yang tengah dipasarkan di Pasar Sentani dan isolat TBSM13 berasal dari sumber isolat yang diambil dari tokokan batang sagu ditempat penyediaan tepung sagu di Desa Maribu. Isolat TM2 berasal dari tanah sekitar tempat penyediaan tepung sagu basah di Jembatan dua dan isolat TBSJ2.4 berasal dari sumber isolat tokokan batang sagu yang diambil dari tempat penyediaan sagu di Kampung Jembatan Dua. Isolat-isolat tersebut pada umumnya memiliki ciri koloni berlendir, cembung, berwarna putih kekuning-kuningan (krem), ciri tersebut merupakan ciri dari golongan bakteri.

Proses perubahan tepung sagu menjadi masam akibat adanya aktivitas fermentasi yang dilakukan oleh bakteri amilolitik (Highley *et al.*, 2001; Gunaedi, 2001; Greenhill, *et al.* 2007). Perubahan sagu menjadi glukosa dapat terjadi di alam dengan katalisator enzim amilolitik. *Alpha glucanase* adalah nama lain dari enzim amilolitik yang menghidrolisis ikatan glikosidik pada



bermacam-macam oligo- dan poli-sakarida (Horvasthova *et al.*, 2000). Glukosa yang merupakan hasil hidrolisis amilum secara enzimatis, kemudian oleh mikroorganismenya digunakan untuk pertumbuhannya melalui proses metabolisme yang mencakup dua hal utama yaitu, anabolisme dan katabolisme.

Tabel 2. Isolat bakteri amilolitik terpilih berdasarkan penghasilan asam laktat ISOLAT

Isolat	Asam Organik (Mg/G)				
	Etanol	Asetat	Propionat	Butirat	Laktat
TM9	-	0,0245	0,1357	0,4916	27,0365
SPH11	0,0657	-	0,4402	0,00078	24,4578
TBSJ2.4	0,0729	0,0350	0,2681	0,00052	14,6145
TBSM13	-	-	0,6289	0,00068	32,9424
TJ2.12	0,0237	-	0,2847	0,8258	45,8219
TM2	0,0816	0,0280	0,0033	0,0032	17,6552
Σn	60	28	39	36	62
ΣN	75	75	75	75	75

Keterangan : ΣN = jumlah isolat, Σn = jumlah isolat penghasil asam organik tertentu

Perubahan glukosa menjadi produk asam organik oleh bakteri amilolitik diawali dengan perombakan molekul glukosa menjadi produk *intermediat* diantaranya berupa asam piruvat, hal ini dikenal sebagai tahapan glikolisis. Selanjutnya, asam piruvat dirubah bentuk menjadi beberapa asam organik tertentu. Terdapat tiga jalur utama pemecahan glukosa, pertama *Embden-Meyerhof Pathway*, *Phosphoketolase* atau *Heterolactic Pathway* dan *Entner-Doudoroff Pathway* (Todar, 2004). Adanya asam laktat dan asam organik pada tepung sagu, menunjukkan bahwa sagu telah mengalami kemasaman. Indikasi tepung tengah mengalami kerusakan, ditandai dengan timbulnya bau asam organik (Olson & Sorrels, 1992).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Bakteri amilolitik penghasil asam laktat dapat diisolasi dari sumber isolat berupa sagu masak dan dari sekitar tempat penyediaan sagu secara tradisional. Isolat-isolat yang memiliki potensi penghasil asam laktat perlu diujikan kembali kemampuannya dalam tahapan optimasi produk asam laktatnya, sehingga dapat digunakan sebagai agen dalam industri asam laktat sebagai prekursor industri lain yang berbasis sagu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajioka M, Enomoto K, Suzuki L and Yamaguchi A.1995. The Basic Properties of Polylactic Acid Produced by the Direct Condensation Polymerization of Lactic Acid. *J. Environment Polymer Degradation* 3, 225-34.
- Boswell, C. 2001. Bioplastics aren't the stretch they once seemed, *Chemical Market Reporter*, 260 FR15 – FR17.
- Flach, M. 1997. *Sago Palm*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome
- Greenhill, A.R., Shipton, W.A., Blaney, B.J., Brock, I.J., Kupz A., & Warner, J.M. 2007. Spontaneous Fermentation of Traditional Sago Starch in Papua New Guinea. *Food Microbiology*, 26( 2): 136-141
- Gunaedi ,T. 2001. Mikrobial Penyebab Bau Asam Pada Tepung Sagu Basah. *Warta WIPTEK*,01:10-16
- Gunaedi, T. 2011, Mikroorganismenya Sagu Penyebab Kemasaman Pada Tepung Sagu Basah Hasil Penyediaan Secara Tradisional, *Disertasi*, UGM, Yogyakarta.
- Highley,E., Islam,W., Johnson,G., Srzednicki,G., Webb,M., & Wright, G. 2001. *Improving Sago in Papua New Guinea*, <http://www.aciar.gov.au/web.nsf/ACIA>.
- Horvasthova, V., Janecek, S.,& Strudik, E. 2000. Amylolytic Enzymes (Review): Their Spesifities, Origins and Properties. *Biologia, Bratislava*, 56: 605-615.
- Mishra, S., and Behera, N. 2008. Amylase Activity of a Starch Degrading Bacteria Isolated from Soil Receiving Kitchen Wastes. *African Journal of Biotechnology*, 7 (18) : 3326-3331
- Narayanan, N., Roychoudhury, P.K., & Srivastava, A. 2004. L (+) Lactid Acid Fermentation and Its Product Polymerization. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7 (2):168-179
- Olson, K.E.,& Sorrels, K.M. 1992. Thermophilic Flat Sour Sporeformers, *Compendium Microbiological Examination of Foods*. 3rd Edition, American Public Health Association, USA.
- Rahayu, E.S. 2003. Lactid Acid Bacteria in Fermented Foods of Indonesian Origin, *Agritech*, 23 (2), 75-84
- Sohail, M., Ahmad A., Shahzad. S., & Hakeel, A.K. 2005. A Survey of Amylolytic Bacteria and Fungi From Native Environmental Samples. *Pakistani Journal of Botany*, 37(1): 155-161.
- Todar, K. 2004. *The Diversity of Metabolism in Procaroyotes*. University of Winconsin, Madison, USA.
- Wee Y.J., Kim J.N and Ryu H.W. 2006. *Biotechnological production of lactid acid and its recent applications*, Chonnam National University, Gwangju, Republik of Korea.

## Pola Pertumbuhan Bakteri *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu di Kalimantan Selatan

Yusriadi<sup>1</sup>, Abd. Latief Abadi, Hakimah Halim, Syamsudin Djauhari

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat  
Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya  
Email: yusriadi\_hpt@yahoo.co.id

Pola pertumbuhan dan penyebaran bakteri penyakit layu pada beberapa tanaman hortikultura dan juga sebagian tanaman sayuran yang berkembang dan sangat merugikan di Kalimantan Selatan adalah sangat cepat dan mudah menyebar ke tanaman-tanaman di sekitarnya. Taaman yang paling banyak terserang dan telah tersebar di pertanian pisang kepok yang merupakan komoditas unggulan, dengan tingkat kerugian hampir 70-80%. Pertumbuhan pada media NA sangatlah cepat, dan berkembang dengan pola menyebar pada permukaan media. Bakteri ini di Kalimantan Selatan telah ditemukan sejak awal tahun 2000, ditemukan menyerang tanaman tomat, selanjutnya pada kacang tanah dan sekarang yang sangat merugikan ditemukan menyerang tanaman pisang kepok. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui tingkat pertumbuhan dan tingkat penyebarannya di Kalimantan Selatan. Penelitian dilaksanakan sejak bulan Juni sampai dengan Nopember 2012, dengan metode survei dan pengambilan sampel tanaman sakit yang terserang dari beberapa kabupaten di Kalimantan Selatan. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa pertumbuhan dari bakteri ini sangat cepat pada media NA dan penyebarannya juga sangat cepat ke pertanian lainnya melalui bibit dan tanah yang terbawa ke lokasi yang baru.

Kata kunci : Penyebaran, *Ralstonia solanacearum*.

### PENDAHULUAN

Di Kalimantan Selatan penyakit layu yang disebabkan oleh bakteri adalah penyakit yang sangat merugikan pada beberapa tanaman seperti pertanian pisang, terutama pisang kepok. Secara umum penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *R. solanacearum* ini merupakan salah satu kendala utama dalam produksi hampir semua jenis tanaman baik di daerah beriklim tropis maupun beriklim sedang. Diperkirakan ada 70 famili tanaman antara lain Solanaceae, Musaceae, Asteraceae, Fabaceae, termasuk family pohon hutan, semak belukar dan gulma. Penyebab penyakit layu bakteri *P. (Pseudomonas) solanacearum* (Yabuuchi *et.al.*, 1995) dikenal memiliki sebaran geografi dan keragaman ras (strain) yang luas sehingga untuk mengendalikan perlu diketahui lebih dahulu ras-rasnya serta inangnyanya. Sejauh ini bakteri layu ini dibedakan menjadi kelompok biovar (Hartman, Hong, Hanudin & Hayward, 1993) dan kelompok ras yang masing-masing dibedakan berdasarkan ciri-ciri fenotipik dan kisaran inangnyanya. Oleh karena keragaman ras (strainnya), maka usaha identifikasi yang akurat perlu untuk membedakan kelompok isolate kedalam pengelompokan yang bermanfaat baik bagi para fitopalog maupun ahli pemulia tanaman.

Penyakit layu bakteri yang disebabkan bakteri (*Ralstonia solanacearum*) merupakan salah satu penyakit utama dan menyebar luas terutama pada tanaman yang mempunyai nilai ekonomi seperti kentang, tomat, terung, lada, jahe, cabe, kacang tanah, pisang dan tembakau di daerah tropis dan subtropis (Hayward 1990; Hayward 1994). Machmud, (1986), Machmud, (1989). Bahwa gulma spesies yang terdapat di lahan kacang tanah juga merupakan inang yang potensial bagi bakteri *P. solanacearum*. Peranan gulma sebagai sumber inokulum penting, karena bakteri yang menyerang gulma kadang-kadang tidak menunjukkan gejala yang nyata. Bakteri ini banyak mempunyai ras-ras dan tingkat serangan yang berbeda-beda pada tanaman yang berbeda pula, begitu pula pada daerah yang berbeda akan ditemukan ras-ras tidak sama dan terkadang mempunyai ciri yang khas tersendiri (baik biologinya maupun fisiologi). Penelitian ini akan diarahkan bagaimana gambaran tingkat serangan dan penyebaran dari bakteri ini di Kalimantan Selatan, sehingga akan didapatkan jenis tanaman yang aman untuk dibudidayakan pada daerah tertentu, serta taktik pengendalian secara terpadu yang akan dipersiapkan untuk mencegah terjadinya serangan penyakit layu ini. Di Kalimantan Selatan penyakit layu bakteri *R. solanacearum* merupakan factor pembatas utama dalam produksi pisang kapok (2007 sampai sekarang). Namun akhir-akhir ini ternyata penyakit layu tidak hanya terdapat pada tanaman pisang saja, melainkan sudah ditemukan pada tanaman sayuran dan hortikultura lainnya.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui tingkat pertumbuhan dan tingkat penyebarannya bakteri *R. solanacearum* di Kalimantan Selatan.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengendalian Hayati dan Rumah Kaca Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Unlam Banjarbaru, serta survei pengamatan, pengambilan sample tanaman sakit di beberapa kabupaten yang terdapat serangan penyakit ini di Kalimantan Selatan, Penelitian dilaksanakan sejak bulan Juni sampai dengan Nopember 2012.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah media NA, TZC dan sample tanaman sakit dari kabupaten Banjar dan Banjarbaru. Alat-alat yang dipergunakan berupa cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer, pipet, gelas ukur, timbangan, mikroskop, autoklaf, oven, kotak isolasi, shaker, kamera, selotif, alat-alat tulis di lapangan, dan peralatan lainnya yang digunakan untuk percobaan di rumah kaca seperti ember plastik, sekop kecil, gembor, pupuk kandang.

### Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan adalah metode survei, pengamatan dan pengambilan sampel tanaman terserang layu. Penelitian dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut (Fahy & Persley. 1983) : (1) Survei lapangan ke beberapa kabupaten yang banyak terdapat tanaman sakit akibat serangan penyakit layu bakteri, pengujian pencelupan pada air steril untuk memastikan penyebabnya, (2) Pengambilan sample tanaman-tanaman terserang penyakit, (3) Isolasi dan identifikasi penyebabnya (Yusriadi, Tjahjono, Sinaga&Machmud, 1998).

Pengambilan tanaman yang terserang penyakit layu ini dilakukan pada daerah terbesar pertanaman pisang, sayuran dan ada tanaman hortikultura yang lainnya. Tanaman-tanaman sample yang sakit layu diambil, kemudian dibersihkan, dipotong pada bagian akar. Remdam dalam air steril, bila mengeluarkan ose di dalam air tersebut, maka dapat diambil kesimpulan sementara penyebabnya adalah bakteri (Suryadi & Machmud, 2004). Identifikasi dilakukan dengan pendekatan berdasarkan daerah asal inang dan kisaran inang, kemudian dilanjutkan dengan pendekatan yang didasarkan pada sifat-sifat biokimia, serologi dan sifat-sifat lainnya pada media biakan. Pendekatan berdasarkan tanaman dan kisaran inang dilakukan dengan menanam pada beberapa tanaman uji. Isolat-isolat tersebut akan ditumbuhkan pada media NA dan TZC untuk mengetahui pola pertumbuhannya.

Isolat *R. solanacearum* diperoleh dari tanaman kacang tanah, terung, Lombok besar, seledri, dan pisang yang bergejala layu bakteri, juga masing-masing ditumbuhkan pada media TZC, bahan tanaman dimasukkan kedalam larutan alkohol 70% selama beberapa menit, kemudian dicuci dengan air steril sebanyak 3 kali, lalu dicelupkan dalam larutan pengencer dan didiamkan hingga "bacterial ooze" keluar. Setelah itu digoreskan pada medium TZC dan diinkubasikan dalam inkubator. selanjutnya dilakukan pengamatan setelah berumur 48 jam. Pola pertumbuhannya dihitung dengan melihat pertumbuhan bakterinya, pengamatan lainnya dengan melihat perubahan warna dan pertumbuhan diatas permukaan media TZC.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

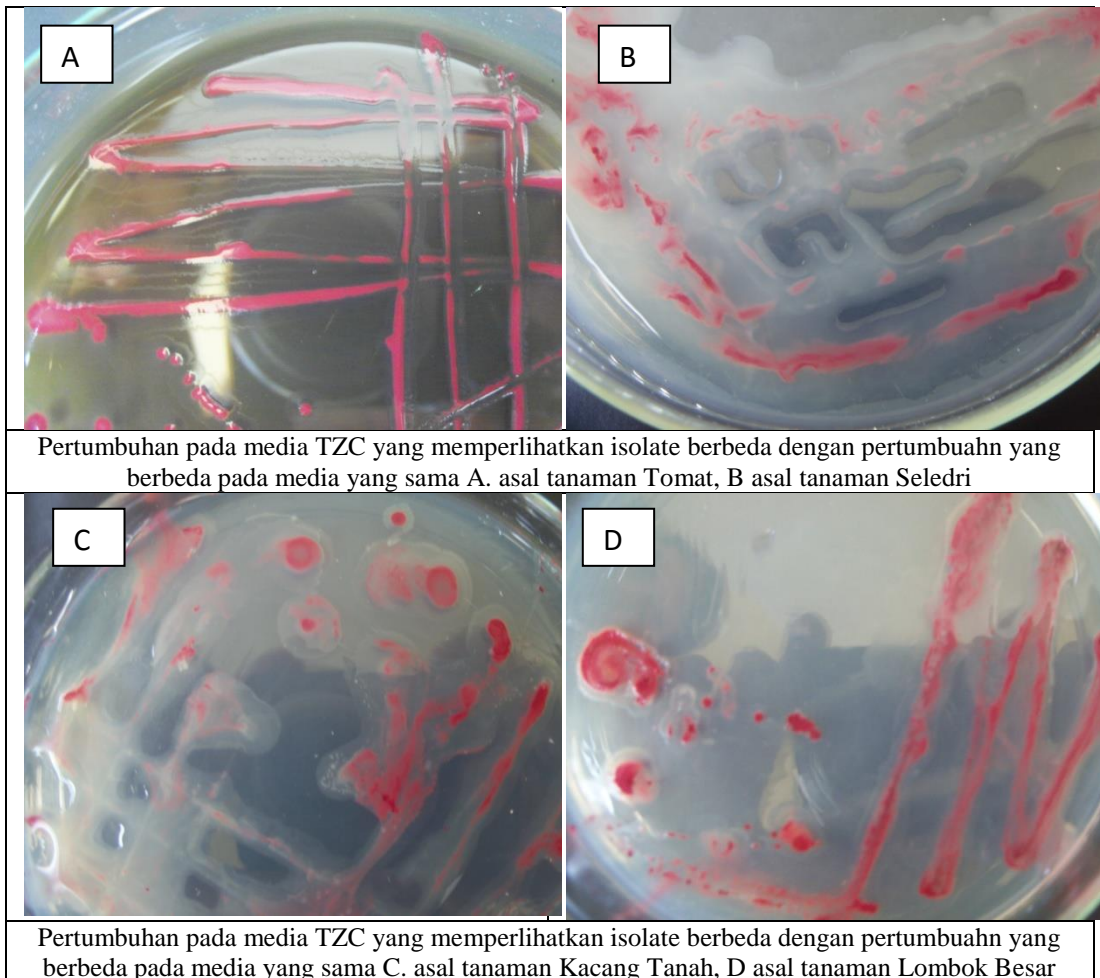
Isolat-isolat yang ditemukan pada tanaman yang sakit di beberapa kabupaten di Kalimantan Selatan seperti pada table berikut :

No.Sample	Tanaman	Gejala	Kabupaten
1.	Pisang	Positif Layu	Banjar, Banjarbaru, Tapin
2.	Kacang tanah	Positif Layu	Barito Kuala, Tanah laut
3.	Seledri	Positif Layu	HST, HSS, Banjar, Banjarbaru
4.	Tomat	Positif Layu	Tanah Laut, Banjarbaru
5.	Terung	Positif Layu	Banjar, Banjarbaru, Tanah Laut
6.	Lombok besar	Positif Layu	Tanah Laut, Banjarbaru, Banjar

Pola penyeberannya sesuai dengan arah kabupaten yang berdekatan, terjadinya pertukaran bibit dan benih yang dibawa petani dari satu kabupaten ke kabupaten lainnya di sekitar. Penyakit ini terdapat pada kabupaten yang sangat berdekatan. Hal ini disebabkan karena bibit yang dipergunakan dan diperjualbelikan adalah bibit yang sama dan berasal dari tanaman yang pernah

terserang penyakit ini. Ketidaktahuan petani adalah salah satu penyebab menyebarnya bakteri ini, sehingga upaya pengendalian sangat sulit untuk dilaksanakan. (Yusriadi, 2010). Sebenarnya hal ini bisa diatasi dengan penggunaan benih yang berlabel, atau benih yang tahan terhadap penyakit tersebut. Namun kebiasaan petani yang masih menggunakan benih sendiri inilah yang harus diberikan pengetahuan tentang penularan bakteri penyebab penyakit layu tersebut.

Pertumbuhan pada media TZC yang dilakukan inkubasi selama 24 -48 jam memperlihatkan seperti gambar 1. Berikut :



Pertumbuhan yang cepat tersebut sangat berpengaruh pada penyebaran ke tanaman lainnya disekitarnya. Hal ini sebanding dengan keadaan di lapangan, dengan pertumbuhan pada media TZC. Hanya dalam waktu 24 jam saja pertumbuhan pada media TZC memperlihatkan pertumbuhan yang penuh pada permukaan media, begitu juga pada inkubasi selama 48 jam, memperlihatkan pertumbuhan yang maksimal. Kecepatan tumbuh inilah yang menyebabkan terjadinya perpindahan serangan pada tanaman yang sehat yang tidak tahan terhadap bakteri layu ini. Karakteristik semua isolate tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata pada media TZC, sehingga isolate-isolat tersebut dianggap sama sebagai bakteri *Ralstonia solanacearum*.

### KESIMPULAN

1. Penyebab penyakit layu yang menyerang tanaman pisang dan sayuran di Kalimantan Selatan adalah bakteri *Ralstonia solanacearum*.
2. Penyebaran di lapangan dari tanaman sakit ke tanaman sehat, terjadi karena pertukaran atau menanam bibit yang berasal dari tanaman sakit, begitu juga dengan terbawanya tanah-tanah yang sudah mengandung bakteri ini.
3. Pertumbuhan di lapangan dan di media, dikategorikan sangat cepat.

## SARAN

1. Perlunya sosialisai untuk menanam bibit atau benih yang tahan, yang sudah bersertifikasi.
2. Perlunya pemberian perlakuan-perlakuan untuk mencegah terjadinya serngan penyakit ini, yaitu bibit/benih yang tahan, perendaman pada bahan kimia serta perlakuannya lainnya untuk menghindari pathogen terbawa benih.
3. Penjarangan tanaman, sehingga tidak terjadi kontak antara tanaman satu dengan tanaman lainnya dalam satu areal pertanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fahy, E.M. & G.J. Persley. 1983. Plant Bacterial Disease a Diagnostic Guide. Academic Press. Australia. 303p.
- Hayward, A.C., 1990. Diagnosis, Distribution and Status of Groundnut Bacterial Wilt. In Middleton & Hayward (eds.). Proceeding of an ACIAR/ICRISAT collaborative research planning meeting held at Genting Highlands, Malaysia 1990. ACIAR Proceedings 31:12-17.
- Hayward, A.C. 1994. The host of *Pseudomonas solanacearum*. In Hayward, A.C. & G.L. Hartman (eds.). Bacterial Wilt, the Disease and its Causative Agent *P. solanacearum*. CAB Int., U.K.:9-24.
- Hartman, G.L., W.F. Hong, Hanudin & A.C. Hayward., 1993. Potential of Biological and Chemical Control of Bacterial Wilt. In Hartman, G.L. & A.C Hayward (eds). Bacterial Wilt. Proc. of an international conference held at Kaohsiung, Taiwan, October 1992. ACIAR Proceedings No.45:322-326.
- Goto, M. 1992. Fundamentals Of Bacterial Plant Pathology. Academic Press, Inc. California.
- Machmud, M., 1986. Bacterial wilt in Indonesia. In Persley G.J. (ed). Bacterial Wilt Disease in Asia and the South Pacific. Proc. Of an Int. Workshop held at PCARRD-ACIAR, Philippines. ACIAR Proceedings No.13:32-34.
- Machmud, M. 1989. Resistensi Varietas dan Plasma Nutfah Kacang Tanah terhadap Penyakit Layu (*Pseudomonas solanacearum*). Dalam Syam, Mahyudin (Penyunting) Sem. Hasil Penelitian Tanaman Pangan Bogor. 471-482.
- Suryadi, Y. & Machmud, M. 2004. **Kemajuan Teknik Deteksi dan Identifikasi *Pseudomonas solanacearum***. Jurnal Tinjauan Ilmiah Riset Biologi dan Bioteknologi Pertanian Volume 1 Nomor 1. Bogor.
- Yabuuchi, E., Y. Osaka, I. Yano, H. Hotta & Y. Nishiuchi. 1995. Transfer of two Burkholderia and Alkali Genes Spesies to Ralstonia Gen; Proposal of *Ralstoni apicketti* (ralston, palleroni and Doudroff, 1973) Comb., *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1986) Comb. Nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis, 1969) Com. Nov.
- Yusriadi, B. Tjahjono, M. S. Sinaga & M. Machmud, 1998. Pengaruh Pemberian Mikoorganisme Antagonis (*P. fluorescens* & *Trichoderma* spp.) terhadap perkembangan Penyakit Layu Bakteri (*P. solanacearum* E.F. Smith) tanaman kacang tanah. Buletin HPT IPB. 9(2).
- Yusriadi, 2010. Karakteristik Bakteri *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu Tanaman Tomat di Banjarbaru. J. Chlorophyl 6(3):137-141.

# Aktivitas Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* pada Media Ampas Tahu dengan Variasi Waktu Inkubasi

**Hartono, Oslan Jumadi, Tita Popita**

*Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Makassar  
Kampus UNM Parang Tambung, Jl. Dg. Tata Raya, Kota Makassar  
Email: hartono\_biotechugm@yahoo.com*

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui aktivitas enzim selulase dari *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada media ampas tahu dengan variasi waktu inkubasi. Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap produksi enzim dan tahap pengujian aktivitas enzim. Tahap persiapan meliputi pembiakan strain *Aspergillus niger* untuk inokulum dan persiapan media fermentasi ampas tahu. Tahap produksi enzim dilakukan dengan menggunakan metode *solid state fermentation*. Suspensi spora *Aspergillus niger* diinokulasikan ke dalam media ampas tahu steril pada pH 4,0 kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 11 hari. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu inkubasi 1, 3, 5, 7, 9 dan 11 hari. Penyiapan larutan enzim dilakukan dengan mengekstrak enzim selulase dari media berkapang menggunakan buffer sitrat. Tahap pengujian aktivitas enzim selulase dilakukan secara spektrofotometri dengan metode anthrone pada panjang gelombang 630 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ampas tahu dapat digunakan sebagai media produksi enzim selulase dari *Aspergillus niger*. Aktivitas enzim selulase meningkat seiring dengan lamanya waktu inkubasi mulai dari hari ke-1 sampai hari ke-7 kemudian mengalami penurunan pada hari ke-9 dan hari ke-11. Aktivitas enzim selulase paling optimum diperoleh pada waktu inkubasi 7 hari dengan aktivitas enzim sebesar 607 µmol/ml.

Kata kunci: enzim selulase, media ampas tahu, *Aspergillus niger*

## PENDAHULUAN

Selulase adalah enzim yang dimanfaatkan secara luas dalam industri tekstil, deterjen, pulp dan kertas dengan berbagai tujuan (Harendra *et al.*, 2013). Saat ini pemanfaatan enzim selulase tidak terbatas hanya pada bidang tersebut tetapi telah berkembang pemanfaatannya dalam industri farmasi, pengolahan biomassa menjadi bioetanol (Harendra *et al.*, 2013), biofuel dan pengolahan kopi (sa'adah *et al.*, 2010). Enzim selulase juga digunakan sebagai pengganti bahan kimia pada proses pembuatan alkohol dari bahan yang mengandung selulosa (Zhiliang Fan *et al.*, 2006).

Hambatan utama dalam usaha pengembangan teknologi produksi enzim selulase dalam skala industri adalah tingginya biaya produksi yang mengakibatkan ketersediaan sumber enzim masih sangat kurang, sehingga nilai ekonomi enzim yang dihasilkan sangat mahal, (Pratiwi, 1994). Salah satu cara untuk menekan biaya produksi adalah dengan memanfaatkan limbah industri atau limbah rumah tangga yang harganya murah seperti ampas tahu tetapi memiliki kandungan bahan organik yang tinggi (Pujihastuti, 1996) sebagai medium pertumbuhan mikroorganisme.

Ampas tahu mempunyai potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai substrat dalam produksi enzim selulase. Pada tahun 1998 diketahui bahwa ampas tahu yang dihasilkan dari seluruh industri tahu di Indonesia adalah sebesar 13.988,864 ton perhari (BPS, 1998). Pada tahun 1999 pemanfaatan kacang kedelai di Indonesia tercatat sebanyak 1.306.253 ton. Bila 50% kacang kedelai tersebut digunakan untuk membuat tahu dan konversi kacang kedelai menjadi ampas tahu sebesar 100-112%, maka jumlah ampas tahu tercatat 731.501,5 ton secara nasional, (Tarmidi, 2002). Potensi ini cukup menjanjikan untuk memanfaatkan ampas tahu sebagai media produksi enzim selulase.

Mikroorganisme adalah sumber enzim yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan tanaman dan hewan. Sebagai sumber enzim, mikroorganisme lebih menguntungkan karena pertumbuhannya cepat, dapat tumbuh pada substrat yang murah dan lebih mudah ditingkatkan produksinya melalui pengaturan kondisi pertumbuhan dan rekayasa genetik, (Akhdiyah, 2003). Mikroorganisme penghasil enzim selulase secara ekstraseluler meliputi kapang dan bakteri (Auntrup dalam Pratiwi, 1994). Enzim yang dihasilkan oleh golongan bakteri memiliki ketahanan pada temperatur yang lebih tinggi dibanding jamur akan tetapi aktifitas enzim dari golongan jamur jauh lebih tinggi dari bakteri, (Budiman *et al.*, 2009). Disamping itu, level produksi yang tinggi dan kemudahan dalam kultivikasi membuat jamur lebih banyak digunakan dalam produksi enzim skala industri (Bergquist *et al.*, 2002 dalam budiman *et al.*, 2009).

Kapang yang baik untuk produksi enzim selulase diantaranya adalah *Aspergillus niger*, (Narasimha *et al.*, 2008). Aktivitas enzim selulase oleh *Aspergillus niger* ditentukan oleh banyak faktor diantaranya adalah konsentrasi substrat (Acharya *et al.*, 2008), lama inkubasi antara kapang dengan substrat tumbuhnya (Harendra *et al.*, 2013), pH dan temperatur media pertumbuhan (Devi

*et al.*, 2012). Lama inkubasi antara jamur dengan substrat tumbuhnya berpengaruh terhadap produksi enzim selulase yang pada akhirnya akan menyebabkan perbedaan aktivitas enzim (Acharya *et al.*, 2008; Devi *et al.*, 2012; Arti *et al.*, 2011; Harendra *et al.*, 2013).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memproduksi enzim selulase menggunakan substrat ampas tahu oleh *Aspergillus niger* dengan sistem fermentasi padat, dan mengetahui aktivitas enzim selulase dari *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada media ampas tahu dengan variasi waktu inkubasi.

## METODOLOGI PENELITIAN

### *Desain Penelitian*

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 6 perlakuan waktu inkubasi yaitu 1, 3, 5, 7, 9 dan 11 hari yang diulang sebanyak 3 kali ulangan, dengan demikian jumlah keseluruhan unit percobaan dalam penelitian ini adalah  $6 \times 3 = 18$  unit percobaan (Gunam *et al.*, 2013). Untuk mengetahui pengaruh lama waktu inkubasi antara jamur *Aspergillus niger* pada media ampas tahu terhadap aktivitas enzim selulase dilakukan dengan analisis sidik ragam (Gomez and Gomes, 1976)

### *Prosedur Penelitian*

#### *Penyediaan Inokulum Spora Kapang*

Inokulum yang digunakan dalam penelitian ini adalah kultur murni *Aspergillus niger* yang diperoleh dari Laboratorium Pangan dan Gizi Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada (UGM) yang ditumbuhkan pada media PDA miring, dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 4 hari di dalam inkubator hingga permukaan media ditumbuhi spora. Untuk keperluan inokulasi dibuat suspensi spora dengan menambahkan 3 mL NaCl 0,9% steril ke dalam biakan agar miring, lalu spora dikeruk hingga terlepas dan cairan dikocok sehingga diperoleh suspensi spora sebanyak kurang lebih satu juta per ml dengan menggunakan alat haemositometer. (Jumadi, 1995).

#### *Produksi Enzim dengan Sistem Fermentasi Substrat Padat*

Sebanyak 20 g media ampas tahu (kadar air 60%) yang diperoleh dari pabrik tahu di Kota Makassar disterilkan dalam autoklaf, kemudian didinginkan dan ditambahkan asam sitrat hingga pH mencapai 4,0 sambil diaduk hingga campuran menjadi homogen. *Aspergillus niger* diinokulasikan sebanyak 3 ml dalam setiap labu erlenmeyer dan diratakan, kemudian diinkubasi pada suhu 30°C. Pengambilan sampel (media berkapang) dilakukan pada inkubasi hari ke-1 hingga inkubasi hari ke-11, dan pada setiap pengambilan sampel dilakukan pengujian aktivitas enzim selulase.

#### *Penyiapan Larutan Enzim*

Sebanyak 10 g media berkapang (hasil fermentasi) ditambahkan 50 mL buffer sitrat dalam wadah erlenmeyer 250 mL kemudian diekstraksi selama 2 jam di atas pengocok (shaker) dengan kecepatan 300 rpm. Ekstrak disaring dan sebanyak 10 mL filtrat hasil saringan diencerkan dengan air suling hingga mencapai volume 100 mL. Selanjutnya 1 mL enzim diatas ditambahkan 1 mL larutan reagensia (selulosa 0,1% dalam buffer sitrat pH 4,0) kemudian diaduk dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu 30°C, lalu diambil 1 mL sebagai larutan sampel.

#### *Uji Aktivitas Enzim Selulase*

1 mL sampel (dari penyiapan larutan enzim sebagai sampel) dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 5 mL larutan anthrone 0,1%, dan 1 mL substrat selulosa murni (CMC) dihomogenkan dengan menggunakan vortex. Larutan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *water bath* pada suhu 100°C selama 12 menit kemudian didinginkan sebentar. Setelah dingin larutan dipindahkan ke dalam kuvet dan absorbansinya dibaca pada panjang gelombang 630 nm dengan menggunakan spektrofotometri (Apriantono *et al.*, 1989). Perhitungan aktivitas enzim selulase dilakukan dengan rumus berikut:

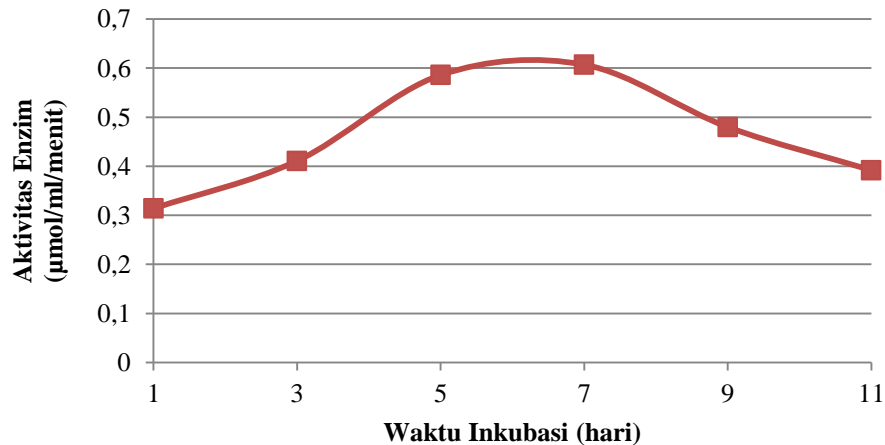
$$\text{Aktivitas enzim} = \frac{\text{kadar glukosa} \times \text{faktor pengenceran}}{\text{berat molekul glukosa} \times \text{waktu inkubasi}}$$

Keterangan : Satu unit aktivitas selulase adalah jumlah dari enzim yang melepaskan  $\mu$  mol glukosa dalam satu menit pada kondisi pengujian.

- a. Faktor pengenceran : 10
- b. Berat Molekul glukosa : 180 g/mol
- c. Waktu Inkubasi : 30 menit

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang aktivitas enzim selulase yang diproduksi oleh jamur *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada media ampas tahu dengan variasi waktu inkubasi dapat dilihat pada gambar 1 dan tabel 1.



Gambar 1. Aktivitas enzim selulase dari *Aspergillus niger* dengan variasi waktu inkubasi

Hasil penelitian seperti yang disajikan pada gambar 1 dan tabel 1 menunjukkan bahwa ampas tahu dapat digunakan sebagai media produksi untuk menghasilkan enzim selulase. Enzim selulase yang diproduksi oleh kapang *Aspergillus niger* digunakan untuk menghidrolisis selulosa menjadi glukosa (Anwar *et al*, 2010). Berdasarkan hasil penelitian seperti yang disajikan pada gambar 1 menunjukkan bahwa aktivitas enzim selulase yang diproduksi oleh *Aspergillus niger* meningkat seiring dengan lamanya waktu inkubasi sampai pada hari ke 7. Hasil penelitian yang relevan telah dilaporkan oleh kurniawati *et al*, (2013), Kodri *et al*, (2013), dan Harendra *et al*, (2013).

Aktivitas enzim selulase tertinggi terlihat pada hari ke 7 dimana aktivitas enzim mencapai 0,607  $\mu$ mol/ml/menit seperti yang terlihat pada tabel 1. Hasil ini menunjukkan bahwa masa inkubasi selama 7 hari adalah waktu inkubasi yang optimum untuk mendapatkan aktivitas enzim selulase tertinggi. Beberapa hasil penelitian lain menunjukkan bahwa aktivitas enzim selulase dari *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada beberapa jenis medium produksi menunjukkan aktivitas selulase tertinggi 0,0925 IU/mL pada waktu inkubasi 8 hari (Acharya *et al*, 2008), 3,9 IU/min/mL pada waktu inkubasi 7 hari (Devi *et al*, 2012), 680  $\mu$ g/mL (glukosa tereduksi) pada waktu inkubasi 6 hari (Arti *et al*, 2011) dan 0,23 U/g pada waktu inkubasi 3 hari (Harendra *et al*, 2013).

Tabel 1. Pengaruh waktu inkubasi *Aspergillus niger* pada media ampas tahu terhadap aktivitas enzim selulase

Lama Inkubasi	Rata-rata Aktivitas Enzim Selulase ( $\mu$ mol/ml/menit)	BNT <sub>0,05</sub> (0,0004837)	BNT <sub>0,01</sub> (0,0006625)
Hari ke-1	0,314	A	a
Hari ke-3	0,411	C	c
Hari ke-5	0,586	E	e
Hari ke-7	0,607	F	f
Hari ke-9	0,480	D	D
Hari ke-11	0,392	B	B

Keterangan: Angka-angka yang tidak diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda nyata pada taraf  $\alpha = 0,05$  (BNT = 0,0004837). Angka-angka yang tidak diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda sangat nyata pada taraf  $\alpha = 0,01$  (BNT = 0,0006625)



Peningkatan aktivitas enzim selulase yang diproduksi oleh jamur *Aspergillus niger* pada media ampas tahu pada masa inkubasi 1 sampai 7 hari diduga kuat disebabkan oleh produksi enzim selulase yang tinggi (Saadah *et al*, 2010). Konsentrasi enzim selulase yang tinggi akan berpengaruh pada tingginya aktivitas enzim (Harendra *et al*, 2013). Saadah *et al* (2010) melaporkan bahwa terjadi peningkatan kadar protein enzim ekstraseluler yang diduga adalah enzim selulase yang diproduksi oleh jamur *Aspergillus niger* seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi. Hasil penelitian ini juga melaporkan bahwa ada konsistensi antara peningkatan konsentrasi protein ekstraseluler dengan peningkatan aktivitas enzim selulase yang diproduksi oleh jamur *Aspergillus niger*.

Produksi enzim selulase yang tinggi pada awal masa inkubasi sampai hari ke 7 disebabkan karena pertumbuhan *Aspergillus niger* telah memasuki fase pertumbuhan eksponensial, (Gandjar, 2006). Pertumbuhan cepat mikroba bisa berlangsung karena pada awal masa inkubasi tersedia banyak substrat khususnya polisakarida yang bisa dihidrolisis menghasilkan sumber karbon seperti glukosa, (Kodri *et al*, 2013). Fase pertumbuhan eksponensial adalah fase dimana mikroba akan tumbuh dengan sangat cepat dan memanfaatkan nutrisi yang tersedia pada medium pertumbuhan untuk menghasilkan berbagai metabolit primer seperti enzim selulase.

Menurut Mandel (1982) dalam Rosyana (1995), mekanisme produksi enzim selulase ekstraseluler didahului dengan dilepaskan sejumlah kecil enzim selulosa yang disebut selulase basal ke dalam media. Selulase basal ini kemudian menghidrolisis selulosa dalam media sehingga menghasilkan selobiosa dalam jumlah kecil. Selobiosa kemudian berperan sebagai inducer untuk sintesis selulase di dalam sel kapang dan pada kondisi tertentu selulase tersebut dapat dilepaskan keluar sel yaitu ke dalam media pertumbuhan.

Setelah melewati hari ke 7 dan memasuki inkubasi hari ke 9 dan ke 11, aktivitas enzim selulase mengalami penurunan. Hasil analisis statistik dengan sidik ragam seperti yang terlihat pada tabel 1 menunjukkan bahwa aktivitas enzim selulase pada hari ke 7 berbeda sangat nyata jika dibandingkan dengan aktivitas enzim selulase pada hari ke 9 dan hari ke 11. Penurunan aktivitas enzim ini diduga disebabkan karena nutrisi dalam medium sudah terbatas sehingga pertumbuhan *Aspergillus niger* sudah memasuki fase stationer menuju ke fase kematian sehingga produksi metabolit primer seperti enzim menjadi sangat menurun dan mikroba cenderung memproduksi metabolit sekunder yang berperan menghambat pertumbuhan sel. Hal ini sesuai dengan pernyataan Stanbury dan Whitaker (1984) dalam Guna *et al*, (2010) bahwa saat masa fermentasi maksimum telah dilalui diperkirakan substrat yang tersedia dalam medium pertumbuhan telah berkurang.

Faktor lain yang diduga menyebabkan penurunan aktivitas enzim adalah adanya inhibisi produk akhir yaitu glukosa terhadap aktivitas enzim selulase (*feedback inhibition*) (Ruijter and Visser, 1997; Suto and Tomita, 2001). Narashima *et al.*, (2006) melaporkan bahwa produksi enzim selulase dari *Aspergillus niger* akan menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi glukosa dalam medium pertumbuhan. Molekul glukosa sebagai produk akhir dari enzim selulase menempel pada sisi alosterik dari enzim sehingga sisi aktif dari enzim tidak dapat lagi ditempati oleh substrat selulosa. Selain itu terjadi represi sintesis enzim selulase oleh karena kehadiran glukosa yang berlimpah (Maranatha, 2008)

Menurunnya aktivitas enzim selulase pada waktu fermentasi yang lebih lama, kemungkinan juga disebabkan oleh adanya aktivitas enzim lain, misalnya protease seperti yang dilaporkan oleh Gong dan Tsao (1979) dalam Rosyana (1995), bahwa terjadinya perubahan komponen protein enzim selulase selaras dengan bertambahnya umur kultur kapang dimana ditemukan adanya peningkatan aktivitas protease dalam filtrat enzim yang kemungkinan menguraikan enzim selulase.

Produksi dan aktivitas enzim selama fermentasi dapat mencapai maksimum dalam jangka waktu tertentu, kemudian mengalami penurunan secara cepat atau perlahan-lahan. Pengetahuan terhadap informasi tersebut sangat penting bagi industri produsen enzim untuk bisa memperkirakan dengan tepat kapan waktu yang cocok untuk pemanenan enzim untuk mendapatkan produksi dan aktivitas enzim yang tinggi.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ampas tahu dapat digunakan sebagai media produksi enzim selulase dari *Aspergillus niger*. Aktivitas enzim selulase meningkat seiring dengan lamanya waktu inkubasi mulai dari hari ke-1 sampai hari ke-7 kemudian mengalami penurunan pada hari ke-9 dan hari ke-11. Aktivitas enzim selulase paling optimum diperoleh pada waktu inkubasi 7 hari dengan aktivitas enzim sebesar 0,607  $\mu\text{mol/ml}/\text{menit}$

## DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, P.B.; D. K. Acharya, and H. A. Modi. 2008. Optimization for Cellulase Production by *Aspergillus niger* Using Saw Dust as Substrate. *African J. of Biotechnol.* 7(2): 4147-4152.
- Anwar, N., A. Widjaja, S. Winardi. 2010. Peningkatan Unjuk Kerja Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi Menggunakan Campuran Selulase Kasar dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*. *Makara Sains.* 14: 113-116.
- Arthi, S., S. Anuraq, and Y. Sarika. 2011. A Kinetic Study on Cellulase Enzymes from *Aspergillus Niger*. *International Journal of Pharma and Bio Sciences.* 2: 37-40.
- Akhdiyah, A. 2003. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease Alkalin Termotabil. *Jurnal Buletin Plasma Nutfah.* 9 (2)..
- Apriantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati dan Budianto, S. 1989. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Budiman, A dan Setyawan, S. 2009. Pengaruh Konsentrasi Substrat, Lama Inkubasi dan pH dalam Proses Isolasi Enzim Xylanase dengan Menggunakan Media Jerami Padi. Semarang. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Devi, M. C., and M. S. Kumar. 2012. Production, Optimization and Partial Purification of Cellulase by *Aspergillus niger* Fermented with Paper and Timber Sawmill Industrial Wastes. *J. Microbiol. Biotech. Res.* 2: 120-128.
- Gandjar, Indrawati. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Gunam, I. B. W., Buda, K., dan I. M. Y. S. Gunam. 2010. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi terhadap Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* NRRL A-II, 264. *Jurnal Biologi Universitas Udayana.* 14: 1179-1187.
- Gomes, K. A., A.A. Gomes. 1976. Statistical Procedure for Agriculture Research with Emphasis on Rise. IRR. Los Banos, Philippines.
- Harendra, S. K., B. P. Kumar., D. Laxmi., R. J. Rao., 2013. Optimization and Production of Cellulase from Agricultural Waste. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences.* 17, 18-20.
- Jumadi, O. 1995. *Pengujian Aktivitas Pektinase dari Aspergillus niger FNCC 6018 dan Rhizopus oligosporus FNCC 6010 pada Fermentasi Media Padat Ampas Tahu.* Makassar: Skripsi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Hasanuddin.
- Kurniawati, I., I. N. Wirajana., I. G. Mahardika., 2013. Peningkatan Aktivitas Selulase pada Tanah Hutan Mangrove Pantai Suwung Bali dengan Pengayaan Substrat Selulosa Janur Kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Kimia.* 1: 75-81.
- Kodri, B. D. Argo., R. Yulianingsih. 2013. Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma Reseei* dan *Aspergillus niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan Pretreatment Microwave. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis.* 1: 36-43.
- Maranatha, B. 2008. Aktivitas Enzim Selulase Isolat Asal Indonesia pada Berbagai Substrat Limbah Pertanian. <http://repository.ipb.ac.id>. Diakses pada tanggal 25 agustus 2013.
- Narasimha, G., Sridevi A. Buddolia Viswanath, Subbosh Chandra M., Rajashekar Reddy B. 2006. Nutrien Effects on Production of Cellulolytic Enzymes by *Aspergillus niger*. *African Journal of Biotechnology.* 5: 472-476.
- Pudjihastuti, I. 1996. Majalah Penelitian. Semarang: UNDIP Press.
- Pratiwi, A.E. 1994. Pemanfaatan Limbah Nenas (*Ananas comosus*, L. Merr) untuk Produksi Enzim Selulase dari beberapa Jenis Mikroorganisme. Bogor: *Jurnal Institut Pertanian Bogor.*
- Ruijter G. J. G, and J. Visser. 1997. Carbon repression in Aspergilli. *FEMS Microbiol. Lett.* 151: 103-114.
- Rosyana, E. 1995. Pemanfaatan Kulit Pisang Untuk Produksi Enzim Selulase. *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian.* IPB Bogor.
- Sa'adah, Z., N. S. Ika, dan Abdullah. 2008. Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* Menggunakan Substrat Jerami dengan Sistem Fermentasi Padat. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP.
- Suto M. and F. Tomita, 2001. Induction and catabolite repression mechanisms of cellulase in fungi. *J. Biosci. Bioeng.* 92: 305-311.
- Tarmidi, A, R. 2002. Penggunaan Ampas Tahu dan Pengaruhnya pada Pakan Ruminansia. <http://pustaka.unpad.ac.id>.
- Zhiliang Fan and L. R. Lynd. 2006. Conversion of Paper Sludge to Ethanol, II: Proses Design and Economic Analysis. *Bioprocess Biosyst Eng.* 30, 35-45.

## Ekstraksi Protein Rekombinan VDAC3 dari Bakteri *Escherichia coli* BL21 Star™ (DE3)

**Tri Panjiasih Susmiarsih<sup>1,2</sup>, Asmarinah<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Program Doktor Ilmu Biomedik FKUI Jakarta,*

<sup>2</sup>*Departemen Biologi FK YARSI Jakarta*

<sup>3</sup>*Departemen Biologi FKUI Jakarta*

*Email: susmiarsih@yahoo.com.sg*

Dalam penelitian dan pengembangan bahan kontrasepsi pria diperlukan protein sperma dalam jumlah besar melalui teknologi rekayasa genetika, yang meliputi konstruksi vektor, produksi, ekstraksi dan purifikasi protein rekombinan. VDAC3 (*Voltage dependent anion channel*), merupakan protein kanal ion yang bertanggung jawab terhadap aliran ion dan ATP di flagella spermatozoa. VDAC memediasi interaksi antara mitokondria, mikrotubula dan sitoskeleton flagela serta mengatur keberhasilan sperma dalam fertilisasi. Telah dilakukan studi optimasi ekstraksi protein rekombinan dari bakteri *Escherichia coli* BL 21 Star™ (DE3) yang bertujuan mengetahui kadar protein rekombinan VDAC3 dengan berbagai buffer. Buffer yang digunakan untuk ekstraksi protein rekombinan, yaitu (A) tris base saline/TBS pH 7.5; (B) TBS dan 0.5% triton; (C) 250 mM Tris HCL pH 8, 1 mM EDTA, 1 mM DTT dan (D) 250 mM Tris HCL pH 8, 1 mM EDTA, 1 mM DTT dan 10 mM Guanidine HCL. Pellet dari 150 ml biakan bakteri dan buffer dilisiskan dengan sonikasi. Konsentrasi protein total diukur dengan uji Commassie Bradford Plus, visualisasi protein dengan metode SDS PAGE dan titer protein rekombinan VDAC3 diuji dengan ELISA. Konsentrasi protein total terukur dari buffer A 257,642 µg/ml; B 129,393 µg/ml; C 422,301 µg/ml dan D 501,779 µg/ml. Berat molekul protein rekombinan VDAC3 sekitar 20 kDa. Titer protein VDAC3 dari buffer A 0,422 OD; B 0,184 OD; C 0,445 OD dan D 0,467 OD. Secara kuantitatif, ekstraksi protein rekombinan VDAC3 optimal dengan menggunakan buffer lisis D.

Keyword: VDAC3, lysis buffer, guanidine HCL

## Analisis T-RFLP Mikrobiota Saluran Cerna Tikus yang Mengonsumsi Maltooligosakarida Berbasis Umbi *Xanthosoma* sp.

**Achmad Dinoto, Rita Dwi Rahayu, Sri Purwaningsih**

*Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Cibinong  
Email: achmaddinoto@yahoo.com*

Maltooligosakarida adalah prebiotik potensial yang digunakan dalam pangan fungsional untuk memodulasi populasi mikroorganisme baik di dalam usus. Sintesis maltooligosakarida menggunakan pati umbi *Xanthosoma* sp. sebagai substrat telah berhasil dilakukan melalui reaksi enzimatik amilase *Bacillus licheniformis* BL1. Pada penelitian ini populasi mikrobiota di sekum tikus yang mengonsumsi maltooligosakarida berbasis umbi diteliti melalui pendekatan ekologi molekuler. Tikus jantan *Sprague Dawley* dipelihara selama tiga minggu dengan mengonsumsi: pakan kontrol (kontrol), pakan yang ditambah dengan 3% (b/b) maltooligosakarida komersial (oligo MHF) dan pakan yang ditambah dengan 3% (b/b) maltooligosakarida yang disintesis melalui reaksi enzimatik amilase *B. licheniformis* BL1 (oligo TBA). Analisis *terminal restriction fragment length polymorphism* (T-RFLP) dilakukan berdasarkan area puncak dari gen-gen 16S rDNA mikrobiota sekum yang telah dipotong dengan beberapa enzim restriksi. Hasil analisis menunjukkan terjadinya penurunan jumlah filotipe mikroba di dalam sekum kelompok tikus yang mengonsumsi maltooligosakarida (oligo MHF dan oligo TBA) dibandingkan dengan kelompok kontrol. Selain itu, komunitas mikrobiota sekum menjadi kurang beragam pada sekum kelompok tikus oligo MHF dan oligo TBA sebagai efek konsumsi maltooligosakarida. Beberapa kelompok mikrobiota usus mungkin terstimulasi oleh keberadaan maltooligosakarida di dalam sekum tikus.

## Pengaruh Berbagai Konsentrasi Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis* (L.) O.Kunze) dalam Menghambat Ketengikan Minyak jagung

Santoso Sastrodihardjo<sup>1</sup>, Jimmy Hindarto<sup>1</sup>, dan Yeanne Sisilia Bulu<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, UKSW, Salatiga

<sup>2)</sup> Alumni Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, UKSW, Salatiga

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh gambaran tentang pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* (L.) O. Kunze) dan untuk menentukan konsentrasi optimal ekstrak daun teh hijau dalam menghambat ketengikan minyak jagung. Ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* (L.) O. Kunze) digunakan sebagai antioksidan untuk menghambat terjadinya ketengikan minyak dengan menggunakan metode feri tiosianat. Data hasil penelitian dianalisis dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima perlakuan (0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%) dan lima kali ulangan. Sebagai kelompok adalah waktu analisis angka peroksida, sedangkan untuk menguji beda antara perlakuan menggunakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) dengan tingkat bermagna 5%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* (L.) O. Kunze) berpengaruh dalam menghambat ketengikan minyak jagung adalah konsentrasi 2,5%

### PENDAHULUAN

Saat ini banyak sekali jenis minyak goreng dengan merek yang berbeda-beda, dimana masing-masing minyak goreng memberikan kelebihan seperti tidak berbahaya bagi kesehatan. Berdasarkan sumbernya minyak goreng ada yang berasal dari alam. Minyak goreng ini disebut sebagai minyak nabati. Beberapa contohnya antara lain : minyak bunga matahari, minyak jagung, minyak kedelai, minyak kelapa, minyak kacang tanah. Selain itu ditemukan juga minyak yang berasal dari hewan yang biasanya disebut minyak hewani (Elisabeth, 2002). Kualitas minyak sangat mempengaruhi cita rasa pangan antara lain rasa, flavor dan aroma. Selanjutnya sebagian kecil minyak goreng akan diserap oleh bahan pangan yang digoreng (Muchtadi, 2003).

Salah satu minyak goreng nabati yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat adalah minyak jagung. Selain memiliki nilai gizi yang tinggi, minyak jagung tergolong dalam jenis lemak tidak jenuh yang berguna untuk menurunkan kolesterol darah (Kunia, 2003). Asam lemak tidak jenuh rentan terhadap oksidasi sehingga menimbulkan kerusakan pada minyak dan menimbulkan bau tidak sedap seperti bau tengik, sehingga akan menurunkan cita rasa.

Proses ketengikan sangat dipengaruhi oleh adanya prooksidan dan antioksidan. Prooksidan akan mempercepat terjadinya oksidasi sedangkan antioksidan akan menghambatnya. Minyak dan lemak dapat mengalami kerusakan atau menurun kualitasnya atau yang biasa dikenal dengan istilah ketengikan (Winarno, 1977).

Teh hijau (*Camellia sinensis* (L.) O.Kunze) berasal dari Cina dan Jepang dan dimasukkan ke Indonesia pada tahun 1690. Sekarang tersebar di banyak Negara tropika dan subtropika. Dari daun muda yang telah dikeringkan dibuat larutan yang merupakan minuman penyegar dan minuman kedua didunia sesudah air. Teh hijau dibuat dengan mengukus dan mengeringkan daunnya tanpa fermentasi (Anonym, 2004).

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Memperoleh gambaran tentang pengaruh penambahan ekstrak daun teh hijau dalam menghambat proses ketengikan minyak jagung.
2. Menentukan ekstrak daun teh hijau yang optimal dalam menghambat proses ketengikan minyak jagung.

### METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah daun teh hijau yang telah kering yaitu teh hijau Kepala Djenggot yang diperoleh di swalayan di Salatiga. Bahan kimia yang digunakan adalah : heksana, methanol 85%, gas N<sub>2</sub>, etanol 75%, etanol 99,5%, buffer fosfat pH 7, Fe Cl<sub>2</sub> 0,02 M, HCl 3,5%, NH<sub>4</sub> SCN 30%, dan minyak jagung. Piranti yang digunakan antara lain Erlenmeyer, beaker gelas, gelas ukur, pipet ukur, corong, kertas saring, aluminium foil, magnetic stirrer, labu ukur, tabung reaksi, tabung sentrifuge, sentrifuge, kuvet, pH meter, Spectrofotometer Hitachi U-1100.

Preparasi minyak jagung, 50 gram jagung yang sudah disangrai dan dihaluskan dimaserasi dengan 50 ml heksane selama setengah jam sebanyak 2 kali. Hasil yang diperoleh diuapkan dengan rotary evaporator dan disimpan dalam wadah tertutup.

Preparasi sampel, 5 gram teh hijau yang sudah kering dan halus ditambah 15 ml methanol 85% lalu dimaserasi selama setengah jam, dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Residu yang diperoleh diuapkan dengan rotary evaporator, kemudian sisa pelarut diuapkan dengan gas N<sub>2</sub>.

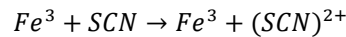
Penentuan aktivitas antioksidan dengan menggunakan metode Feritiosianat (Hadisusilo dan Komalasari, 1999). Ekstrak sample masing-masing dengan konsentrasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% ditambah dengan 100 mg minyak jagung, lalu dimasukkan dalam labu takar 100 ml dan diencerkan menggunakan etanol 99,5% sampai batas tera (disebut larutan A) dan didiamkan pada suhu kamar sampai absorbansinya konstan. Dalam tabung reaksi dimasukkan 0,2 ml larutan A, 9,4 ml etanol 75%, 0,2 ml Fe Cl<sub>2</sub> 0,02 M dalam HCl 35% dan 0,2 ml NH<sub>4</sub> SCN 30%. Campuran dibiarkan selama 3 menit, lalu setiap 48 jam larutan diukur dengan spektrofotometer Hitachi U-1100 pada λ 500 nm hingga absorbansi konstan. Blanko dibuat dengan prosedur yang sama, tanpa larutan sampel. Blanko : 0,2 ml akuades 9,4 ml etanol 75%, 0,2 ml Fe Cl<sub>2</sub> 0,02 M dalam HCl 3,5% dan NH<sub>4</sub>SCN 30%.

Analisis data, data yang diperoleh dianalisis menggunakan rancangan dasar berupa Rancangan Acak Kelompok dengan 5 perlakuan dan 5 kali ulangan. Penentuan antar perlakuan digunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%.

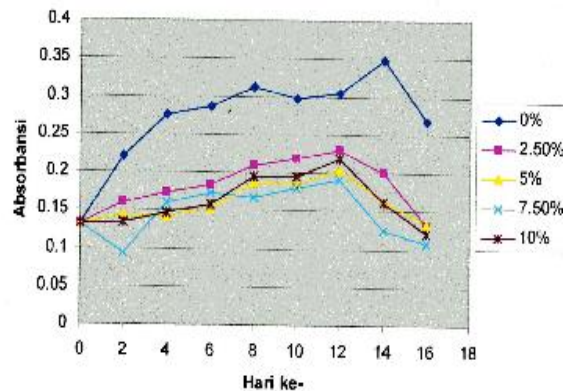
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Pengaruh Penambahan Berbagai Konsentrasi Ekstrak Daun Teh Hijau dalam Menghambat Proses Ketengikan Minyak Jagung.*

Dalam penelitian ini aktivitas antioksidan diuji dengan menggunakan metode Feri Thiosianat (FTC), Metode Feri Thiosianat merupakan metode yang digunakan untuk mengukur tingkat ketengikan minyak, dimana ikatan rangkap dari minyak bereaksi dengan oksigen udara dan akan membentuk radikal peroksil. Radikal peroksil akan mengoksidasi ion Fe<sup>2+</sup> menjadi Fe<sup>3+</sup>. Ion Fe<sup>3+</sup> akan berikatan dengan SCN<sup>-</sup> membentuk larutan berwarna merah darah dengan reaksi sebagai berikut :



Berikut ini adalah grafik nilai absorbansi berbagai konsentrasi ekstrak daun teh hijau yang ditambahkan pada minyak jagung.



Gambar 1 Grafik Purata Nilai Absorbansi pada berbagai konsentrasi ekstrak daun teh hijau yang ditambahkan pada minyak jagung.

Gambar 1. merupakan kurva nilai absorbansi minyak jagung yang diberi berbagai konsentrasi ekstrak daun teh hijau terhadap waktu inkubasi selama 16 hari. Selama 16 hari inkubasi dengan waktu pengamatan tiap 2 hari terjadi kenaikan nilai absorbansi pada masing-masing konsentrasi ekstrak daun teh hijau, sehingga menunjukkan konsentrasi senyawa peroksida yang terbentuk selama proses oksidasi rantai asam lemak tak jenuh dalam minyak jagung. Lemak-lemak tak jenuh dapat membentuk radikal-radikal bebas karena factor-faktor seperti cahaya, panas, logam-logam berat seperti Fe, Cu, Co dan Mn (Winarno, 1977).

Pada hari ke 0 sampai hari ke 14 nilai absorbansi minyak jagung tanpa pemberian ekstrak daun teh hijau pada kontrol (0%) mengalami kenaikan dengan bertambahnya lama penyimpanan. Hal ini disebabkan karena oksigen yang terserap semakin banyak, sehingga radikal peroksil yang terbentuk juga semakin banyak. Apabila semakin banyak peroksida yang terbentuk, maka semakin

banyak ion  $Fe^{2+}$  yang teroksidasi menjadi  $Fe^{3+}$ , sehingga nilai absorbansi semakin tinggi. Pada saat nilai absorbansi pada kontrol (0%) berada pada kondisi yang tinggi (hari ke 14) dapat diindikasikan bahwa minyak mulai tengik (Hadisusilo, dkk, 1999). Dengan adanya penambahan berbagai konsentrasi ekstrak daun teh hijau pada minyak jagung, maka laju pembentukan radikal peroksil akan dihambat oleh antioksidan dalam daun teh hijau.

***Pengaruh penambahan berbagai konsentrasi ekstrak daun teh hijau terhadap penghambatan ketengikan minyak jagung pada hari ke 14.***

Berikut ini adalah data persen penghambatan berbagai konsentrasi ekstrak daun teh hijau pada ketengikan minyak jagung.

Tabel 1. Purata Persen Penghambatan pada Penambahan Berbagai Konsentrasi Ekstrak Daun Teh Hijau Terhadap Ketengikan Minyak Jagung pada Hari ke 14

	Konsentrasi Ekstrak				
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
% penghambatan	0	42,22	51,21	62,32	53,98
BNJ 5%	(a)	(b)	(b)	(b)	(b)

Keterangan: W = 26,8542. Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, menunjukkan antar konsentrasi tidak berbeda nyata, sedangkan angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama, menunjukkan antar konsentrasi berbeda nyata.

$$\% \text{ Penghambatan} = \frac{Ak - As}{Ak} \times 100\%$$

Keterangan:

Ak : Purata Absorbansi Kontrol (0%)

As : Purata Absorbansi Sampel

Pada table 1 diatas dapat dilihat bahwa nilai persen penghambatan berkisar antara 42,22 – 62,32. Ekstrak daun teh hijau konsentrasi 2,5% sudah mampu menghambat ketengikan minyak jagung, hal ini diduga karena ekstrak daun teh hijau mengandung senyawa polifenol seperti katekin, epikatekin, epikatekin galat, galokatekin, epigalokatekin dan epigalokatekin galat (Kustamiyati, 1978). Polifenol ini mampu mereduksi radikal peroksil menjadi senyawa yang stabil (Graham, 1992).

Penambahan ekstrak daun teh hijau konsentrasi 5%, 7,5% dan 10% tidak akan meningkatkan persen penghambatan ketengikan minyak jagung dan tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 2,5%. Diduga Penambahan ekstrak daun teh hijau konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% mempunyai kemampuan yang sama dalam mencegah oksidasi minyak jagung. Dari hasil yang diperoleh, konsentrasi ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* (L). O. Kunze) yang paling efisien (optimal dalam menghambat proses ketengikan minyak jagung adalah konsentrasi 2,5%.

### KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan maka kesimpulan yang dapat ditarik sebagai berikut :

1. Ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* (L). O. Kunze) berpengaruh dalam menghambat proses ketengikan minyak jagung.
2. Konsentrasi ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* (L). O. Kunze) 2,5% adalah yang paling optimal dalam menghambat proses ketengikan minyak jagung.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. *Lemak Yang Baik Untuk Kesehatan*. [http://www.Pikiran Rakyat.com/cetak/0403/13/1002.htm](http://www.PikiranRakyat.com/cetak/0403/13/1002.htm).
- Elisabeth, J. 2002. *Pilih Yang Mana*. <http://www.kompas.com/kesehatan/news/0204/18/030145.htm>.
- Graham, H.N. 1992. *Green Tea Composition, Comsumtion and Polyphenol Chemistry*. In : Preventive Medicine.
- Hadisusilo S,L. Komalasari, S.Kosela. 1999. *Uji Aktivitas Antioksidan Biji Kluwek*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kunia, K. 2003. *Ternyata Jagung Bisa Mencegah Kanker*. [http://www.Pikiran Rakyat.com/cetak/1103/02/1003.htm](http://www.PikiranRakyat.com/cetak/1103/02/1003.htm).
- Kustamiyati, 1978. *Petunjuk Teknis Pengolahan Teh Gambung*. BPTK.
- Muchtadi, D. 2003. *Seri Healthy Food. Minyak Goreng*. <http://www.mediaindo.co.id>.
- Winarno, F.G, 1977. *Kimia Pangan dan Gizi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

## Studi Kasus pada Kualitas dan Kuantitas Selai Dari Uji Kadar Gula, Vitamin C dan Kesukaan

Chalimah<sup>1</sup>, Nur'aini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Pendidikan Biologi UMS, <sup>2</sup>Mahasiswa Pendidikan Biologi UMS

Selai merupakan makanan yang berbentuk semi padat dan biasa digunakan sebagai bahan tambahan makan roti ataupun sebagai isi roti kering. Tanaman kembang sepatu merupakan tanaman yang biasanya dikenal orang sebagai tanaman pagar saja ataupun tanaman hias. Tanaman kembang sepatu memiliki banyak manfaat dalam pengobatan, misalnya untuk mengobati bronchitis, demam, haid tidak teratur, dll, dan pada bagian bunga mengandung hibiscetin. (i) Mengetahui proses pembuatan selai dari mahkota bunga sepatu, (ii) mengetahui kualitas dan kuantitas selai dari bahan dasar mahkota bunga, dari tanaman bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*), dengan uji organoleptik, kadar gula dan kadar Vitamin C. Jenis penelitian eksperimen, rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 Faktor perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan tersebut adalah penambahan air perasan jeruk siam dengan dosis 15 ml (J1) dan 15 ml (J2), faktor kedua yaitu gula pasir 37,5 gram (G1) dan 50 gram (G2), dan faktor ketiga yaitu tepung maizena 2,5 gram (T1) dan 5 gram (T2). Parameter yang diukur kadar vitamin C, gula, dan organoleptik. Vitamin C tertinggi terdapat pada sampel perlakuan air perasan jeruk siam 15 ml, gula 50 gr, dan tepung maizena 2,5 gr (J2G2T1) dengan kadar 5,16 mg/%. Hasil penelitian kadar gula terendah pada perlakuan Air perasan jeruk siam (10 ml); gula (37,5 gr); tepung maizena (5 gr) (J1G1T2) dengan kadar 23,3mg/%, sedang kadar gula tertinggi perlakuan perasan jeruk siam (15 ml); gula (50 gr); tepung maizena (2,5 gr) (J2G2T1), dengan kadar 74,4 mg/%. Hasil pengukuran kadar Vitamin C terendah pada 3,81mg/% Air perasan jeruk siam (10 ml); gula (37,5 gr); tepung maizena (2,5 gr), dan tertinggi 5,16 mg/% pada perlakuan Air perasan jeruk siam (15 ml); gula (50 gr); tepung maizena (2,5 gr) (J2G2T1). Sedang Hasil uji organoleptik, respon dari panelis yang sangat disukai pada perlakuan J2G2T2 (air perasan jeruk siam 15 ml, gula pasir 50 gram, tepung maizena 5 gram) yang memiliki warna merah keunguan, aroma sedap, rasa asam kemanisan, tekstur lembut (Tabel 1 dan 2). Simpulan, selai yang dihasilkan dari bunga sepatu sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas dan kuantitas selai yang sesuai dengan selera panelis organoleptik adalah selai yang memiliki kadar Vitamin C 4,66 mg/%, kadar gula 56,6 mg/%, dengan perlakuan mahkota bunga sepatu 5 gr, ditambah air perasan jeruk 15 ml, gula 50 g, dan tepung tepung maizena 5 g.

Kata Kunci : Tanaman Kembang Sepatu, Jeruk Siem, Selai, kualitas dan kuantitas selai

### PENDAHULUAN

Selai merupakan salah satu produk makanan yang berupa semi padat dan sering menjadi pelengkap untuk makan roti, dan dibuat inovasi untuk biskuit. Selai umumnya terbuat dari buah-buahan serta kacang-kacangan. Pembuatan selai dari bahan bunga-bungaan jarang sekali didengar. Namun diversifikasi bahan pembuatan selai sudah mulai berkembang.

Indonesia memiliki tingkat keanekaragaman tinggi, baik flora maupun faunanya, jika tidak dilestarikan akan punah. Bunga sepatu merupakan salah satu keanekaragaman hayati yang ada di Indonesia. Masyarakat menganggap tanaman kembang sepatu tidak begitu bermanfaat selain tanaman hias atau tanaman pagar. Tanaman kembang sepatu dapat dimanfaatkan sebagai pengobatan diantaranya bronchitis, kencing nanah, haid tidak teratur, sakit panas, demam pada anak-anak, sariawan, batuk, gondok, dan sakit kepala. Bagian bunga, daun, dan akar kembang sepatu mengandung flavonoida. Daunnya mengandung saponin dan polifenol, akarnya mengandung tanin, saponin, skopoletin, cleomiscosin A, dan cleomiscosin C. Dan pula bunganya juga mengandung polifenol, yaitu senyawa yang menyebabkan rasa segar pada teh (Steven, 2012). Kandungan tanaman bunga sepatu, baik pada bunga, daun, dan akarnya mengandung hibiscetin (flavonoid). Selain hibiscetin, daunnya juga mengandung saponin dan polifenol, bunganya mengandung polifenol, sedangkan akarnya mengandung juga tanin, saponin, cleomiscosin A, dan cleomiscosin C. Sehingga fungsi tanaman bungan sepatu dapat digunakan sebagai obat herbal alami, misalkan digunakan sebagai obat anti radang, peluruh kencing, peluruh dahak, dan menormalkan siklus haid (menstruasi). Bunganya sering digunakan untuk pengobatan batuk, mimisan, dan haid tidak teratur. Sebagai obat luar daunnya juga digunakan untuk radang kulit (inflamasi), menyuburkan rambut, gondongan (mump), dan mimisan (Hanafi, 2012).

Hasil penelitian dari Eddy Sulistiyowati, dkk (2010), menyimpulkan bahwa mahkota bunga berwarna merah segar dari tanaman kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*) mengandung vitamin C yang berfungsi sebagai antioksidan sebesar 0,014 g/ 1 g sampel, kadar kafein 0,04 mg/ g, kadar glukosa sebesar 44,8 mg/ g. Hasil penelitian Lestari (2011), bahwa bunga kembang sepatu merupakan suatu tanaman obat tradisional yang dapat digunakan sebagai peluruh dahak. Ada 3



formula yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu formula A yang mengandung 100% sukrosa 0% PGA, formula B yang mengandung 50% sukrosa 50% PGA, dan formula C yang mengandung 0% sukrosa 100% PGA yang dioptimasi dengan metode Simplex Lattice Design. Hasil yang diperoleh dari perhitungan data, formula optimum yang dapat diperoleh yaitu formula C yang mengandung 601 gram sukrosa dan 10 gram PGA. Hasil penelitian memberikan inspirasi untuk pengembangan diversifikasi tanaman bunga sepatu, khususnya pada bunga yang berwarna merah, sebagai minuman teh yang segar dan atau selai.

#### ***Tujuan Penelitian.***

1. Mengetahui proses pembuatan selai dari mahkota bunga sepatu,
2. Mengetahui kualitas dan kuantitas selai dari bahan dasar mahkota bunga, dari tanaman bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*), dengan uji organoleptik, kadar gula dan kadar Vitamin C.

#### ***Manfaat penelitian***

Memberikan informasi bahwa bunga pada tanaman kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*) dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan selai, dan pengembangan atau diversifikasi tanaman bunga sepatu untuk pembuatan selai yang sehat

### **BAHAN DAN METODE PENELITIAN**

Bahan yang digunakan adalah, Mahkota bunga sepatu segar sebanyak 5 gram/ perlakuan, 37,5 dan 50 gr gula, 2 dan 5 gr maezena, jeruk siam 10 dan 15 ml, air 15 ml, agar 1 g/perlakuan.

#### ***Cara Membuatnya:***

Cara pembuatan blender mahkota bunga sepatu dengan air dan tepung maizena hingga halus. Angkat dan tuang ke dalam panci, tambahkan gula air, kemudian dimasak hingga mendidih sambil diaduk terus, masukkan air perasan jeruk siam, garam 0,5 gram/perlakuan dan bubuk agar 1 gram / perlakuan. Masak terus hingga tekstur saus mengental seperti selai, angkat biarkan dingin, blender agar lebih halus teksturnya

Botol Jam disterilkan dengan autoklaf, suhu 120<sup>0</sup>C dengan tekanan 1 atm . Selai yang sudah siap, dimasukkan ke botol dalam ruang steril (ber AC), dan disimpan dikulkas (Suhu 4<sup>0</sup>C). Uji organoleptik diukur rasa, aroma, tekstur, dan dirasakan langsung, disiapkan juga roti tawar. Selain itu diukur kandungan Vitamin C, serta kadar Gula.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian diinformasikan kualitas dan kuantitas selai dari bahan baku mahkota tanaman bunga sepatu. Kuantitas selai dilihat dari kadar gula dan Vitamin C (Laboratorium), sedang kualitas selai dilihat dari uji organoleptik dilihat dari warna, aroma, tekstur, dan perpaduan rasa serta daya oles pada roti. Hasil tersebut akan di tabulasikan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Pengukuran kadar Glukosa dan Vitamin C

No	Perlakuan	Simbul Perlakuan	Rerata pengukuran kadar (mg/%)	
			Gula	Vitamin C
1	Air perasan jeruk siem (10 ml); gula (37,5 gr); tepung maizena (2,5 gr)	J <sub>1</sub> G <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	27,8	4,17
2	Air perasan jeruk siem (10 ml); gula (37,5 gr); tepung maizena (5 gr)	J <sub>1</sub> G <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	23,3*	3,81*
3	Air perasan jeruk siem (10 ml); gula (50 gr); tepung maizena (2,5 gr)	J <sub>1</sub> G <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	40,0	4,25
4	Air perasan jeruk siem (10 ml); gula (50 gr); tepung maizena (5 gr)	J <sub>1</sub> G <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	45,6	4,31
5	Air perasan jeruk siem (15 ml); gula (37,5 gr); tepung maizena (2,5 gr)	J <sub>2</sub> G <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	37,4	4,60
6	Air perasan jeruk siem (15 ml); gula (37,5 gr); tepung maizena (5 gr)	J <sub>2</sub> G <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	38,9	4,69
7	Air perasan jeruk siem (15 ml); gula (50 gr); tepung maizena (2,5 gr)	J <sub>2</sub> G <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	74,4**	5,16**
8	Air perasan jeruk siem (15 ml); gula (50 gr); tepung maizena (5 gr)	J <sub>2</sub> G <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	56,6	4,66

Keterangan: \*) Kadar glukosa dan vitamin C terendah, \*\*) Kadar glukosa dan vitamin C tertinggi

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar vitamin C dengan penambahan air jeruk siam sebanyak 10 ml maupun 15 ml, pada setiap perlakuan berbeda, dalam kisaran 3,81- 5,16, terendah pada penambahan 10 ml perasan jeruk siam, dan tertinggi penambahan 15 ml (Tabel 1). Berdasarkan analisis penambahan air perasan jeruk siam ada pengaruh terhadap kandungan vitamin C selai mahkota bunga kembang sepatu. Adanya perbedaan kadar vitamin C pada selai mungkin karena jeruk siam yang digunakan umurnya tidaklah sama, heterogenitas jeruk yang telah dipasarkan baik dari segi umur pemetikan, maupun penyimpanan, serta asal jeruk tersebut. Buah jeruk siam yang telah dipetik dan disimpan akan berkurang kandungan Vit C dibanding jeruk siam yang baru dipetik. Oleh karenanya terjadi perbedaan baik pada penambahan dosis 10 ml maupun 15 ml air perasan jeruk siam. Sesuai hasil penelitian Helmiyeni (2008) yaitu lama penyimpanan jeruk siam berpengaruh terhadap kandungan vitamin C jeruk siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*), kadar vitamin C pada penyimpanan 5 hari tidak mengalami perubahan dibandingkan kontrol, sedangkan penyimpanan 10 hari dan 15 hari kadar vitamin C berkurang. Hal ini sesuai dengan sifat vitamin C menurut Poedjiadi (2007) yaitu mudah dioksidasi, terutama bila dipanaskan. Oksidasi dipercepat apabila ada suatu alkalis atau tembaga. Hilangnya vitamin C sering terjadi dalam pengolahan, pengeringan, dan cahaya.

Hasil analisis kadar gula dalam selai dengan berbagai penambahan konsentrasi gula, tepung, dan perasan jeruk siap menunjukkan hasil yang bervariasi. Kadar gula yang terkandung dalam selai dapat dipengaruhi ketiga variasi penambahan bahan dalam selai, diantaranya gula, cairan jeruk siam dan gula, dimana penambahan tersebut untuk mendukung kualitas selai, dan gula merupakan salah satu bahan untuk pengawet makanan, salah satunya bertujuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Sebagai pengawet gula pasir minimal 3% atau 30 gram/kg bahan.

Tabel 2. Hasil Uji Organoleptik Selai yang diterima oleh tester

Perlakuan	Penilaian Kualitas Selai Mahkota Bunga Sepatu dengan Organoleptik				
	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur	Daya Terima
J <sub>2</sub> G <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	Merah Keunguan	Sedap	Asam	Agak Lembut	Suka
J <sub>2</sub> G <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	Merah Keunguan	Sedap	Asam Kemanisan	Agak Lembut	Suka
J <sub>2</sub> G <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	Merah Keunguan	Sedap	Asam Kemanisan	Lembut	Sangat Suka

Secara garis besar panelis sangat suka pada selai mahkota bunga kembang sepatu sampel perlakuan J<sub>2</sub>G<sub>2</sub>T<sub>2</sub> (air perasan jeruk siam 15 ml, gula pasir 50 gram, tepung maizena 5 gram) yang memiliki warna merah keunguan, aroma sedap, rasa asam kemanisan, tekstur yang agak lembut. Hal tersebut sesuai dengan kriteria selai buah SNI 3746:2008. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa mahkota bunga tanaman bunga sepatu dapat digunakan untuk pembuatan selai yang sehat dan berkualitas. Hal tersebut didukung dari beberapa hasil penelitian Rifma Eliyasmu *et al* (2011) menyatakan bahwa mahkota buha rosella dapat dimanfaatkan untuk pembuatan selai dan teh, dengan hasil pengukuran kadar gula 67,27%, vitamin C (9,38 mg/100 g) bahan kadar pectin (3,00%) dan kadar serat kasar (3,31%). Nur'aeni dan Chalimah (2013) menyatakan bahwa Mahkota bunga sepatu dapat dimanfaatkan untuk pembuatan selai, dengan kandungan vitamin C yang cukup representatif untuk mendukung kesehatan, dan memiliki rasa yang khas dari selai terbuat dari bahan ekstrak buah umumnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Metode pembuatan selai yang paling disukai oleh panelis, adalah mahkota bunga sebanyak 5 gr ditambah Air perasan jeruk siam (15 ml); gula (50 gr); tepung maizena (5 gr) (J<sub>2</sub>G<sub>2</sub>T<sub>2</sub>)
2. Uji kuantitas Kadar Gula dan Vitamin C paling tinggi pada perlakuan selai yang ditambah dengan Air perasan jeruk siam (15 ml); gula (50 gr); tepung maizena (2,5 gr). Dan kualitas selai paling bagus percampuran Air perasan jeruk siam (15 ml); gula (50 gr); tepung maizena (5 gr)

## UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan Banyak terimakasih kepada yang terhormat, Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta, yang memberikan dana untuk penelitian Kolaborasi, melalui RPPS. KaProdi Pendidikan Biologi yang telah memfasilitasi untuk pengembangan dosen dan percepatan kelulasa Mahasiswa, tak lupa disampaikan terimakasih atas kerjasamanya, saudari Desi Nur'aeny, alumnus Prodi pendidikan biologi yang lulus pada TA 2012-2013, atas kerjasamanya dalam menghasilkan sebuah riset yang insyaallah bermanfaat untuk perkembangan IPTEK

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Selai Buah SNI 3746:2008*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Dila Maghrifani, Fitri Astiwahyuni, dan Meritha Vridawati. (2008). *Pemanfaatan Mahkota Bunga Sepatu Menjadi Teh dan Selai*. Laporan Hasil Penelitian dalam Rangka Lomba Karya Tulis Ilmiah UKM Penelitian UNY.
- Helmiyesi, Rini Budi Hastuti, and Erma Prihastanti. *Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Gula dan Vitamin C pada Buah Jeruk Siam (Citrus nobilis var. microcarpa)*. Jurnal Buletin Anatomi dan Fisiologi, vol. XVI, No. 2, 2008.
- Nur'aeni dan Chalimah (2013). *Uji Vitamin C selai mahkota bunga sepatu dengan penambahan jeruk siam dan Maezena*. Skripsi (unpublish)
- Nuraeni (2013). *Uji kuantitas dan kualitas selai mahkota bunga sepatu dengan penambahan jeuk siam dan Maezena*. Skripsi (unpublish)
- Pedjadi, Anna, dan F.M Titin Supriyanti. 2007. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press.
- Rifma Eliyasmi, Netty Sri Indeswari, Vira Yuliani (2011). *Penambahan Bunga Rosela dalam Seduhan pada Pembuatan Selai Lembaran dari Buah Salak (Salacca edulis Reinw)*. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas, Vol. 15 (2011) No. 2, pages: 48-54
- Steven, Fion. 2012. *Hibiscus rosa-sinensis-kembang sepatu*. <http://d2landscape.birojasabali.com/2012/11/hibiscus-rosa-sinensis-kembang-sepatu.html>. diakses pada tanggal 7 Januari 2013.
- Lestari, Ferani Dwi. 2011. *Optimasi Formula Sirup Ekstrak Etanolik Bunga Kembang Sepatu (Hibiscus rosa-sinensis) dengan Sukrosa sebagai Bahan Pemanis dan PGA sebagai Bahan Pengental*. Surakarta: Skripsi Thesis Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sulistiyowati, Eddy, Das Salirawati, dan Antuni Wiyarsi. 2010. *Penentuan Kadar Berbagai Zat Gizi Pada Teh Bunga Sepatu*. Laporan Penelitian, tidak diterbitkan. Lemlit UNY.

# Analisis Komparasi Kandungan Gizi pada Salut Biji dan Daging Buah Carica (*Carica pubescens*) asal Desa Sembungan Dataran Tinggi Dieng

**Sugiyarto, Suranto, Siti Fatimah, Alfatika Permatasari**

*Program Studi Biosain, Pascasarjana Universitas Sebelas Maret, Surakarta*  
*Email: sugiyarto\_ys@yahoo.com*

Carica (*Carica pubescens*) merupakan tanaman buah khas di dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah. Carica memiliki daerah persebaran sempit, populasi terbanyak berada di Desa Sembungan. Dalam proses pembuatan manisan carica, bagian buah yang digunakan adalah daging buah dan salut biji. Perbedaan kandungan gizi bagian salut biji dan daging buah belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kandungan gizi pada salut biji dan daging buah carica asal Desa Sembungan, Dataran Tinggi Dieng ( $\pm 2400$  m dpl). Kandungan lemak, protein, karbohidrat, mineral dan vitamin C masing-masing dianalisis dari sampel buah masak dengan metode Soxhlet, Kjeldahl, perhitungan selisih, cara kering dan titrasi yodium. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif komparatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kandungan gizi salut biji dan daging buah. Salut biji buah masak memiliki kandungan lemak 0,18%, protein 1,06%, karbohidrat 3,93%, mineral 0,50% dan vitamin C 69,30%. Daging buah dari buah masak memiliki kandungan lemak 0,06%, protein 0,25%, karbohidrat 3,96%, mineral 0,57% dan vitamin C 89,25%.

Kata kunci: *Carica pubescens*, daging buah, dieng, gizi, salut biji.

## PENDAHULUAN

Tanaman carica merupakan tanaman yang adaptif di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah (Budiyanti *et al.*, 2005). Tanaman ini dapat dijumpai pada ketinggian 1400-2400 m dpl dengan suhu yang relatif rendah dan curah hujan tinggi (Fitriningrum *et al.*, 2012; Laily *et al.*, 2012; Sumaryono *et al.*, 2012). Desa Sembungan merupakan salah satu desa tertinggi di Dataran Tinggi Dieng ( $\pm 2119$  m dpl) dan suhu yang relatif rendah ( $\pm 15-20^{\circ}\text{C}$ ) yang mana di daerah ini banyak dijumpai tanaman carica. Pada daerah yang lebih tinggi dan lebih dingin, pertumbuhan tanaman carica akan lebih bagus dan buah yang dihasilkan juga lebih besar dan lebih tebal daging buahnya (Distan Kabupaten Wonosobo, 2008).

Carica banyak dimanfaatkan untuk membuat berbagai macam produk olahan pangan, misalnya manisan carica. Produk ini sangat digemari oleh masyarakat (Verhey and Coronel, 1997; Hidayat, 2001). Dalam proses pembuatan manisan carica, bagian yang digunakan adalah bagian buah khususnya dagingnya, sedangkan salut bijinya hanya dimanfaatkan untuk diambil sarinya sebagai aroma pada manisan kemudian dibuang.

Meskipun carica terkenal sebagai oleh-oleh khas dari Dieng, namun informasi tentang carica ini masih sangat sedikit, terlebih lagi informasi mengenai kandungan gizinya. Kurangnya informasi ini terlihat pada kemasan manisan carica yang pada umumnya tidak mencantumkan kandungan gizi dari carica. Pada bagian salut biji belum dimanfaatkan secara optimal, sebagian besar salut biji tersebut dibuang setelah diambil sarinya untuk aroma manisan carica. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian khususnya tentang kandungan gizi baik yang terdapat pada salut biji maupun daging buah carica.

## BAHAN DAN METODE

### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Juni 2012 di Desa Sembungan. Analisis kandungan gizi (lemak, protein, karbohidrat, mineral dan vitamin C) dilakukan di laboratorium Pangan dan Gizi Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.

### *Bahan*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman carica yang tumbuh di Desa Sembungan, Kecamatan Kejajar, Wonosobo, Jawa Tengah pada ketinggian 2119 m dpl. Sampel buah carica diperoleh menggunakan metode acak berlapis.

### *Cara Kerja*

#### *Analisis Kandungan Lemak.*

Kandungan lemak dianalisis menggunakan metode soxhlet. Labu soxhlet dipanaskan dalam oven pada suhu 105-110°C selama 0,5 jam kemudian dinginkan dalam eksikator dan ditimbang sampai didapat berat konstan. 5 g carica ditimbang lalu dimasukkan ke dalam kertas saring. Selanjutnya kertas saring dilipat dan digulung kemudian dimasukkan ke dalam lau soxhlet yang berisi solvent (n-hexane) dengan posisi tegak. Ekstraksi dilakukan selama 2 jam. Setelah ekstraksi selesai sampel diambil dan alat ekstraksi dipasang kembali untuk merecovery solvent. Labu soxhlet yang berisi solvent dan lemak dioven selama 2 jam pada suhu 100-105°C untuk menguapkan solvent yang masih terikut dalam lemak. Selanjutnya lemak didinginkan dalam eksikator dan ditimbang hingga didapatkan berat konstan (Harsojo, 2012).

$$\text{Kandungan lemak} = \frac{\text{berat lemak}}{\text{berat carica}} \times 100\%$$

#### *Analisis Kandungan Protein.*

Kandungan protein dianalisis menggunakan metode kjedahl. 2-5 g bahan yang berbentuk bubuk ditimbang lalu dimasukkan ke dalam labu kjedahl dan ditambahkan 10 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrit, 0,5 g CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O, 25 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan beberapa butir batu didih. Campuran diaduk hingga rata lalu dipanaskan dengan api bunsen dalam lemari asam, mulut tabung ditutup dengan corong. Pemanasan dihentikan setelah cairan menjadi jernih (hijau terang). Larutan tersebut didinginkan kemudian dipindahkan ke dalam labu destilasi. Labu kjedahl dibilas dengan 25 ml akuades sedikit demi sedikit agar larutan yang terdapat dalam labu kjedahl dapat dipindahkan semuanya. Untuk mencegah percikan dapat ditambahkan 1 g Zn. Selanjutnya, larutan didestilasi dan ditambahkan 75 ml NaOH jenuh. Labu destilasi dipasang pada alat destilasi. Destilasi dilakukan hingga semua ammonia yang terbentuk dapat terdestilasikan. Hal ini dapat diketahui dengan menggunakan indikator pH. Apabila pH menunjukkan netral maka destilasi dapat dihentikan. Semua destilat ditampung dalam erlenmeyer 125 ml dan diisi dengan 5 ml larutan H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub> serta ditambahkan indikator methyl orange titrasi dengan HCl 0,1 N (Anonim, 1992; Sudarmadji, 1997).

$$\text{Protein} = \frac{V \text{ HCl} \times N \text{ HCl} \times BM \text{ N} \times 6,25 \times V \text{ destilat}}{1000 \times \text{berat carica} \times V \text{ titrasi}} \times 100\%$$

#### *Analisis Kandungan Karbohidrat.*

Penentuan kandungan karbohidrat (termasuk kandungan serat) dilakukan secara *by different* dan dihitung sebagai selisih 100 dikurangi kadar air, abu, protein dan lemak (Almatsier, 2004).

#### *Analisis Kandungan Serat Kasar.*

Penentuan kandungan serat kasar dilakukan dengan cara memasukkan sampel carica yang sudah diekstrak lemaknya lalu dimasukkan dalam erlenmeyer. 0,5 g asbes, 3 tetes antifoam dan 200 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25 N ditambahkan ke dalam erlenmeyer kemudian dididihkan selama 30 menit. Residu yang terbentuk disaring dan dicuci menggunakan akuades panas, kemudian residu tersebut dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambah dengan 200 ml NaOH 0,25 N. Selanjutnya dididihkan kembali selama 30 menit dengan pendingin balik dan disaring kembali dengan menggunakan kertas saring yang sudah ditimbang. Residu tersebut kemudian dicuci dengan 10 ml Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% dan 15 ml alkohol 95%. Setelah itu kertas saring yang telah digunakan untuk menyaring dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C. Setelah kering, kertas saring tersebut ditimbang sampai didapatkan berat konstan (Harsojo, 2012).

#### *Analisis Kadar Abu Total.*

Penentuan kadar abu total dilakukan dengan cara mengeringkan kurs porselen ke dalam oven pada suhu 105-110°C selama 0,5 jam lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai didapatkan berat konstan. 2 g sampel carica dimasukkan ke dalam kurs porselen kemudian panaskan dalam tanur (furnace) pada suhu 600°C selama 2 jam. Kurs porselen yang menjadi abu didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang sampai didapatkan berat konstan (Harsojo, 2012).

$$\text{Kadar abu} = \frac{C - B}{A} \times 100\%$$

Dimana: A = Berat carica, B = Berat kurs porselen + ragi setelah pengabuan, C = Berat kurs porselen + ragi sebelum pengabuan

#### *Analisis Kandungan vitamin C.*

Pengukuran konsentrasi larutan dilakukan menggunakan metode titrasi yaitu suatu penambahan indikator warna pada larutan yang diuji lalu ditetesi dengan larutan yang merupakan kebalikan sifat larutan yang diuji. Pengukuran kadar vitamin C dilakukan dengan reaksi redoks yaitu menggunakan larutan iodine sebagai titran dan larutan kanji sebagai indikator. Pada proses titrasi, setelah semua vitamin C bereaksi dengan iodine, maka kelebihan iodine akan dideteksi oleh kanji yang menjadikan larutan berwarna biru gelap (Anonim, 1992; Sudarmadji, 1997; Almtsier, 2004).

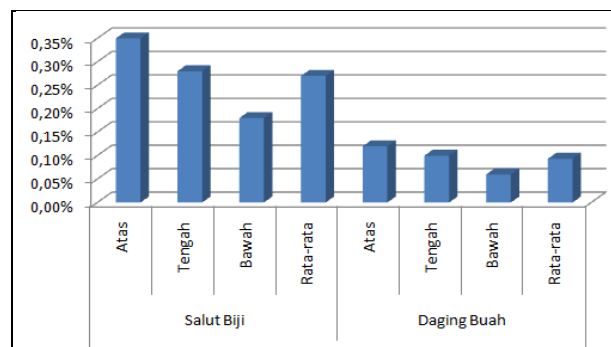
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman carica merupakan tanaman endemik di Dataran Tinggi Dieng (Sugiyarto, 2012). Tanaman ini berdistribusi mulai Desa Kejajar, Tieng, Patak Banteng, Dieng dan Sembungan (Pusat Perlindungan Varietas Tanaman Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2006). Akan tetapi, distribusi tanaman ini tidak merata. Menurut Laily *et al.* (2012), hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan ketinggian tempat, suhu maupun faktor lingkungan lainnya. Distribusi tanaman carica paling banyak terdapat di Desa Sembungan yang terletak pada ketinggian  $\pm 2119$  m dpl. Desa ini merupakan desa tertinggi di Pulau Jawa (Distan Kabupaten Wonosobo, 2008).

Tanaman carica cocok pada tanah dengan pH 6,0-6,5, subur, gembur, mengandung humus dan banyak menahan air. Berdasarkan hasil analisis kimia tanah di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta, diketahui bahwa tanah di Desa Sembungan, Dataran Tinggi Dieng memiliki kandungan C-organik 5,06-5,96%, BO tanah 8,73-10,28%, N 0,31-0,40%,  $P_2O_5$  tersedia 15,23-16,14 ppm dan  $K_2O$  tertukar 0,32-0,38me%.

Habitat dalam arti yang luas merupakan tempat tinggal suatu organisme beserta faktor-faktor lingkungan yang menyertainya (Mc Naughton and Larry, 1992). Dataran Tinggi Dieng sebagai habitat tanaman carica memiliki ketinggian tempat, suhu dan tekanan udara yang beragam. Menurut Polunin (1990), pada ketinggian tempat yang berbeda maka akan memiliki suhu udara yang berbeda pula. Suhu udara memiliki arti yang vital karena menentukan kecepatan reaksi dan proses-proses kimiawi yang menyangkut kehidupan organisme. Semakin tinggi tempat, maka semakin banyak tanaman carica yang dapat dijumpai (Fitrianingrum *et al.*, 2012; Laily *et al.*, 2012; Sumaryono *et al.*, 2012). Pada daerah yang lebih tinggi dan lebih dingin, buah carica yang dihasilkan juga akan lebih besar dan lebih tebal daging buahnya (Distan Kabupaten Wonosobo, 2008).

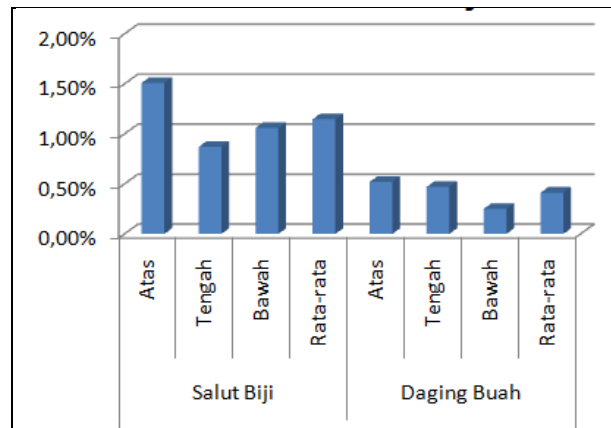
Buah carica memiliki banyak kandungan gizi yang sangat bermanfaat bagi manusia, diantaranya yaitu: lemak, protein, karbohidrat, mineral dan vitamin C. Grafik komparasi kandungan lemak pada salut biji dan daging buah carica (Gambar 1).



Gambar 1. Grafik komparasi kandungan lemak pada salut biji dan daging buah carica

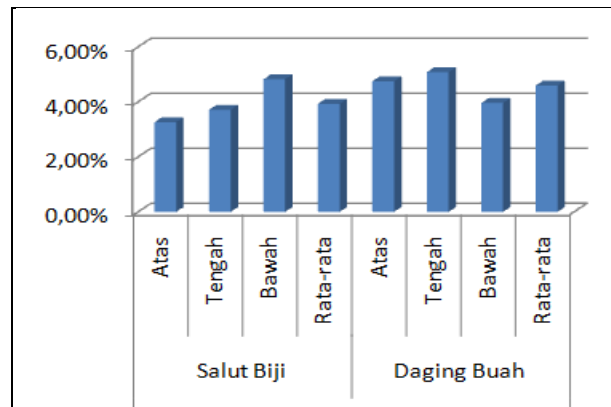
Kandungan lemak rata-rata pada salut biji lebih tinggi dibandingkan pada daging buah carica. Kandungan lemak rata-rata pada salut biji 0,27%, sedangkan pada daging buah 0,09%. Pada salut biji, kandungan lemak tertinggi terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 0,35%, sedangkan kandungan lemak terendah terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 0,18%. Pada daging buah, kandungan lemak tertinggi terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 0,12%, sedangkan kandungan lemak terendah terdapat pada buah carica

matang (bagian bawah) 0,06%. Grafik komparasi kandungan protein pada salut biji dan daging buah carica (Gambar 2).



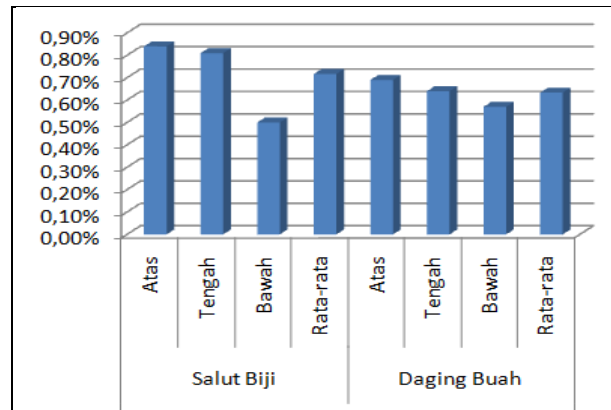
Gambar 2. Grafik komparasi kandungan protein pada salut biji dan daging buah carica

Kandungan protein rata-rata pada salut biji lebih tinggi dibandingkan pada daging buah carica. Kandungan protein rata-rata pada salut biji 1,15%, sedangkan pada daging buah 0,41%. Pada salut biji, kandungan protein tertinggi terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 0,35%, sedangkan kandungan protein terendah terdapat pada buah carica mangkal atau gemading (bagian tengah) 0,18%. Pada daging buah, kandungan protein tertinggi terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 0,52%, sedangkan kandungan protein terendah terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 0,25%. Grafik komparasi kandungan karbohidrat pada salut biji dan daging buah carica (Gambar 3).



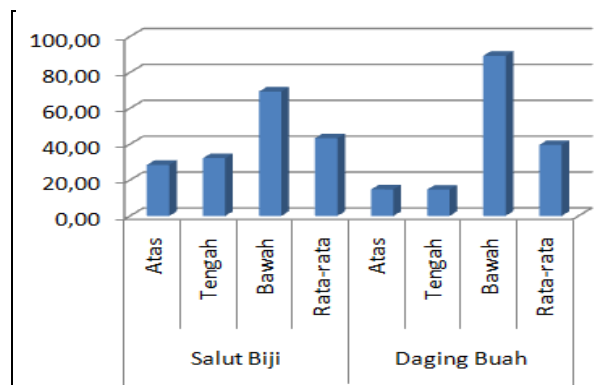
Gambar 3. Grafik komparasi kandungan karbohidrat pada salut biji dan daging buah carica

Kandungan karbohidrat rata-rata pada salut biji lebih rendah dibandingkan pada daging buah carica. Kandungan karbohidrat rata-rata pada salut biji 3,93%, sedangkan pada daging buah 4,60%. Pada salut biji, kandungan karbohidrat tertinggi terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 4,82%, sedangkan kandungan karbohidrat terendah terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 3,26%. Pada daging buah, kandungan karohidrat tertinggi terdapat pada buah carica mangkal atau gemading (bagian tengah) 5,08%, sedangkan kandungan karbohidrat terendah terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 3,96%. Grafik komparasi kandungan mineral pada salut biji dan daging buah carica (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik komparasi kandungan mineral pada salut biji dan daging buah carica

Kandungan mineral rata-rata pada salut biji lebih tinggi dibandingkan pada daging buah carica. Kandungan mineral rata-rata pada salut biji 0,72%, sedangkan pada daging buah 0,63%. Pada salut biji, kandungan mineral tertinggi terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 0,84%, sedangkan kandungan mineral terendah terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 0,50%. Pada daging buah, kandungan mineral tertinggi terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 0,69%, sedangkan kandungan mineral terendah terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 0,57%. Grafik komparasi kandungan vitamin C pada salut biji dan daging buah carica (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik komparasi kandungan vitamin C pada salut biji dan daging buah carica

Kandungan vitamin C rata-rata pada salut biji lebih tinggi dibandingkan pada daging buah carica. Kandungan vitamin C rata-rata pada salut biji 43,31%, sedangkan pada daging buah 39,57%. Pada salut biji, kandungan vitamin C tertinggi terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 69,30%, sedangkan kandungan vitamin C terendah terdapat pada buah carica yang masih muda (bagian atas) 28,42%. Pada daging buah, kandungan vitamin C tertinggi terdapat pada buah carica matang (bagian bawah) 89,25%, sedangkan kandungan vitamin C terendah terdapat pada buah carica mangkal atau gemading (bagian tengah) 14,70%.

Berdasarkan kelima grafik di atas, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kandungan gizi (lemak, protein dan vitamin C) rata-rata pada salut biji yang lebih tinggi daripada daging buah carica, sedangkan kandungan gizi (karbohidrat dan mineral) rata-rata pada salut biji dan daging buah carica relatif sama.

### KESIMPULAN

Salut biji dan daging buah carica di Desa Sembungan, Dataran Tinggi Dieng memiliki kandungan gizi yang berbeda. Kandungan gizi (lemak, protein dan vitamin C) rata-rata pada salut biji yang lebih tinggi daripada daging buah carica, sedangkan kandungan gizi (karbohidrat dan mineral) rata-rata pada salut biji dan daging buah carica relatif sama.



## DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Anonim. 1992. *Cara Uji Makanan dan Minuman*. SNI (Standar Nasional Indonesia). Jakarta.
- Budiyanti, T., Purnomo, S., Karsinah and Wahyudi, A. 2005. Karakterisasi 88 Aksesori Pepaya Koleksi Balai Penelitian Tanaman Buah. *Buletin Plasma Nutrafah*. 11 (1): 21-27.
- Distan Kabupaten Wonosobo. 2008. Pepaya Gunung (*Carica pubescens*) Dataran Tinggi Dieng. Wonosobo.
- Fitriningrum, R., Sugiyarto and Susilowati, A. 2012. Analisis Kandungan Karbohidrat Pada Berbagai Fase Perkembangan Buah *Carica pubescens* di Daerah Kejajar dan Sembungan, Dataran Tinggi Dieng. *Tesis*. Program Studi Biosain Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta.
- Harsojo. 2012. *Analisis Makanan dan Lingkungan Secara Fisika-Kimia*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Hidayat, S. 2001. Prospek Pepaya Gunung (*Carica pubescens*) dari Sikunang, Pegunungan Dieng, Wonosobo. *Prosiding Seminar Sehari: Menggali Potensi dan Meningkatkan Prospek Tanaman Hortikultura Menuju Ketahanan Pangan*. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI. Bogor.
- Laily, A. N., Suranto and Sugiyarto. 2012. Characterization of *Carica pubescens* in Dieng Plateau, Central Java based on Morphological Characters, Antioxidant Capacity, and Protein Banding Pattern. *Nusantara BIOSCIENCE* 4 (1): 16-21.
- Mc Naughton, S. J. and Larry L. W. 1992. *Ekologi Umum*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Polunin, N. 1990. *Pengantar Geografi Tumbuhan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pusat Perlindungan Varietas Tanaman Departemen Pertanian Republik Indonesia. 2006. Panduan Pengujian Individual Kebaruan, Keunikan, Keseragaman dan Kestabilan. Departemen Pertanian Republik Indonesia. Jakarta.
- Sudarmadji, S. 1997. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Minuman*. Liberty. Yogyakarta.
- Sudarmoyo, B. 1993. *Metode Penelitian*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sumaryono, Suranto and Sugiyarto. 2012. Pengaruh Ketinggian Tempat Terhadap Kandungan Makroh Nutrien Buah *Carica pubescens* Lenne & K. Koch di Dataran Tinggi Dieng. *Tesis*. Program Studi Biosain Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta.
- Verhey, E. W. M. and Coronel, R. E. 1997. *Prosea Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 2: Buah-buahan yang Dapat Dimakan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

## Kemampuan Membentuk Biofilm oleh Isolat Bakteri dari Limbah Cair Rumah Sakit, Industri Tekstil, dan Tanah Gambut

Arifah Khusnuryani<sup>1,2</sup>, Erni Martani<sup>3</sup>, Triwibawa<sup>4</sup>, Jaka Widada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Bioteknologi, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada

<sup>2</sup>Prodi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

<sup>3</sup>Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada

<sup>4</sup>Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada

Email: anikarifah@yahoo.com

Salah satu metode pengolahan limbah adalah dengan memanfaatkan aktivitas beberapa mikrobia mampu membentuk biofilm, yaitu kumpulan mikrobia yang terimobilisasi pada permukaan suatu substrat pada lingkungan cair. Mikrobia yang membentuk biofilm memiliki beberapa kelebihan, diantaranya meningkatkan degradasi komponen rekalsitran, karena mikrobia akan saling berinteraksi dan saling melengkapi proses metabolik yang ada (Andersson, 2009). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkaji kemampuan isolat bakteri dari limbah cair rumah sakit, limbah cair industri tekstil, dan tanah gambut dalam membentuk biofilm. Penelitian diawali dengan isolasi bakteri dari ketiga sumber tersebut, berdasarkan kemampuan bakteri dalam mendegradasi fenol. Isolat yang berpotensi tinggi dalam mendegradasi fenol, selanjutnya diuji kemampuannya dalam membentuk biofilm. Uji penduga kemampuan membentuk biofilm dilakukan secara kualitatif menggunakan media TSB dan *Pseudomonas aeruginosa* sebagai kontrol positif. Selanjutnya dilakukan uji kuantitatif menggunakan media yang sama dalam *microtiter plate*. Hasil menunjukkan bahwa isolat bakteri dari limbah cair rumah sakit, limbah cair industri tekstil, dan tanah gambut mampu membentuk biofilm dengan kisaran nilai  $OD_{490nm} = 0,079 - 1,004$ . Kemampuan tertinggi membentuk biofilm ditunjukkan oleh isolat ATA6 yang diperoleh dari limbah cair rumah sakit, sedangkan kemampuan terendah ditunjukkan oleh isolat SG2 yang diisolasi dari tanah gambut. Isolat yang memiliki kemampuan tinggi dalam membentuk biofilm tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam bioremediasi.

Kata kunci: biofilm, limbah cair rumah sakit, industri tekstil, tanah gambut

### PENDAHULUAN

Salah satu metode pengolahan limbah adalah dengan memanfaatkan aktivitas mikrobia. Pemanfaatan mikrobia dalam pengolahan limbah diantaranya dalam *trickling filters*, *membrane immobilized cells reactor*, dan *rotating biological contactors*. Mikrobia tersebut membentuk biofilm, yaitu kumpulan mikrobia yang terimobilisasi pada permukaan suatu substrat pada lingkungan cair. Mikrobia yang membentuk biofilm memiliki beberapa kelebihan, diantaranya meningkatkan degradasi komponen rekalsitran, karena mikrobia akan saling berinteraksi dan saling melengkapi proses metabolik yang ada (Andersson, 2009).

Berdasarkan uraian di atas, biofilm memiliki arti penting dan bermanfaat dalam pengolahan limbah cair, khususnya limbah cair yang bersifat toksik. Hal tersebut karena adanya interaksi antar mikrobia dalam mendegradasi senyawa toksik dalam limbah. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang peran biofilm dalam pengolahan limbah cair toksik.

Penelitian yang pernah dilakukan tentang mikrobia dalam pengolahan limbah, diantaranya yaitu tentang limbah dari perkotaan atau industri (Okubo, *et.al.*, 2006), sementara penelitian lain lebih fokus pada aspek teknis atau fisiknya (Jolibois and Guerbet, 2005; Nerenberg, 2005; Venugopalan, *et.al.*, 2005). Beberapa kajian tentang biofilm difokuskan pada biofilm yang menyebabkan kerugian, misalnya biofilm yang berkaitan dengan suatu penyakit atau penyebab kontaminasi peralatan medis (Møretrø, *et.al.* 2003; Allegrucci, *et.al.*, 2006; Palmer *et al.*, 2006; Cerca and Kimberly, 2008; Pompilio *et al.*, 2008). Kajian biofilm dalam pengolahan limbah yang pernah dilakukan fokus pada pembentukan biofilm (Andersson *et al.*, 2008; Dumitru *et al.*, 2008).

Berdasarkan uraian di atas, tampak bahwa masih diperlukan penelitian yang mengkaji tentang bakteri pembentuk biofilm yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam degradasi limbah.

Sebelumnya telah dilakukan isolasi bakteri yang mampu mendegradasi fenol dari sumber alami (tanah gambut) serta dari limbah (limbah rumah sakit dan industri tekstil). Pada penelitian ini dilakukan kajian lebih lanjut tentang kemampuan membentuk biofilm oleh isolat yang diperoleh dari ketiga sumber tersebut. Isolat yang diperoleh diharapkan dapat dimanfaatkan untuk peningkatan pengolahan limbah fenol dan hasil kajiannya dapat dimanfaatkan untuk mendesain sistem pengolahan limbah yang efektif dan efisien.

## BAHAN DAN METODA

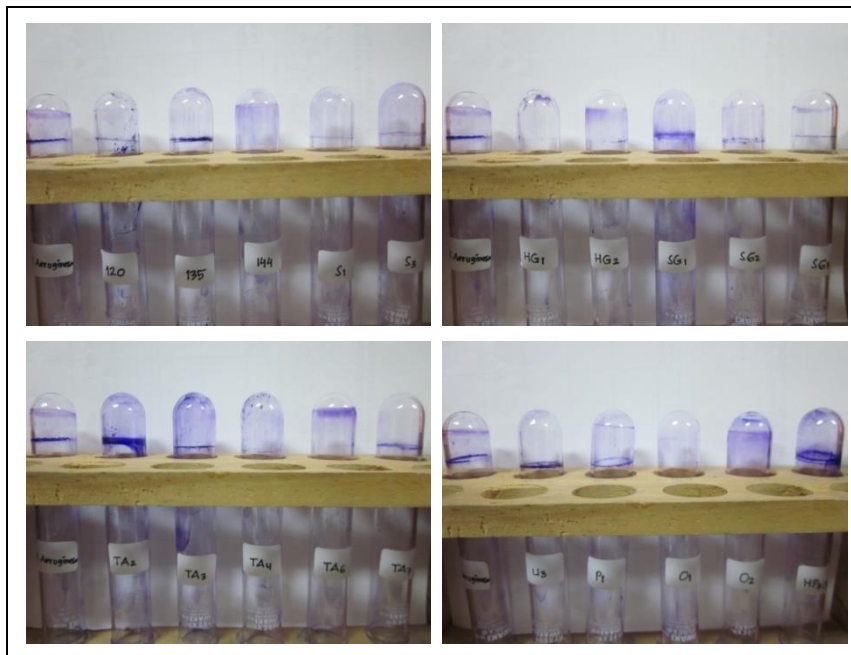
Isolat yang digunakan adalah bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi fenol, yang diisolasi dari limbah cair rumah sakit, limbah cair tekstil, dan tanah gambut. Uji penduga kemampuan membentuk biofilm dilakukan secara kualitatif menggunakan media TSB (Mathur *et al*, 2006) dan *Pseudomonas aeruginosa* sebagai kontrol positif. Uji kualitatif dilakukan dengan cara menginokulasikan isolat ke dalam 10 mL TSB/*Trypticase Soy Broth*, diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C. Tabung dicuci dengan PBS (*Phosphat Buffer Solution*), dikeringkan, kemudian dicat dengan *crystal violet* 0,1%. Sisa cat dibuang, tabung dicuci dengan aquades kemudian tabung dikeringkan dengan posisi terbalik. Adanya pembentukan biofilm ditunjukkan dengan terbentuknya lapisan pada dinding dan dasar tabung.

Selanjutnya dilakukan uji kuantitatif berdasarkan Djordjevic, *et.al.* (2002) dan Mathur *et al* (2006). Isolat ditumbuhkan dalam medium TSB/*Trypticase Soy Broth* (10 mL) selama 24 jam pada suhu 30°C, 100 rpm. Sebanyak 0,1 mL kultur dipindahkan pada 10 mL nutrisi cair dan dihomogenkan. Setelah homogen, 100 µL kultur dimasukkan pada 4 *PVC microtiter plate* (Iwaki, 3882-096, 96 wells). *Plate* didiamkan selama 48 dan 72 jam pada suhu kamar, 100 rpm. Sebagai kontrol, *plate* diisi dengan medium TSB tanpa isolat (kontrol negatif) dan dengan *Pseudomonas aeruginosa* (kontrol positif). Turbiditas sel dimonitor dengan *microtiter plate reader* (Bio-Rad 680) pada OD<sub>490</sub>.

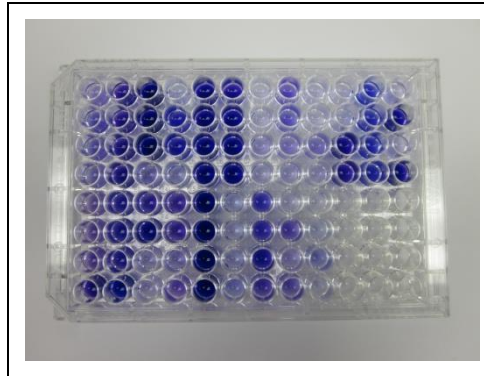
Setelah inkubasi, *microtiter plate* dicuci dengan PBS. Masing-masing sumuran selanjutnya dicat dengan 125 µL *crystal violet* 0,1% selama 45 menit pada suhu ruang. Setelah pengecatan, *plate* dicuci dengan aquades steril. Biofilm akan tampak sebagai cincin ungu pada sumuran. Analisis kuantitatif biofilm dilakukan dengan cara menambahkan 200 µL etanol 95%. Selanjutnya dari masing-masing sumuran diambil 100 µL dan dipindahkan ke dalam *microtiter plate* yang baru dan *crystal violet* dalam larutan diukur pada OD<sub>490</sub>. Kemampuan membentuk biofilm ditentukan berdasarkan Moretro *et al* (2003), yaitu jika nilai A<sub>490</sub> > 1,0 maka dikategorikan sebagai pembentuk biofilm yang kuat, jika 0,2 ≤ A<sub>490</sub> ≤ 1,0 maka kemampuannya sedang, dan jika A<sub>490</sub> ≤ 0,2 maka dikategorikan sebagai pembentuk biofilm yang lemah/negatif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

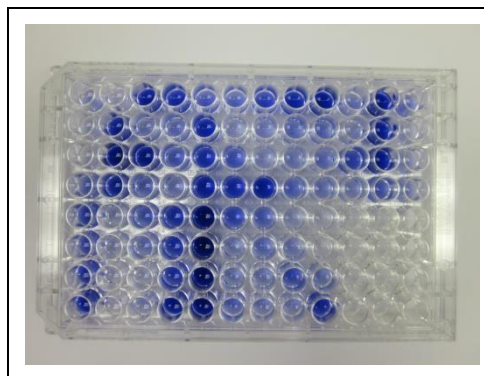
Pada penelitian sebelumnya telah berhasil diisolasi 20 isolat bakteri yang memiliki potensi dalam mendegradasi fenol. Isolat yang diperoleh selanjutnya diuji kemampuannya membentuk biofilm secara kualitatif. Uji positif ditunjukkan dengan adanya lapisan ungu pada dinding dan dasar tabung. Isolat menunjukkan kemampuan membentuk biofilm dengan ketebalan lapisan ungu yang bervariasi (gambar 1).



Gambar 1. Hasil uji kualitatif biofilm



Gambar 2. Uji kuantitatif biofilm, inkubasi 48 jam



Gambar 3. Uji kuantitatif biofilm, inkubasi 72 jam

Isolat lebih lanjut diuji secara kuantitatif, untuk mengetahui tingkat kemampuannya dalam membentuk biofilm. Pada pengujian kuantitatif pembentukan biofilm, hampir semua isolat menunjukkan penurunan pembentukan biofilm pada jam ke-72, kecuali isolat HP3, ATA4, HG2, dan SG2. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa hampir semua isolat (kecuali keempat isolat tersebut) memiliki kemampuan tertinggi dalam membentuk biofilm pada inkubasi 48 jam.

Data pada tabel 1 menunjukkan bahwa isolat bakteri dari limbah cair rumah sakit, limbah cair industri tekstil, dan tanah gambut mampu membentuk biofilm dengan kisaran nilai  $OD_{490nm} = 0,079 - 1,004$ . Berdasarkan kategori dari Moretro *et al* (2003), isolat ATA6 dikategorikan sebagai pembentuk biofilm yang kuat, 13 isolat dikategorikan sebagai pembentuk biofilm dengan kemampuan sedang, dan 6 isolat dengan kemampuan rendah.

Kemampuan tertinggi membentuk biofilm ditunjukkan oleh isolat ATA6 yang diperoleh dari limbah cair rumah sakit, sedangkan kemampuan terendah ditunjukkan oleh isolat SG2 yang diisolasi dari tanah gambut. Kemampuan membentuk isolat dengan kemampuan sedang ditunjukkan oleh beberapa isolat dari limbah cair rumah sakit, industri tekstil, dan tanah gambut.

Perbedaan kemampuan membentuk biofilm tersebut kemungkinan disebabkan oleh kondisi lingkungan sumber isolat bakteri yang berbeda-beda. Isolat dari limbah cair rumah dan industri tekstil pada umumnya menunjukkan kemampuan membentuk biofilm yang lebih baik daripada isolat dari tanah gambut.

Menurut Irie dan Parsek (2008) serta Andersson (2009), biofilm dikenal sebagai bentuk umum pertumbuhan mikrobial pada permukaan akuatik di alam, klinis dan lingkungan industri. Dengan demikian keberadaan air akan mempengaruhi pembentukan biofilm. Hal tersebut juga diperkuat oleh pendapat Andersson (2009) yang menyatakan bahwa produksi matriks ekstraseluler diperlukan dalam pembentukan biofilm. Matriks biofilm umumnya terdiri dari 97% air, 2-5% sel mikrobial, 3-6% substansi polimer ekstraseluler (*Extracellular Polymeric Substances/EPS*) dan ion-ion.

Jumlah dan jenis nutrient dalam medium juga mempengaruhi kecepatan pembentukan biofilm. Fosfat termasuk nutrient yang penting karena akan mendukung sel untuk saling menempel. Faktor lain adalah suhu. Suhu tinggi pada kisaran pertumbuhan kultur akan

meningkatkan kecepatan pertumbuhan sel, produksi EPS dan penempelan pada permukaan (Qureshi *et al*, 2005).

Tabel 1. Hasil pengujian kemampuan membentuk biofilm secara kuantitatif

Kode Isolat	OD <sub>490</sub> , 48 jam	Kategori kemampuan membentuk biofilm
ATA6	1,004	Kuat
D144	0,902	Sedang
TU3	0,736	Sedang
HG1	0,653	Sedang
D135	0,506	Sedang
AS1	0,464	Sedang
ATA2	0,392	Sedang
AS3	0,349	Sedang
SG3	0,301	Sedang
PO1	0,267	Sedang
HP3	0,247	Sedang
ATA3	0,234	Sedang
ATA4	0,217	Sedang
TP1	0,21	Sedang
D120	0,172	Lemah
SG1	0,146	Lemah
PO2	0,114	Lemah
HG2	0,086	Lemah
ATA7	0,085	Lemah
SG2	0,079	Lemah

Biofilm mempunyai peran penting dalam lingkungan, industri maupun bidang klinis/medis. Biofilm dapat dimanfaatkan dalam bioremediasi limbah berbahaya, sebagai biofilter dalam industri serta biobarrier untuk melindungi tanah dan air tanah dari kontaminasi (Parsek and Fuqua, 2004).

*Trickling filter* dan *rotating biological contractor* merupakan contoh proses yang bergantung pada aktivitas mikrobal dalam biofilm (Bitton, 2005). Amro dan Soheir, (2007) juga menyebutkan bahwa mikrobia dimanfaatkan dalam pengolahan limbah diantaranya sebagai *seeding stock*, *immobilized microbial cells*, dan katalis biologi dalam bioreaktor.

Menurut Davey dan O'toole (2000), studi pada bioreaktor dan kultur diperkaya menunjukkan bahwa biofilm terlibat dalam proses pengolahan limbah, dalam perlakuan air tanah yang terkontaminasi produk industri perminyakan, dan dalam nitrifikasi. Ying, *et al* (2007) menyebutkan bahwa mikrobia yang terimobilisasi menunjukkan efektivitas yang lebih baik dalam pengolahan limbah cair yang mengandung fenol dan lebih sedikit memproduksi lumpur, sementara penggunaan sel bebas dalam lumpur aktif akan menimbulkan masalah seperti produksi limbah padat.

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa biofilm memiliki peran penting dalam pengolahan limbah. Dengan demikian, isolat yang telah diperoleh dan menunjukkan kemampuan tinggi atau sedang dalam membentuk biofilm tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam bioremediasi. Selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengelolaan pertumbuhan biofilm sehingga proses bioremediasi berjalan efektif dan efisien.

#### PUSTAKA

- Amro, Amara A. and Soheir, Salem R. 2007. Characterization of PHA Depolymerase in Phenol Degrading Bacteria. International Journal of Biotechnology & Biochemistry, www.thefreelibrary.com (diakses tanggal 5 Januari 2009)
- Andersson, S. Mirja N. Gunnel D, and Rajarao, G.K. 2008. Assessment of Carrier Materials for Biofilm Formation and Denitrification. Vatten 64. 201-207
- Andersson, S. 2009. Characterization of Bacterial Biofilms from Wastewater Treatment. Royal Institute of Technology, School of Biotechnology, Stockholm
- Allegrucci, M. F.Z. Hu. K. Shen. J.Hayes. G.D.Ehrlich. J.C. Post. and K. Sauer. 2006. Phenotypic Characterization of *Streptococcus pneumonia* Biofilm Development. Journal of Bacteriology. 188 (7). 2325-2335
- Bitton, G. 2005. Wastewater Microbiology. John Wiley & Sons, New York
- Cerca, N. and Kimberly K.J. 2008. Effect of Growth Conditions on Poly-N-acetylglucosamine Expression and Biofilm Formation in *Escherichia coli*. FEMS Microbiol Lett. 283. 36-41

- Davey, M.E. and George A. O'toole. 2000. Microbial Biofilms: from Ecology to Molecular Genetics. *Microbiol Mol Biol Rev.* 64 (4). 847-867
- Djordjevic, D. M. Wiedmann and L.A. McLandsborough. 2002. Microtiter Plate Assay for Assessment of *Listeria monocytogenes* Biofilm Formation. *Applied and Environmental Microbiology.* 2950-2958
- Dumitru, A. Adina M. M. Ghiurea. K.Scott and S. Vulpe. 2008. Biofilm Growth from Wastewater on MWNTs and Carbon Aerogels. *Phys. Stat. Sol (a).* 205 (6). 1484-1487
- Irie, Y. and M.R. Parsek. 2008. Quorum Sensing and Microbial Biofilms, dalam *Bacterial Biofilm*, diedit oleh. Tony Romeo. Springer, Heidelberg
- Jolibois, B. and M. Guerbet. 2005. Evaluation of industrial, hospital and domestic wastewater genotoxicity with the *Salmonella* fluctuation test and the SOS chromotest. *Mutation Research.* No. 565. 151-162
- T Mathur. S Singhal. S Khan. DJ Upadhyay. T Fatma. and A Rattan. 2006. Detection of Biofilm Formation Among the Clinical Isolates of Staphylococci: an Evaluation of Three Different Screening Methods. *Indian Journal of Medical Microbiology.* 24 (1). 25-29
- Mørseth, T. Lene H. Askild L.H. Maan S.S. Knut R. and Solveig L. 2003. Biofilm Formation and the Presence of Intercellular Adhesion Locus *ica* *Staphylococci* from Food and Food Processing Environments. *Applied and Environmental Microbiology.* 69 (9). 5648-5655
- Nerenberg, R. 2005. Membrane Biofilm Reactors for Water and Wastewater Treatment. Borchardt Conference: A Seminar on Advances in Water and Wastewater Treatment, pp. 23-25
- Okubo, Y. Hiroyuki F. and Akira H. 2006. Characterization of Phototrophic Purple Nonsulfur bacteria Forming Colored Microbial Mats in a Swine Wastewater Ditch. *Applied and Environmental Microbiology.* 72(9). 6225-6233
- Parsek, M.R. and Clay Fuqua. 2004. Biofilm 2003: Emerging Themes and Challenges in Studies of Surface-Associated Microbial Life (Meeting Review). *Journal of Bacteriology.* 186 (14). 4427 - 4440
- Pompilio, A. Raffaele P. Carla P. Domenico A. Vincenzo S. and Giovanni D.B. 2008. Factors Associated with Adherence to and Biofilm Formation on Polystyrene by *Stenotrophomonas maltophilia*: the Role of Cell Surface Hydrophobicity and Motility. *FEMS Microbiol Lett.* 287. 41-47
- Qureshi, N. Bassam A.A. Thaddeus C.E. Patrick K. and Ian S.M. 2005. Biofilm Reactors for Industrial Bioconversion Processes: Employing Potential of Enhanced Reaction Rates. *Microbial Cell Factories* 4 (24)
- Venugopalan, V. P. M. Kuehn. M. Hausner. D. Springael. P. A. Wilderer. and S. Wuertz. 2005. Architecture of a Nascent *Sphingomonas* sp. Biofilm under Varied Hydrodynamic Conditions. *Applied and Environmental Microbiology.* 71 (95). 2677-2686
- Ying, W. Tian Y. Han B. Zhao H. Bi J. and Cai B. 2007. Biodegradation of Phenol By free and Immobilized *Acinetobacter* sp strain PD12. *Journal of Environmental Science.* 19. 222-225

## Penambahan Pupuk Hayati Jamur Sebagai Pendukung Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa*) Pada Tanah Salin

YB Subowo

*Bidang Mikrobiologi, Puslit Biologi-LIPI*  
*E-mail: yosubowo@yahoo.com*

A research about the effect of fungal biofertilizer on the growth of rice plant (*Oryza sativa*) in a saline soils, was conducted. Some of soil fungi such as *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp, *Trichoderma viride* are able to grow at saline environment. These fungus were also able to degrade lignocellulose, solubilize phosphate compound and produce IAA hormone. The biofertilizer applied to the plant in this research contained these fungus. The aim of this research was to obtain data about the potency of fungal biofertilizer to support the growth of *Oryza sativa* in saline soil. The salinity level of soil tested were 0%, 0,3%, 0,5%, 1% and 2%. The saline soil was made by adding salt into potted soil. There are four fertilizer treatment : without fertilizer, with NPK addition, with compost fertilizer addition, and with fungal biofertilizer addition. The result showed that rice plant (*Oryza sativa*) could grow at 0,3% and 0,5% level of salinity. The application of fungus biofertilizer boosted the growth of the rice plant. At the salinity of 0,5%, the plants height increase as much as 67%, whereas the escalation for tiller number is 91%, the dried mass (straw) and dried mass (root) went up as much as 186% and 188% respectively.

*Keyword : pupuk organik, pertumbuhan, salinitas, tanaman padi*

### PENDAHULUAN

Lahan mengandung garam (tanah salin) semakin banyak terjadi, hal ini berkaitan dengan semakin seringnya terjadi banjir rob (air laut menggenangi daratan). Peningkatan permukaan air laut yang berkaitan dengan perubahan iklim global menjadikan lahan-lahan pertanian pantai yang tadinya subur menjadi tanah miskin hara karena tingkat salinitasnya tinggi dan bersifat alkalin. Pada tanah yang mengandung salinitas tinggi, penyerapan air tanah oleh tanaman menjadi terhambat, Salinitas tanah yang tinggi dapat menyebabkan kandungan nutrient tidak seimbang, terjadi penumpukan senyawa toksik pada tanaman karena proses infiltrasi air terhambat. Lahan kritis seperti diatas dapat ditingkatkan kesuburannya dengan menggunakan pupuk organik hayati mengandung *Plant Growth Promoter Microbes* (PGPM). PGPM terdiri dari PGPR (*Plant Growth Promoter Rhizobia*) dan PGPF (*Plant Growth Promoter Fungi*).

Beberapa mikroba tanah mempunyai ketahanan tinggi terhadap salinitas dan kondisi alkalin. Bronicka *et. al.* (2007) melaporkan bahwa jamur *Penicillium* sp jumlahnya melimpah pada salinitas tanah 2 dS/m. Tanah ini diambil dari tanah pertanian pada kondisi kering di New South Wales. Demikian pula jamur *Aspergillus penicilloides* yang diisolasi dari tanah mangrove memerlukan garam untuk pertumbuhannya atau sebagai halophil obligat (Nayak *et al.*, 2012). Jamur *Aspergillus niger* dapat membentuk konidia pada media mengandung 1% NaCl sedangkan pertumbuhan maksimum tercatat pada media mengandung 3% NaCl (Mert dan Dizbay, 1977). Urja dan Meenu (2010) melaporkan bahwa jamur *Fusarium*, *Gliocladium*, *Penicillium* dan *Trichoderma* merupakan jamur-jamur yang mempunyai toleransi tinggi terhadap kondisi stress.

Selain tahan pada kekeringan dan kondisi salin, jamur *Aspergillus niger* juga mempunyai kemampuan menguraikan senyawa selulosa menjadi senyawa karbon sederhana yang dibutuhkan oleh mikroba tanah sebagai sumber karbon ©. Jamur *Aspergillus niger* PS1.4 mempunyai aktivitas selulase 0,127 unit/ml. Jamur ini juga dapat melarutkan batuan Fosfat menjadi senyawa Fosfat organik serta mampu menghasilkan hormon IAA (Subowo, 2011). Worosuryani *et al.*, (2006) melaporkan bahwa jamur *Penicillium* sp SB42, *Trichoderma* sp CB21 dan *Aspergillus* sp CB23 termasuk PGPF yang dapat memacu pertumbuhan tanaman. Jamur-jamur ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman ketimun. Jamur *Penicillium* sp R7.5 dapat menguraikan lignin, melarutkan batuan Fosfat serta menghasilkan hormon IAA (Subowo, 2009). Mikroba-mikroba tersebut dapat dikemas menjadi pupuk hayati jamur untuk membantu pertumbuhan tanaman di lahan salin.

Tanaman padi merupakan tanaman pokok penghasil beras. Bahan pangan ini merupakan makanan pokok penduduk Asia, khususnya Indonesia. Dengan semakin banyaknya lahan kritis karena tergenang air laut maka produksi beras akan terganggu, oleh karena itu penelitian untuk meningkatkan produktivitas tanaman padi terus dilakukan. Penelitian penggunaan mikroba tahan salinitas untuk meningkatkan produktivitas tanaman padi pada lahan salin belum banyak dilakukan sehingga dilakukan penelitian ini. Tujuan penelitian untuk memperoleh data pengaruh pemberian pupuk hayati jamur terhadap pertumbuhan tanaman padi pada lahan salin.

## BAHAN DAN CARA KERJA

Bibit padi varietas Ciherang diperoleh dari toko bibit pertanian di Bogor. Varietas ini dipilih karena rasa nasinya enak dan banyak digemari masyarakat khususnya di daerah Jembrana Bali. Varietas ini banyak ditanam oleh petani di pantai Rambut Siwi, Jembrana Bali. Pemilihan benih yang bernas dilakukan dengan memasukkan bibit padi ke dalam air mengandung garam di dalam ember. Benih padi yang terendam adalah benih yang dipilih, kemudian dicuci dengan air biasa (air tawar). Benih padi yang sudah bersih direndam dalam air selama 24-48 jam, kemudian ditiriskan. Persemaian dilakukan dalam bak plastic yang sudah dilapisi dengan daun pisang, kemudian diatas daun pisang diberi campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1. Tinggi tanah sekitar 4 cm, benih ditaburkan diatasnya sampai merata, kemudian ditutup dengan lapisan tanah tipis. Benih dibiarkan tumbuh dan siap dipindahkan ke media tanam setelah berumur 10 hari atau sudah berdaun dua.

Pupuk hayati disiapkan dengan terlebih dahulu menyiapkan jamur yang mempunyai aktivitas menyediakan unsur hara dalam tanah, yaitu: *Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5 dan *Trichoderma viride*. *Aspergillus niger* PS1.4, jamur ini mempunyai kemampuan menguraikan selulosa, aktivitas selulasenya 0,127 unit/ml. Jamur ini juga mempunyai kemampuan melarutkan Posfat anorganik dan menghasilkan IAA. *Penicillium* sp R 7.5, jamur ini mempunyai kemampuan menguraikan lignin yang cukup tinggi (menurunkan konsentrasi Poly R-478 sebanyak 18,05% dalam waktu 90 menit). Jamur ini juga mempunyai kemampuan melarutkan senyawa Posfat dan menghasilkan IAA. *Trichoderma viride* mempunyai kemampuan menguraikan selulosa dan lignin. Jamur ini juga mampu melarutkan senyawa Posfat anorganik. Ketiga jamur diatas ditumbuhkan dalam media cair, kemudian dipanen miseliumnya. Miselium jamur dicampurkan dalam kompos mengandung NPK 10% dan pupuk guano 10%. Pemupukan tanaman padi dalam pot dilakukan dua kali yaitu pada saat padi berumur 2 minggu dan saat padi berbunga, sebanyak 100 g setiap pot. Perlakuan pemupukan terdiri: a) Tanpa pupuk b) pupuk kompos c) pupuk NPK d) Pupuk hayati jamur

Media tanam sebanyak 7 kg terdiri dari tanah kebun dicampur kompos dengan perbandingan 1:3. Campuran tanah dimasukkan dalam ember plastic. Perlakuan salinitas yaitu dengan menambahkan garam krosok (garam petani) ke dalam campuran tanah dan kompos dengan rincian sbb:

Salinitas I (0%)	: 7 kg tanah kompos
Salinitas II (0,3%)	: 7 kg tanah kompos + 21 g garam krosok
Salinitas III (0,5%)	: 7 kg tanah kompos + 35 g garam krosok
Salinitas IV (1% )	: 7 kg tanah kompos + 70 g garam krosok
Salinitas V (2%)	: 7 kg tanah kompos + 140 g garam krosok

Penelitian dilakukan di Cibinong Science Centre, Cibinong. Percobaan disusun secara acak lengkap dengan 3 kali ulangan. Parameter yang diamati meliputi: Tinggi tanaman, jumlah anakan (*tiller*), warna daun, bobot kering biomassa, bobot kering akar, tingkat salinitas.

## HASIL

Penambahan garam kasar (garam krosok/ garam petani) dengan jumlah berbeda ke campuran tanah dan kompos (media tanam) mengakibatkan tingkat salinitas yang berbeda. Penambahan garam dilakukan pada awal sebelum tanam, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan tanaman padi terhadap salinitas tinggi sejak awal. Hal ini juga dialami oleh tanah pertanian yang digenangi air laut karena banjir rob atau tanah-tanah yang terkena tsunami, kandungan garam di dalam tanah sudah tinggi sejak awal, namun setelah beberapa lama semakin menurun karena tercuci air hujan. Tingkat salinitas yang diuji adalah: 0%; 0,3%; 0,5%, 1% dan 2% (Tabel 1)

Tabel 1. Tingkat salinitas dan pH tanah percobaan tanaman padi

No	Perlakuan Garam (%)	Salinitas (dS/m)	pH tanah
1	0,0	0,20	6,8
2	0,3	2,78	7,4
3	0,5	3,50	7,5
4	1,0	5,19	7,1
5	2,0	9,50	7,2



Penambahan pupuk hayati jamur yang terdiri *Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5 dan *Trichoderma viride* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi varietas Ciherang pada tanah salin. Pada kadar garam 0,5%, tinggi tanaman dapat mencapai 55,77 cm sedangkan perlakuan yang lain lebih rendah. Pada salinitas yang lebih rendah yaitu 0,3%, tinggi tanaman tidak berbeda dengan perlakuan yang lain sehingga pengaruh pemberian pupuk hayati jamur tidak tampak. Pada tingkat salinitas 1% dan 2%, pemberian pupuk hayati jamur tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi karena tanaman padi yang baru ditanam mengalami kekeringan daun dan batangnya sehingga mati (Tabel 2).

Tabel 2. Tinggi tanaman padi pada tanah salin

Perlakuan	Air tawar (cm)	Garam 0,3% (cm)	Garam 0,5% (cm)	Garam 1% (cm)	Garam 2% (cm)
Pupuk Hayati jamur	100,45	65,85	57,77	mati	mati
Pupuk Kimia	87,42	65,50	45,66	mati	mati
Pupuk Kompos	68,47	56,25	34,00	mati	mati
Tanpa pupuk	61,07	67,50	36,50	mati	mati

Penambahan pupuk hayati jamur (*Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5, *Trichoderma viride*) dapat meningkatkan jumlah anakan (*tiller*) tanaman padi var Ciherang pada tanah salin 0,5%. Jumlah anakan dapat mencapai 13,33, hal ini lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Pada tingkat salinitas 0,3%, jumlah anakan perlakuan pupuk hayati jamur tidak berbeda dengan perlakuan yang lain bahkan di bawah perlakuan pupuk kimia, sedangkan pada tingkat salinitas 1% dan 2% pemberian pupuk hayati jamur tidak nampak berpengaruh karena tanaman mengalami kematian (Tabel 3).

Tabel 3. Jumlah anakan dalam satu rumpun (*Tiller*) tanaman padi

Perlakuan	Air tawar (tanaman)	Garam 0,3% (tanaman)	Garam 0,5% (tanaman)
Pupuk hayati jamur	31,20	13,40	13,33
Pupuk kimia	31,75	16,00	5,33
Pupuk kompos	7,00	4,25	1,00
Tanpa pupuk	5,50	7,00	1,00

Dari pengamatan morfologi tanaman menunjukkan bahwa salinitas tanah berpengaruh pada pertumbuhan tanaman padi. Pada salinitas 0%, tanaman padi tumbuh normal, warna daun hijau (BWD 5) dan pembungaan dapat berjalan serempak, paling cepat dibandingkan perlakuan salinitas. Salinitas 0,3% padi tumbuh tetapi pertumbuhannya terganggu. Ujung daun mengalami kekeringan, daun berwarna hijau sedikit kekuningan BWD4, waktu pembungaan lebih lambat. Salinitas 0,5%, tanaman padi tumbuh tetapi pertumbuhannya terganggu, ujung daun mengalami kekeringan, daun berwarna hijau kekuningan BWD 4, waktu pembungaan lambat. Salinitas 1% dan 2%, tanaman padi kering dan mengalami kematian (Tabel 4).

Tabel 4. Pertumbuhan tanaman padi varietas Ciherang pada tanah salin

No	Perlakuan Garam (%)	Salinitas (dS/m)	Morfologi Tanaman
1	0	0,20	Semua tanaman padi tumbuh normal, tinggi tanaman dan ukuran daun normal, waktu berbunga cepat dan serempak, warna daun hijau, BWD 5
2	0,3	2,78	Pertumbuhan tanaman padi terganggu, tanaman pendek, ukuran daun lebih pendek, belum berbunga semua, warna daun hijau kekuningan, BWD 4, ujung daun kering
3	0,5	3,5	Pertumbuhan tanaman padi terganggu, tanaman padi lebih pendek, daun dan tangkainya lebih pendek, semua belum berbunga, warna daun hijau kekuningan BWD 4, ujung daun kering
4	1	5,19	Semua tanaman padi tidak tumbuh, seedling yang ditanam mengalami kekeringan daun dan batangnya, semua mengalami kematian
5	2	9,5	Semua tanaman padi tidak tumbuh, seedling yang ditanam mengalami kekeringan daun dan batangnya, semua mengalami kematian

Pemberian pupuk hayati jamur (*Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5, *Trichoderma viride*) juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi varietas Ciherang, hal

ini terbukti dari hasil bobot kering biomassa yang diperoleh. Pada tingkat salinitas 0,3% dan 0,5% bobot kering biomassa (jerami) paling tinggi adalah perlakuan pupuk hayati jamur sedangkan perlakuan yang lain lebih rendah. Pada tingkat salinitas 1% dan 2%, penambahan pupuk hayati jamur tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman padi karena tanaman mengalami kematian (Tabel 5).

Tabel 5. Bobot kering total tanaman padi varietas Ciherang

Perlakuan	Air tawar (g)	Garam 0,3% (g)	Garam 0,5% (g)
Pupuk hayati jamur	92,38	<b>72,64</b>	<b>59,28</b>
Pupuk kimia	68,82	60,54	52,03
Pupuk kompos	36,22	29,34	20,72
Tanpa pupuk	20,37	10,18	5,56

Penambahan pupuk hayati jamur (*Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5, *Trichoderma viride*) juga meningkatkan bobot kering akar tanaman padi. Pada salinitas 0,3% dan 0,5% bobot kering akar paling tinggi dicapai perlakuan pupuk hayati jamur (44,90 g) dan (31,91 g) kemudian pupuk kimia, pupuk kompos dan terakhir tanpa pupuk (kontrol). Pada perlakuan salinitas 1% dan 2% penambahan pupuk hayati jamur dan penambahan pupuk lain tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman padi, karena tanaman mengalami kematian (Tabel 6).

Tabel 6. Bobot kering akar tanaman padi varietas Ciherang

Perlakuan	Air tawar (g)	Garam 0,3% (g)	Garam 0,5% (g)
Pupuk hayati jamur	59,23	44,90	31,91
Pupuk kimia	39,78	31,01	31,70
Pupuk kompos	28,83	11,72	11,06
Tanpa pupuk	11,45	6,10	2,29

## PEMBAHASAN

Perubahan iklim global yang terjadi pada dekade terakhir ini mengakibatkan naiknya permukaan air laut. Penambahan tinggi air laut yang tidak diimbangi dengan penambahan tinggi tanah diareal pantai menyebabkan terjadinya banjir rob disekitar pantai. Air laut yang menggenangi tanah pertanian di pantai meninggalkan garam, dan menjadikan tanah pertanian pantai yang tadinya subur menjadi tidak cocok untuk pertanian. Garam pada umumnya bersifat toksik sebab terbentuk dari Sodium dan Clorida dan keduanya bersifat toksik pada tanaman bila berada dalam konsentrasi tinggi. Menurut Lauchli dan Epstein (1990) salinitas tanah berpengaruh terhadap tanaman dengan beberapa cara diantaranya: tekanan osmosis, keracunan ion tertentu dan kekacauan nutrisi.

Beberapa jamur tanah dapat hidup pada kondisi salinitas tinggi dan jamur-jamur ini masih dapat melakukan aktivitas *enzymatic*. Dalam penelitian ini digunakan 3 jamur yaitu: *Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5 dan *Trichoderma viride* yang dikemas menjadi pupuk hayati jamur. Ketiga jamur ini dapat membantu pertumbuhan tanaman padi yang ditanam pada lahan salin. Dari penelitian di laboratorium, jamur *Aspergillus niger* PS1.4 dan *Penicillium* sp R7.5 mempunyai kemampuan menguraikan lignoselulosa. Kedua jamur ini juga mampu melarutkan batuan Posfat dan menghasilkan hormon IAA (Subowo, 2010) sedangkan jamur *Trichoderma viride* mempunyai kemampuan melarutkan senyawa Posfat anorganik dan menguraikan selulosa. Pemilihan ketiga jamur ini untuk menyusun pupuk hayati, yang digunakan pada tanaman di lahan salin sudah sesuai. Menurut Worosuryani *et al.*, (2006) jamur *Penicillium* sp SB42, *Trichoderma* sp CB21 dan *Aspergillus* sp CB23 termasuk PGPF yang dapat memacu pertumbuhan tanaman. Jamur *Fusarium*, *Gliocladium*, *Penicillium* dan *Trichoderma* merupakan jamur-jamur yang mempunyai toleransi tinggi terhadap kondisi stress (Urja dan Meenu, 2010). Bronicka *et. al.* (2007) melaporkan bahwa jamur *Penicillium* sp jumlahnya melimpah pada salinitas tanah 2 dS/m. Demikian pula jamur *Aspergillus penicilloides* yang diisolasi dari tanah mangrove memerlukan garam untuk pertumbuhannya atau sebagai halophil obligat (Nayak *et al.*, 2012).

Dalam penelitian ini digunakan garam kasar atau garam krosok untuk mengatur salinitas tanah. Kandungan garam ini masih serupa dengan air laut karena proses pembuatannya hanya diuapkan tidak melalui proses pemurnian. Garam ini digunakan untuk menggantikan air laut. Kondisi salinitas tanah diatur dari awal, hal ini untuk melihat kemampuan hidup bibit padi (seedling) terhadap tingkat salinitas lahan. Kondisi ini serupa dengan lahan-lahan yang terkena

banjir rob atau terkena tsunami, kandungan garam di tanah sudah tinggi sejak terkena air laut. Setelah proses penanaman ternyata bibit padi hanya tumbuh pada salinitas 0%; 0,3% dan 0,5% sedangkan pada salinitas 1% dan 2% bibit padi mengalami kekeringan dan mati. Pada tingkat salinitas di atas 0,5% tanaman padi dalam bentuk seedling tidak dapat berkembang. Seedling padi ini mengalami keracunan ion dan kekeringan sehingga tidak mampu tumbuh. Lauchli dan Grattan (2007) melaporkan walaupun terdapat kekecualian namun sebagian besar penelitian mengindikasikan bahwa umumnya tanaman pangan tahunan toleran terhadap salinitas pada saat perkecambahan tetapi menjadi sensitif pada awal perkembangan vegetative. Tanaman padi sensitif terhadap salinitas terutama selama seedling (Mass dan Hoffman, 1977).

Pemberian pupuk hayati jamur mengandung *Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5 dan *Trichoderma viride* dapat meningkatkan tinggi tanaman pada salinitas 0,5%, tinggi tanaman padi paling besar dibandingkan perlakuan pupuk kimia dan pupuk kompos. Sedangkan pada salinitas 0,3% pengaruh pupuk hayati tidak tampak karena tinggi tanaman padi hampir sama dengan perlakuan lainnya. Penambahan pupuk hayati jamur juga dapat meningkatkan jumlah anakan (*tiller*) tanaman padi, hal ini nampak pada salinitas 0,5%. Jumlah anakan paling banyak diperoleh perlakuan dengan pupuk hayati jamur sedang pada perlakuan yang lain, jumlah anakan yang diperoleh lebih rendah. Pada salinitas 0,3% pengaruh pupuk hayati tidak nampak karena jumlah anakan yang diperoleh hampir sama dengan perlakuan yang lain. Demikian pula pada salinitas 0%, jumlah anakan pada perlakuan pupuk hayati hampir sama dengan perlakuan pupuk lainnya. Aktivitas mikroba pada pupuk hayati ini nampak pada salinitas 0,5%. Pada salinitas ini mikroba masih bisa tumbuh dan menyediakan hara yang dibutuhkan tanaman sedangkan pada salinitas 0,3%, salinitas masih cukup rendah sehingga tidak berpengaruh pada tanaman padi. Penambahan jamur *Aspergillus* sp PS1.4, *Penicillium* sp R7.5 dan *Trichoderma viride* bersama *carrier* ternyata dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. Hasil ini sesuai dengan penelitian Urja & Meenu (2010) yang menginokulasi tanaman *chickpea* dalam pot. Inokulasi jamur *Penicillium* sp S12B dan *Aspergillus* sp S11 meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan kadar salinitas tanah 2% .

Besarnya bobot kering biomasa (jerami) padi yang diperoleh, berkaitan erat dengan pertumbuhan tanaman padi. Bila pertumbuhannya baik maka biomasa yang dihasilkan akan tinggi (besar), tetapi bila pertumbuhannya terganggu maka biomasa yang dihasilkan akan lebih sedikit. Demikian pula biomasa yang dihasilkan tanaman padi percobaan pada lahan salin. Pertumbuhan tanaman padi paling baik terjadi pada salinitas 0,5% dan diberi pupuk hayati jamur. Pertumbuhan tanaman padi yang terganggu akibat salinitas disebabkan penyerapan nutrient dari tanah terganggu, sehingga kebutuhan tanaman tidak terpenuhi. Seperti hasil penelitian Worosuryani *et al* (2006) penambahan inokulan *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp dan *Aspergillus* sp dapat meningkatkan bobot kering tanaman ketimun. Dalam penelitian ini tanaman padi menghasilkan padi tetapi datanya tidak dapat ditampilkan karena padinya dimakan hama tikus sebelum tua.

## KESIMPULAN

Penambahan pupuk hayati jamur berisi *Aspergillus niger* PS1.4, *Penicillium* sp R7.5 dan *Trichoderma viride* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi varietas Ciherang yang ditanam pada lahan dengan salinitas 0,5%. Peningkatan pertumbuhan terjadi pada tinggi tanaman, jumlah anakan (*tiller*), bobot kering total biomasa (jerami).

## DAFTAR PUSTAKA

- Bronicka M, A. Raman, D Hodgkins and H Nicol. 2007. Abundance and Diversity of fungi in a saline soil in Central-West New South Wales. *Sydowia* 59 (1):7-24.
- Lauchli A and S.R Grattan. 2007. Plant growth and development under salinity stress *In* *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crop*. MA. Jenks (eds). Springer, 1-32.
- Mass E.V and G.J Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain Div, ASCE* 103 (2): 115-134.
- Mert H.H and M. Disbay. 1977. The effect of osmotic pressure and salinity of the medium on the growth and sporulation of *Aspergillus niger* and *Paecilomyces lilacinum*. *Mycopathologia* 61 (2): 125-127.
- Nayak SS, V. Gonsalves and SW. Nazareth. 2012. Isolation and salt tolerance of halophilic fungi from mangroves and solar saltens in Goa-India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 41(2): 164-172.
- Subowo YB. 2009. Isolasi dan seleksi jamur Ascomycetes pengurai lignin dari beberapa lingkungan ekstrim di Kalimantan Barat. *Proceeding Seminar Nasional Pemberdayaan Sektor Ekonomi dan Budaya Nasional Berbasis Lingkungan dan Inisiasi Pembentukan Ikatan Ahli Lingkungan Hidup Indonesia, Universitas Sebelas Maret Surakarta, 15-16 Agustus 2009. ISBN: 978-979-185-162-6.*

- Subowo YB. 2010. Uji aktivitas enzim selulase dan ligninase jamur pendukung pertumbuhan terong. *Berita Biologi* 10(1): 681 – 690.
- Urja P and S. Meenu. 2010. Application of fungi as a biocontrol agent and their biofertilizer potential in agricultural. *J. Adv. Dev. Res.* 1(1): 90-99.
- Worosuryani C, A. Priyatmojo, dan A. Wibowo. 2006. Uji kemampuan jamur tanah yang diisolasi dari lahan pasir sebagai PGPF (*Plant Growth Promoter Fungi*), *Agrosains* 19(2):179-191.

## Produksi Inulinase Berbahan Umbi Dahlia (*Dahlia* sp) oleh Fusan F1 Wijanarka<sup>1</sup>, Endang Sutariningsih Soetarto<sup>2</sup>, Kumala Dewi<sup>3</sup>, dan Ari Indrianto<sup>4</sup>

<sup>1)</sup> Lab. Mikrobiologi \_F MIPA UNDIP; mahasiswa S3 Biologi UGM,

<sup>2)</sup> Lab. Mikrobiologi \_F Biologi UGM, Bulaksumur Yogyakarta 55281

<sup>3)</sup> Lab. Fisiologi Tumbuhan \_F Biologi UGM, Bulaksumur Yogyakarta 55281

<sup>4)</sup> Lab. Bioteknologi \_F Biologi UGM, Bulaksumur Yogyakarta 55281

Email : wikasmara@yahoo.co.id. HP. 08179526187

Inulinase (E.C. 3.2.1.7) adalah enzim yang dapat mengkatalisis reaksi hidrolisis suatu substrat atau dapat memecah substrat dengan bantuan molekul air. Umbi dahlia merupakan salah satu substrat, yang banyak mengandung inulin. Inulin ini dengan adanya inulinase akan di rombak menjadi unit monomer fruktosa. Fruktosa merupakan *doctoring agent* untuk proses pembuatan FOS dan IOS. Fusan F1 merupakan hasil fusi dari *Pichia manshurica* dan *Rhodospiridium paludigenum*. Kedua jenis khamir tersebut merupakan *bioresources* dari tanaman bunga Dahlia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan produksi inulinase dan untuk mengetahui kecepatan pertumbuhan specific ( $\mu$ ), serta waktu generasi (g) dari fusan F1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fusan F1 mampu memproduksi inulinase sebesar 0.60882  $\mu\text{mol}/\text{menit}$  pada inkubasi jam ke-18. Hasil tersebut jauh lebih tinggi dibanding dengan *P. manshurica* (0.557  $\mu\text{mol}/\text{menit}$ ) dan *Rh. paludigenum* (0.326  $\mu\text{mol}/\text{menit}$ ). Sedangkan kecepatan pertumbuhan specific ( $\mu$ ) fusan F1 sebesar 0.2536 jam dengan waktu generasi (g) 2.7334 jam.

Kata kunci : Fusan F1; Inulinase; *Pichia manshurica* dan *Rhodospiridium paludigenum*.

### PENDAHULUAN

Tanaman dahlia merupakan tanaman perdu setinggi 1,5 m atau lebih dan berumbi besar. Bentuk umbi akar dahlia bervariasi mulai dari bulat kecil sampai besar atau panjang sampai lonjong. Struktur umbi dahlia terdiri atas kulit umbi yang berwarna putih kekuning-kuningan sampai kecoklatan, daging umbi tebal berwarna putih atau bening dan mempunyai mata tunas. Setiap 100 gram umbi dahlia mengandung inulin 65,7%, abu 4,5%, protein 3,71%, air 2,97% dan bahan lainnya 23,10% (Rukmana, 2000). Menurut Byun & Nahm (1978), total persentase gula sebagai fruktosa dalam inulin bervariasi dari 75-98% tergantung pada pertumbuhan dan kondisi penyimpanan setelah panen.

Inulin merupakan polifruktan yaitu polimer fruktosa rantai linier dengan ikatan  $\beta$ -2,1-fruktofuktanosidik dengan satu unit terminal glukosa di ujung (Byun & Nahm, 1978), dengan panjang rantai polisakarida ini kurang lebih 25-35 unit fruktosa (Allais *et al.*, 1986). Inulin terdiri dari atas molekul fruktosa yang terpolimerisasi dan terdapat sebagai cadangan makanan pada sejumlah tumbuhan seperti Compositae (misal umbi dahlia). Inulin tidak dapat larut dalam air dingin tetapi suhu 50<sup>0</sup>C dapat melarutkan 50% inulin (Vandamme & Derycke, 1983).

Struktur umbi dahlia terdiri atas kulit umbi berwarna putih kekuning-kuningan sampai kecoklatan, daging umbi tebal berwarna putih atau bening dan mempunyai mata tunas. Satu rumpun tanaman dahlia dapat menghasilkan umbi sebanyak 2-5 kg, tergantung pada varietas dan kesuburan tanaman. Umbi dahlia mengandung 80% air dan 20% padatan. Padatan ini tersusun oleh kira-kira 65% inulin; abu 4,5%; protein 3,71%; air 2,97%; dan bahan lainnya 23,10% (Rukmana, 2000). Semakin tua umur umbi dahlia, maka kandungan inulin dalam umbi tersebut juga semakin banyak. Kemampuan enzim yang mampu merombak inulin menjadi unit sederhana fruktosa dikenal dengan nama inulinase.

Inulinase (E.C.3.2.1.7.) merupakan enzim hidrolase yang digolongkan sebagai 2,1- $\beta$ -D-fructan-fructanohidrolase yang mampu menghidrolisis molekul inulin menjadi sejumlah besar fruktosa dan sedikit glukosa dengan memotong unit fruktosa dari molekul inulin pada posisi terminal  $\beta$ -2,1 (Rouwenhorst *et al.*, 1990; Park & Yun, 2000). Inulinase terdapat secara alami pada umbi tanaman yang mengandung inulin (misal: umbi dahlia) atau pada mikroorganisme seperti dari golongan jamur: *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Chrysosporium* sp, golongan khamir: *Kluyveromyces* sp, *Candida* sp, *Debaryomyces* sp, *Saccharomyces* sp, dan dari golongan bakteri: *Arthrobacter* sp, *Flavobacterium* sp, dan *Bacillus* sp.

Berdasarkan tempat aktivitasnya, inulinase dapat dibedakan menjadi dua, yaitu eksoinulinase dan endoinulinase. Eksoinulinase ( $\beta$ -D-fruktanfruktohidrolase, EC 3.2.1.80) memecah inulin dari ujung non reduktif, sedangkan endoinulinase (2,1- $\beta$ -D-fruktanfruktanohidrolase, EC 3.2.1.7) memecah inulin secara acak dari bagian dalam untuk menghasilkan fruktooligosakarida seperti inulotriosa, tetraosa, dan pentaosa sebagai produk utamanya. Sampai

saat ini sifat eksoinulinase lebih banyak diketahui dari pada sifat endoinulinase (Allais *et al.*, 1986).

Enzim adalah biokatalis yang dalam jumlah sedikit mempunyai kemampuan untuk mempercepat berlangsungnya reaksi kimiawi dan enzim tersebut tak mengalami perubahan bentuk. Katalis ini bersifat spesifik, artinya suatu katalis tertentu akan berfungsi pada suatu jenis reaksi tertentu saja.

Enzim sebagai produk sel hanya dapat disintesis jika sel mempunyai gen untuk enzim tersebut (Sadikin, 2002). Suatu organisme harus mempunyai gen struktural untuk menentukan sintesis struktur enzim dalam hal urutan asam-asam aminonya, yang diperlukan untuk kehidupannya.

Inulin merupakan polisakarida yang dibangun oleh unit-unit monomer fruktosa melalui ikatan  $\beta$ -2-1-fruktofuranosida yang diawali oleh satu molekul glukosa. Karbohidrat ini dihasilkan oleh tanaman jenis *compositae* seperti *Chicory*, *Jerusalem artichoke* dan dahlia. Polifruktosa dengan derajat polimerisasi 30 keatas disebut dengan inulin (Nakamura *et al.*, 1995). Inulin tidak dapat larut dalam air dingin tetapi suhu 50°C dapat melarutkan 50% inulin. Molekul ini dapat mengendap dalam campuran etanol-air (Vandamme dan Derycke, 1983). Total persentase gula sebagai fruktosa dalam inulin bervariasi dari 75–95% tergantung pada pertumbuhan dan kondisi penyimpanan setelah dipanen (Byun & Nahm, 1978).

Hidrolisis inulin menjadi fruktosa dapat dilakukan pada kondisi asam pada pH 1-2 dengan suhu 80°C - 100°C, namun hasil yang diperoleh berkualitas rendah karena akan terbentuk fraksi yang berwarna gelap dan hasil samping yang tak diinginkan seperti difruktosa anhidrat (Allais *et al.*, 1986; Xiao *et al.*, 1988). Hidrolisis menggunakan enzim inulinase dapat menghindari adanya kerugian tersebut. Produksi fruktosa dari bahan berpati lainnya memerlukan 3 macam enzim yaitu amylase, amilogluksidase, dan glukosa isomerase.

Fusan F1 merupakan fusan hasil fusi dari *Pichia manshurica* dan *Rhodospodium paludigenum*. Kedua jenis khamir tersebut merupakan *bioresources* dari tanaman bunga Dahlia dan mempunyai sifat sebagai khamir inulinolitik. Namun demikian kedua jenis khamir tersebut hanya mampu memproduksi enzim inulinase dalam jumlah yang kecil. Sehingga dengan demikian perlu diupayakan untuk mencari sumber enzim (mikrobia, fusan) yang mampu meningkatkan produksi inulinase. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi enzim tersebut dengan cara fusi protoplas. Metode fusi protoplas dipilih karena tidak memerlukan vector, mudah dan tidak memerlukan sel yang kompeten.

## TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan produksi inulinase dan untuk mengetahui kecepatan pertumbuhan specific ( $\mu$ ), serta waktu generasi (g) dari fusan F1.

## METODE PENELITIAN

### *Mikroorganisme*

Sumber mikroba yang digunakan pada penelitian ini adalah kultur murni fusan F1 yang merupakan hasil fusi dari *Pichia manshurica* dan *Rhodospodium paludigenum*.

### *Kultivikasi medium dan produksi inulinase*

Media untuk pemeliharaan kultur dan produksi inulinase menurut Erthan (2003)(g/L): inulin-30;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -2.3;  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ -3.7;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ -1;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -0.5; yeast ekstrak-1.5 dan pH 5. Medium di autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit. Setelah diinokulasi, Erlenmeyer di *rotary shaker* pada suhu 28°C dengan kecepatan 150 rpm.

### *Enzyme assay*

Sebanyak 0,1 ml larutan enzim dicampur dengan substrat inulin 0,1% dalam larutan bufer sodium asetat pH 5. Selanjutnya diinkubasi selama 30 menit pada suhu 50°C. Gula reduksi yang terbentuk ditentukan dengan metode DNS (Chaplin, 1994; Park, J.P and J.W. Yun. 2001). Aktivitas inulinase ditentukan berdasarkan sejumlah enzim yang mampu merombak 1  $\mu\text{mol}$  substrat permenit pada kondisi tertentu.

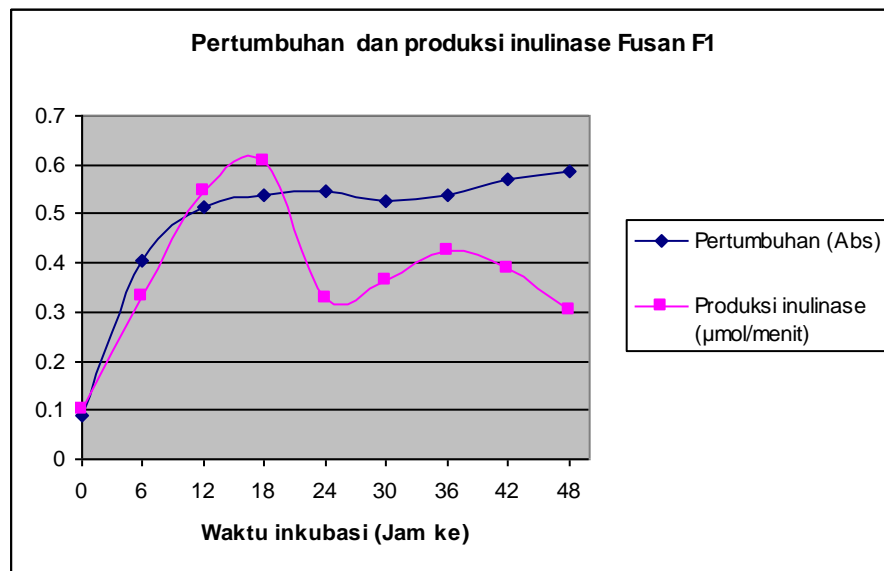
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### *Pertumbuhan dan inulinase Fusan F1*

Pertumbuhan populasi suatu mikroorganisme merupakan akibat dari pertumbuhan sel secara individu. Pertumbuhan tersebut biasanya ditunjukkan dengan adanya pertambahan jumlah sel atau masa sel yang sedang tumbuh. Pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau genetik.

Fusan F1 merupakan khamir yang tumbuh dalam medium pertumbuhan dengan inulin sebagai satu-satunya sumber karbon dengan pH 5. Pertumbuhan fusan F1 dilakukan selama 48 jam dan dilakukan pengamatan setiap 6 jam. Fusan ini merupakan fusan yang diperoleh dari fusi dari *Pichia manshurica* dan *Rhodospiridium paludigenum*. Kedua jenis khamir tersebut merupakan *bioresources* mikroorganisme dari tanaman bunga Dahlia (Lunggani dkk., 2009).

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan fusan F1, terjadi fase log setelah waktu inkubasi antara  $t_0$  sampai  $t_{18}$  (Gambar 1). Fase log yang terjadi pada jam tersebut yang demikian singkat diakibatkan adanya pemberian starter. Adanya starter ini mengakibatkan fase lag (fase adaptasi) hilang atau diperpendek sehingga mengakibatkan lebih cepat memasuki fase logaritmik.



Gambar1. Pertumbuhan fusan F1

### *Produksi inulinase*

Produksi inulinase oleh fusan F1 dilakukan dengan menumbuhkan fusan tersebut kedalam medium produksi cair. Inulinase merupakan enzim ekstraseluler yang disekresikan keluar sel bercampur dengan medium produksi, sehingga di dalam proses penghitungan produksi enzim diukur melalui supernatan hasil sentrifugasi medium. Jumlah inulinase yang diproduksi dapat ditentukan dengan uji aktivitas enzim (Sadikin, 2002).

Tabel 1. Produksi inulinase fusan F1

Waktu inkubasi (Jam ke-)	Pertumbuhan (Abs)	Produksi inulinase (µmol/menit)
0	0.0883	0.1009
6	0.4045	0.3306
12	0.5129	0.5470
18	0.5379	0.6088
24	0.5469	0.3261
30	0.5272	0.3649
36	0.5391	0.4249
42	0.5686	0.3885
48	0.5884	0.3024

Adanya inulin dalam medium produksi cair dapat menginduksi proses pembentukan enzim inulinase oleh fusan F1. Sehingga dengan demikian proses pembentukan enzim inulinase dapat

digolongkan sebagai enzim induktif. Hal ini sesuai dengan Xiao *et al.* (1988) bahwa inulin merupakan induser dalam sintesis inulinase dan , bersifat adaptif. Inulinase disintesis selama terjadi pertumbuhan khamir dan mencapai maksimum pada fase stasioner (Byun & Nahm, 1978). Inulinase yang terdapat pada kultur cair disebut sebagai inulinase supernatan (Rouwenhorst<sup>b</sup> *et al.*, 1990) dan bersifat termotoleran (Park *et al.*, 2001). Inulinase merupakan hasil dari metabolit primer dan bersifat *growth asosiated*.

Tabel 2. Kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) dan waktu generasi (g) serta produksi inulinase fusan F1

Strain	Pertumbuhan spesifik ( $\mu$ )	Waktu generasi (g)	Produksi inulinase ( $\mu\text{mol}/\text{menit}$ )
F1	0.2536	2.7334	0.608
<i>P. manshurica</i>	0.2794	2.4815	0.557
<i>Rh. paludigenum</i>	0.3787	1.8304	0.326

Pada tahap ini dilakukan pengukuran kecepatan pertumbuhan specific ( $\mu$ ) dan waktu generasi. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa fusan F1 mampu menghasilkan produksi inulinase lebih tinggi dari pada kedua parentalnya yaitu *P. manshurica* dan *Rh. paludigenum*. Hal ini diduga karena adanya proses akumulatif dari kedua induknya, sehingga mengakibatkan produksi inulin meningkat.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Fusan F4 mampu menghasilkan produksi inulinase sebesar 0.60882  $\mu\text{mol}/\text{menit}$  dengan kecepatan pertumbuhan specific ( $\mu$ ) sebesar 0.2536 jam dengan waktu generasi (g) 2.7334 jam.

### DAFTAR PUSTAKA

- Allais, J.J. S. Kammoun, P. Blanc, C. Girard and J. Baratti. 1986. Isolation and Characteristic of Bacterial Strains with Inulinase Activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 52 (5) : 1086-1090.
- Byun, S. M. dan B.H. Nahm. 1978. Production of Fructose from *Jerusalem artichoke* by Enzymatic Hydrolysis. *J. of Food science.* 43 : 1871-1873.
- Chaplin, M.F dan J.F. Kennedy. 1994. *Cahbohydrat Analysis: A Practical Approach.* 2<sup>nd</sup> Edition. Oxford University Press. Oxford.
- Ertan, F., T. Aktac, A. C. Kaboglu, F. Ekinici and E. Bakar. 2003. Determination of Optimum Cultivation Condition on The Production of Inulinase from *Rhizoctonia solani*. *Pak. J. Bi.l. Sci.* 6 (16): 1386-1388.
- Lungani, A.T; Wijanarka dan Endang K., 2009. Produksi IOS Prebiotik Berbasis Pemanfaatan Umbi Dahlia (*Dahlia variabilis*) Oleh Khamir Inulinolitik Dan Pengujian Antimikrobanya Secara Invitro. Penelitian Hibah Multiyears Desentralisasi.
- Nakamura, T., Y. Ogata, A. Shitasa, A. Nakamura dan K. Ohta. 1995. Continuous Production of Fructose Syrups from Inulin by Immobilized Inulinase from *Aspergillus niger* Mutan 817. *Journal of Fermentation and Bioeng.* 80(2) : 164-169. *et al.*, 1995).
- Park, J.P and J.W. Yun. 2001. Utilization of Chicory roots for Microbial Endoinulinase Production. *Letters In Applied Microbiology.* 2001 (33): 183 – 187
- Pelczar. M.J. and Chan E.C.S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi.* Terjemahan: Ratna Siri H, T. Imas, S.S. Tjitrosomo, dan Sri Lestari Angka. UI press, Jakarta
- Rukmana, R. 2000. *Dahlia: Prospek Agribisnis dan Teknik Budi Daya.* Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Rouwenhorst<sup>b</sup>, R.J., M. Hensing, J. Verbakel, W.A Scheffers & J.P.V. Dijken. 1990. Structure & Properties of The Extracellular Inulinase of *Kluyveromyces marxianus*. *Journal Appl. & Envir. Microbiology.* The Netherlands. p: 3337-3345.
- Sadikin, M. 2002. *Seri Biokimia: Biokimia Enzim.* Penerbit Widya Medika. Jakarta.
- Vandamme, E. J. and D.G. Derycke. 1983. Microbial Inulinases: Fermentation Process, Properties and Applications. *Advances in Appl. Microbiol.* 29: 139-176.
- Wijanarka, Endang K. dan Hermin P. 2006a. Paket Teknologi Eksplorasi Khamir Inulinolitik Termotabil Umbi Dahlia (*Dahlia variabilis* Willd.) Jawa Tengah Melalui Teknik Fusi Protoplas dan Aplikasinya pada Produksi *High Fructose Syrup* (HFS). Laporan HB PT XIV/1. Undip. Semarang
- Xiao, R., M. Tanida dan S. Takao. 1988. Inulinase from *Cryosporium pannorum*. *J. Fement. Technol.* 66 (5) : 244 – 248.



# Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Amilase Termotabil dari Bakteri Termofilik Pasca Erupsi Merapi

**Evy Yulianti dan Anna Rakhmawati**

*Juridik Biologi FMIPA UNY*  
*Email : evy\_yulianti@yahoo.com*

Amilase adalah salah satu enzim penting di bidang industri Proses-proses dalam industri yang banyak menggunakan suhu tinggi menyebabkan perlu dilakukan isolasi enzim termotabil yang tahan terhadap suhu tinggi. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui isolat terbaik yang berpotensi menghasilkan enzim amilase termotabil, mengetahui pengaruh variasi temperatur, pH, jenis isolat, media pertumbuhan terhadap aktivitas enzim amylase dan mengetahui temperatur dan pH optimum untuk aktivitas enzim amilase. Isolasi bakteri termofilik dilakukan dengan metode *pour plate*, seleksi bakteri penghasil amilase ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekitar koloni setelah ditambahkan larutan iodine 0,1% dan diinkubasi pada suhu 70°C. Dua isolat penghasil zona bening terbesar ditumbuhkan pada medium NB dan NB yang ditambah pati, diisolasi enzim amilasennya dan dilakukan uji aktivitas pada suhu 60 °C, 70°C dan 80°C dan pH 5, 7, dan 9. Satu unit aktivitas enzim ditunjukkan dengan banyaknya pati yang terhidrolisis menjadi glukosa. Hasil yang diperoleh menunjukkan aktivitas enzim dari isolat yang ditumbuhkan pada medium dengan pati lebih tinggi dibandingkan dengan isolat yang tidak ditumbuhkan pada medium dengan pati Hasil aktivitas enzim terbaik diperoleh dari isolat D91 yang ditumbuhkan pada medium dengan pati pada suhu 70°C dan pH 7 dengan kadar glukosa 416,41 µg/mL dan aktivitas enzim 115,67 unit/mL filtrat enzim

*Key words* : amilase, bakteri termofilik, enzim termotabil, glukosa, aktivitas enzim

## PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, banyak penelitian mengenai organisme yang dapat hidup pada lingkungan yang mempunyai suhu ekstrim, pH ekstrim, tekanan tinggi dan salinitas yang tinggi, hal ini sangat menarik perhatian pada bidang bioteknologi khususnya tentang potensi enzim yang dihasilkan oleh organisme tersebut (Adam dan Kelly, 1995). Enzim memiliki peranan yang cukup penting dalam dunia industri seperti industri tekstil, detergen, bahan pangan dan minuman, bahan kimia, obat-obatan dan industri kulit (Muchtadi *et al.*, 1992), seperti amilase, protease, katalase dan lipase. Enzim untuk kebutuhan industri diekstraksi dari berbagai jenis sel makhluk hidup, tetapi pada saat ini enzim lebih banyak diekstraksi dari berbagai jenis mikroorganisme, sebab mikroorganisme menghasilkan enzim yang dapat dimanfaatkan manusia dalam jumlah dan jenis yang sangat bervariasi selain mikroorganismenya sendiri dapat dikulturkan untuk memperoleh enzim yang dihasilkannya (Palmer, 1985).

Organisme hipertermofil dapat tumbuh secara optimal pada temperatur antara 80 dan 110°C. Enzim dari organisme ini berkembang dan memiliki struktur dan fungsi yang unik dengan kemampuan termotabilitas yang tinggi dan memiliki aktivitas optimal pada temperatur di atas 70°C. beberapa dari enzim ini bahkan dapat aktif pada temperatur di atas 110°C. organisme termofilik dapat tumbuh secara optimal pada suhu antara 50 dan 80°C. Enzim ini menunjukkan kemampuan termotabilitas diantara enzim hipertermofilik dan mesofilik. Enzim termofilik ini dapat aktif pada suhu antara 60 dan 80°C. Karena enzim ini aktif pada suhu tinggi, enzim termofilik maupun hipertermofilik tidak dapat aktif pada suhu di bawah 40°C (Vieille, C. And Zeikus, G. J..2001).

Amilase merupakan enzim yang dapat menghidrolisis molekul pati untuk menghasilkan produk yang bervariasi, termasuk dekstrin dan polimer-polimer kecil yang tersusun dari unit-unit glukosa (Windish and Mhatre, 1965). Enzim-enzim ini banyak digunakan dalam bioteknologi, dalam pembuatan roti, makanan, tekstil dan industri kertas. Alfa amilase merupakan 25% dari seluruh pasar enzim, hampir menggantikan hidrolisis kimia pati pada industri pengolahan pati (Pandey *et al.*, 2000) Untuk aplikasi industri diperlukan  $\alpha$ -amilase yang dapat diproduksi dalam jumlah besar dan aktivitas yang tinggi dengan biaya produksi yang ekonomis.

Saat ini amilase yang bersumber dari mikroorganisme termofil dan hipertermofil lebih banyak digunakan dalam bidang industri, terutama industri yang menggunakan suhu tinggi dalam prosesnya. Hal ini terjadi karena enzim yang berasal dari mikroorganisme tersebut memiliki termotabilitas dan aktivitas yang tetap optimal pada suhu yang tinggi (Vieille & Zeikus, 2001). Bakteri termofil penghasil enzim amilase dapat diisolasi dari berbagai tempat seperti sumber-sumber geotermal, daerah vulkanik, pemandian mata air panas di darat maupun mata air panas di laut dalam dan juga dari proses pembuatan kompos (Brock, 1978).

Beberapa jenis mikrobia dari kelompok bakteri, kapang dan khamir dilaporkan sebagai penghasil amilase, di antaranya kapang *Aspergillus* spp., khamir *Endomyces* sp dan *Saccharomycopsis fibuligera* (Hattori, 1961; Fogarty dan Kelly, 1980; Futatsugi *et al.*, 1980). Bakteri potensial yang akhir-akhir ini banyak digunakan untuk memproduksi enzim amilase pada skala industri, antara lain: *Bacillus licheniformis* dan *B. Stearothermophilus*. Penggunaan *B. stearothermophilus* lebih disukai karena mampu menghasilkan enzim yang bersifat termostabil sehingga menekan biaya produksi (Lestari *et al.*, 2001)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui isolat terbaik yang berpotensi dalam menghasilkan enzim amilase termostabil. Mengetahui pengaruh variasi temperatur, pH, jenis isolat dan media pertumbuhan terhadap aktivitas enzim amylase dan mengetahui temperatur dan pH optimum untuk aktivitas enzim amilase.

## BAHAN DAN METODA

### *Bahan dan Alat*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah yeast ekstrak, bacto pepton,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , NaCl,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ , KCl, pati, iodium, reagen dinitrosalicilyc acid (DNS), media NA, NB, nutrient starch broth.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol sampel steril, thermometer, pH meter, fortexs, water bath, Bunsen, pipet ukur, jarum ose, petridish, tabung reaksi, autoklaf, incubator, gelas objek, erlemeyer, hot plate, magnetic stirrer, oven, test tube, mikroskop, kamera foto, spektrofotometer, sentrifus, jangka sorong.

### *Langkah Penelitian*

#### *Pengujian produksi enzim amilase*

Sebanyak 1 mL (10% dari medium) suspensi bakteri ditumbuhkan pada medium Starch Agar, lalu diinkubasi selama 24 jam pada suhu 70°C. Koloni yang tumbuh pada medium pati tersebut ditetesi dengan iodium untuk menyeleksi bakteri penghasil enzim amilase. Isolat yang menghasilkan enzim amilase ditunjukkan oleh adanya zona jernih di sekitar koloni. Diameter zona bening diukur dengan menggunakan jangka sorong. Tiap isolat positif yang menghasilkan enzim amilase melalui uji iodin digunakan untuk pengujian selanjutnya dengan memilih 2 isolat yang menghasilkan diameter zona jernih terbesar.

#### *Pembuatan kurva pertumbuhan*

Dua isolat terpilih diukur kurva pertumbuhannya selama 72 jam dalam medium nutrient broth untuk menentukan fase eksponensial masing-masing isolat. Isolasi enzim dilakukan pada fase tersebut.

#### *Isolasi enzim amilase kasar*

Isolasi enzim dilakukan dengan menumbuhkan isolat terpilih sebanyak 1 mL (10% dari medium) pada medium starch broth dan pada medium NB, selama 18 jam pada suhu 70°C. Kultur bakteri penghasil enzim amilase disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang dihasilkan diambil.

#### *Pengukuran aktivitas enzim amilase kasar*

Satu mili liter supernatan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan dengan 1 mL larutan pati 1% dalam sitrat buffer fosfat (pH 5, 7, dan 9), kemudian diinkubasi dalam selama 20 menit untuk setiap perlakuan suhu (60 °C, 70 °C, 80 °C). Satu unit aktivitas enzim amilase didefinisikan sebagai banyaknya pati yang terhidrolisis menjadi glukosa selama masa inkubasi 20 menit. Setelah diinkubasi, ditambahkan 1,5 mL dinitrosalicilyc acid (DNS) untuk menghentikan reaksi. Campuran dipanaskan selama 5 menit dan didinginkan pada air mengalir selama 15 menit. Selanjutnya absorbansi diuji dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm. Nilai absorbansinya diplotkan dengan kurva standar glukosa yang terbuat dari larutan glukosa monohidrat dengan konsentrasi mulai 0,01-0,20 ppm (Kombong, 2004). Aktivitas enzim amilase dihitung berdasarkan data kadar glukosa relatif sebagai mg glukosa yang dihasilkan oleh 1 ml filtrat kasar amilase. Satu Unit aktifitas enzim didefinisikan sebagai banyaknya  $\mu$ mol glukosa yang dihasilkan dari hidrolisa pati oleh 1 ml ekstrak kasar enzim amilase selama masa inkubasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

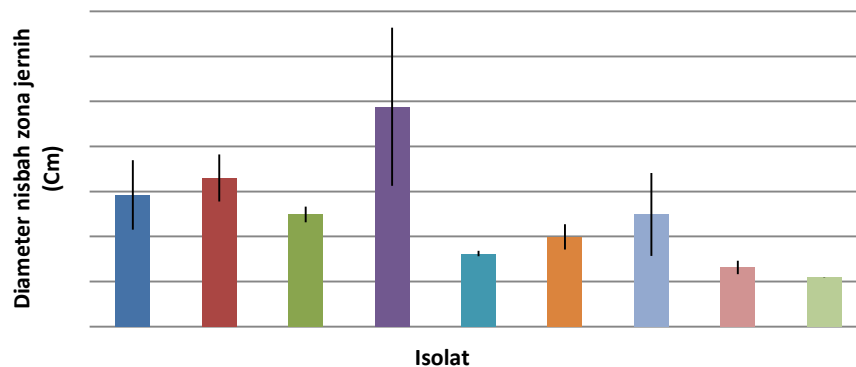
### *Isolasi dan Seleksi Bakteri Amilolitik*

Hasil isolasi bakteri dari sampel pasir dan air sungai Gendol didapatkan 538 isolat. Dari keseluruhan isolat, terdapat 253 isolat yang dapat ditumbuhkan sampai suhu 70°C. Isolat tersebut diseleksi pada media agar pati 1% dan didapatkan hasil 9 isolat bersifat amilolitik. Isolat yang mampu menghidrolisis pati menghasilkan zona bening di sekeliling isolat setelah ditetesi iodin (Cappuccino, 1983). Berikut adalah isolat-isolat yang dapat menghidrolisis pati beserta diameter nisbah zona jernih yang dihasilkan.

Tabel 1. Diameter nisbah zona jernih yang dihasilkan isolat amilolitik

Isolat	Diameter nisbah zona jernih (Cm)
D2	2,923021 ±0,772406
D91	3,29917 ±0,523263
D92	2,489533 ±0,172438
D93	4,882599 ±1,754507
D113	1,621096 ±0,061572
D132	1,992204 ±0,281571
D134	2,48775 ±0,922117
D138	1,312964 ±0,146286
D140	1,098131 ±0,003049

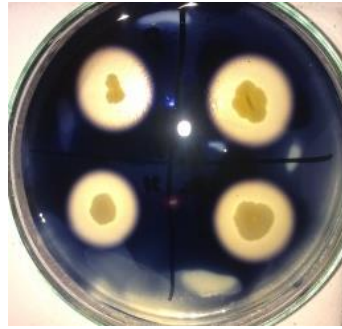
Dari hasil tersebut, tampak bahwa isolat D93 merupakan isolat yang mempunyai kemampuan amilolitik tertinggi, disusul D91, D2, D134, D92, D132, D113, D138 dan D140. Berikut adalah grafik yang menunjukkan kemampuan amilolitik kesembilan isolat.



Gambar 1. Diameter nisbah zona jernih yang dihasilkan sembilan isolat amilolitik

Menurut Igarashi *et al.* (1998) aktifitas hidrolitik amilase yang termasuk kriteria memiliki potensi tinggi adalah yang zona beningnya > 26 mm, potensi sedang bila diameter zona beningnya berkisar 14–26 mm dan potensi rendah bila diameter zona beningnya < 14 mm. Zona bening terbentuk di sekeliling isolat apabila ditetesi larutan iodin yang menunjukkan bahwa isolat bakteri tersebut dapat menghidrolisis pati di bagian media pati tersebut (Cappuccino, 1983). Berdasarkan kriteria potensi tersebut, dari 9 isolat bakteri termofil amilolitik, 3 isolat berpotensi tinggi yaitu D2, D91 dan D93. Potensi sedang dimiliki oleh 4 isolat yaitu D92, D113, D132 dan D134, sedangkan yang berpotensi rendah ada 2 isolat yaitu D138 dan D140 seperti terlihat pada Gambar 1.

Dari 9 isolat yang ada, dipilih dua isolat dengan diameter nisbah zona jernih terbesar untuk melihat aktivitas enzim amilase ekstraseluler yang dihasilkan, yaitu isolat D91 dan isolat D93. Berikut adalah gambar zona jernih yang dihasilkan oleh dua isolat tersebut.



Gambar 2. Uji amilolitik isolat D91 (kiri) dan D93 (kanan)

### ***Karakterisasi Morfologis***

Sembilan isolat bakteri yang teridentifikasi dapat menghidrolisis pati tersebut, diamati karakter morfologi koloninya, hasil dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 2. Karakter morfologi koloni

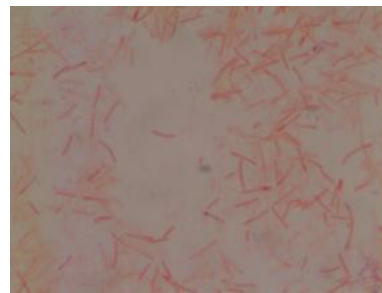
Isolat	Koloni				
	Warna	Bentuk	Ukuran	Tepi	Elevasi
<b>D2</b>	Putih susu	Irreguler	Sedang	<i>Lobate</i>	Rata
<b>D91</b>	Putih susu	Irreguler	Besar	<i>Undulate</i>	Rata
<b>D92</b>	Putih susu	Sirkuler	Kecil	<i>Entire</i>	Rata
<b>D93</b>	Putih susu	Sirkuler	Kecil	<i>Entire</i>	Rata
<b>D113</b>	Putih susu	Irreguler	Kecil	<i>Undulate</i>	Rata
<b>D132</b>	Putih susu	Irreguler	Kecil	<i>Undulate</i>	Rata
<b>D134</b>	Putih susu	Sirkuler	Pinpoint	<i>Entire</i>	Rata
<b>D138</b>	Putih susu	Sirkuler	Pinpoint	<i>Entire</i>	Rata
<b>D140</b>	hitam	Sirkuler	Pinpoint	<i>Undulate</i>	Rata

Kelompok bakteri termofil secara umum struktur selnya memiliki beberapa kelebihan dibanding kelompok bakteri lainnya. Mikroorganisme termofil dapat bertahan hidup pada lingkungan yang ekstrim disebabkan karena struktur selnya yang mendukung kehidupan mikroorganisme tersebut di lingkungan yang ekstrim. Beberapa komponen struktur sel yang mendukung tersebut adalah membran sel. Pada organisme termofil senyawa lipid yang terdapat pada membran selnya memiliki ikatan eter. Selain struktur membrannya yang berbeda, sel pada organisme termofil memiliki sejumlah protein khusus. Dalam sel organisme termofil terdapat protein *chaperonin*, yaitu suatu protein yang berperan dalam mempertahankan kembali struktur tiga dimensi protein fungsional sel dari denaturasi akibat meningkatnya suhu lingkungan yang bersifat ekstrim. Selain itu, pada organisme termofilik juga mengandung DNA gyrase yang merupakan salah satu anggota kelompok enzim topoisomerase yang berperan dalam mengontrol topologi DNA suatu sel dan memegang peran penting dalam proses replikasi dan transkripsi DNA (Maxwell, 1999). DNA girase ini merupakan salah satu kelengkapan sel dari organisme termofil (D' Amaro *et al.*,2007).

Hasil pewarnaan gram pada dua isolat terpilih, menunjukkan kedua isolat amilolitik ini berbentuk batang . Untuk sifat gram, kedua isolat bersifat gram negatif. Berikut adalah gambar hasil pencatatan gram dua isolat terpilih.

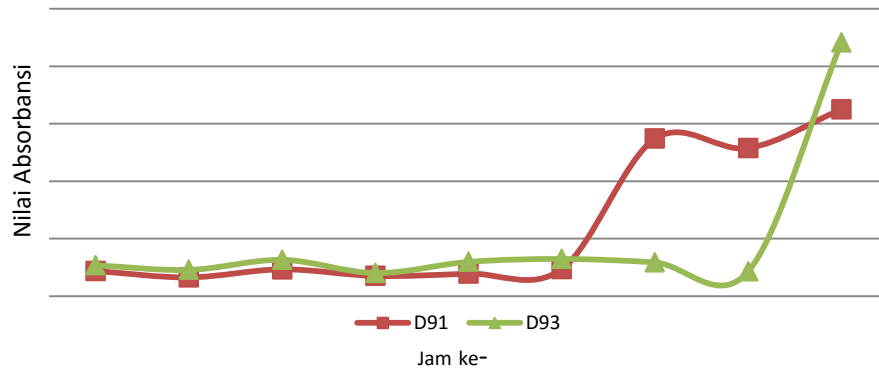


Gambar 3. Isolat D91



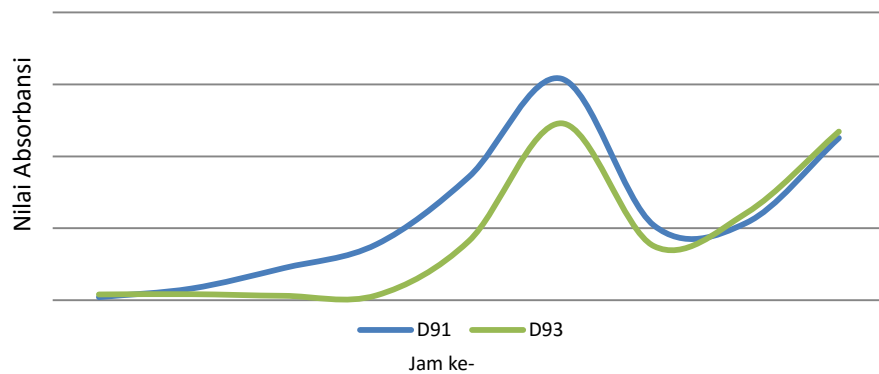
Gambar 4. Isolat D93

Enzim diproduksi oleh bakteri pada fase eksponensial. Untuk mengetahui kapan berlangsungnya fase tersebut, maka dibuat grafik kurva pertumbuhan untuk dua isolat terpilih yang ditumbuhkan pada dua jenis medium yang berbeda, yaitu Nutrient Broth (NB) dan Nutrient Broth ditambah pati (NBS)



Gambar 5. Kurva pertumbuhan isolat D91 dan D93 pada medium NB

Gambar di atas adalah kurva pertumbuhan isolat D91 dan isolat D93 yang ditumbuhkan pada medium NB. Dari gambar tersebut tampak bahwa isolat D91 mencapai fase eksponensial terlebih dahulu dibandingkan dengan isolat D93.



Gambar 6. Kurva pertumbuhan isolat D91 dan D93 pada medium NB ditambah pati

Dari kurva pertumbuhan di atas, tampak bahwa kedua isolat memasuki fase eksponensial dalam waktu yang sama. Dibandingkan dengan kurva pertumbuhan pada medium yang tanpa pati, isolat yang ditumbuhkan pada medium dengan pati memasuki fase eksponensial terlebih dahulu.

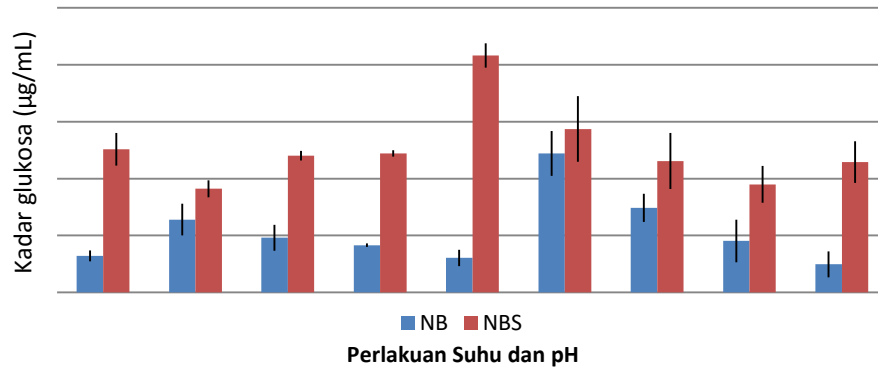
#### ***Pengaruh Suhu dan pH terhadap Kadar Glukosa dan Aktivitas Enzim Amilase***

Dari hasil pengujian kadar glukosa yang diperoleh dari supernatan kedua isolat terpilih, diperoleh data besar konsentrasi glukosa hasil hidrolisis pati seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Pengaruh suhu dan pH terhadap kadar glukosa ( $\mu\text{g/mL}$ )

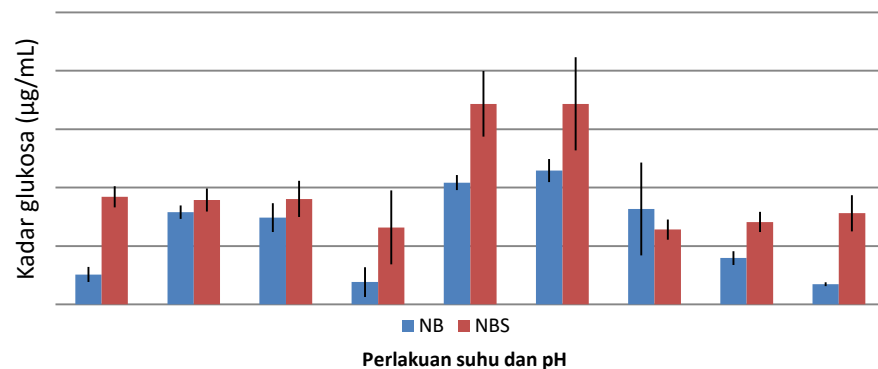
Suhu	pH	Isolat D91		Isolat D93	
		NB	NBS	NB	NBS
60°C	pH 5	64,35	251,62	51,25	184,20
	pH 7	128,03	182,33	157,99	178,59
	pH 9	96,19	240,38	148,62	180,46
70°C	pH 5	83,08	244,13	38,14	131,77
	pH 7	60,61	416,41	208,55	343,38
	pH 9	244,13	287,20	229,15	343,38
80°C	pH 5	148,62	231,02	163,61	128,03
	pH 7	90,57	189,82	79,34	141,13
	pH 9	49,37	229,15	34,39	156,11

Dari tabel 3 tampak bahwa kadar glukosa tertinggi diperoleh dari perlakuan isolat D91 yang ditumbuhkan pada media NB dengan pati dan diinkubasi pada suhu 70°C pada pH 7. Perbedaan kadar glukosa yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan pada isolat D91 ditampilkan pada gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Grafik pengaruh suhu dan pH terhadap kadar glukosa dari isolat D91

Dari gambar tersebut tampak bahwa kadar glukosa naik seiring dengan kenaikan suhu, namun turun lagi pada perlakuan dengan suhu 80°C. Kadar glukosa juga bervariasi dengan adanya perubahan pH. Hal yang sama ditunjukkan pada perlakuan dengan menggunakan isolat D93 yang tampak pada gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Grafik pengaruh suhu dan pH terhadap kadar glukosa dari isolat D93

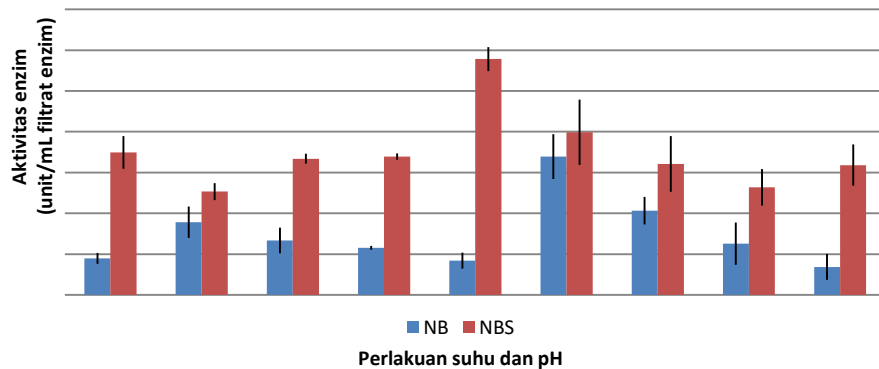
Dari gambar tersebut tampak bahwa kadar glukosa tertinggi dari isolat D93 juga dihasilkan pada saat perlakuan dengan suhu inkubasi 70°C dan isolat tersebut ditumbuhkan pada media NB yang diberi pati.

Kemampuan enzim dalam mendegradasi pati dilihat dari aktivitas enzimnya. Berikut ini adalah hasil aktivitas enzim dari isolat D91 dan D93 yang diberi perlakuan suhu, pH, jenis media dan jenis isolat yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 4. Pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim (unit/mL filtrat enzim)

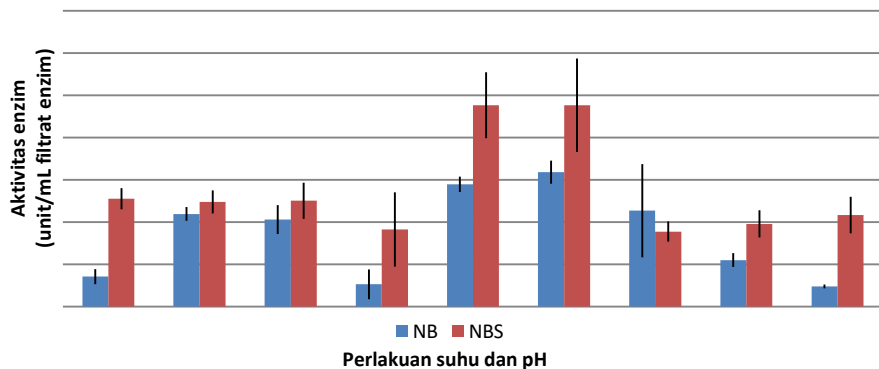
Suhu	pH	Isolat D91		Isolat D93	
		NB	NBS	NB	NBS
60°C	pH 5	17,87	69,89	14,24	51,17
	pH 7	35,56	50,65	43,88	49,61
	pH 9	26,72	66,77	41,28	50,13
70°C	pH 5	23,08	67,81	10,59	36,60
	pH 7	16,84	115,67	57,93	95,38
	pH 9	67,81	79,78	63,65	95,38
80°C	pH 5	41,28	64,17	45,44	35,56
	pH 7	25,16	52,73	22,04	39,20
	pH 9	13,72	63,65	9,55	43,36

Dari tabel tersebut nampak bahwa aktivitas enzim tertinggi dicapai oleh isolat D91 yang ditumbuhkan pada medium dengan pati dan diinkubasi pada suhu 70 °C dan pH 7. Hasil tersebut tampak pada gambar 12 dan gambar 13 berikut ini.



Gambar 9. Grafik pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim amilase dari isolat D91

Dari gambar 12 tersebut tampak bahwa isolat D91 mempunyai aktivitas tertinggi pada suhu 70°C dan pH 7. Semakin meningkat suhu, aktivitas enzim tampak meningkat, namun aktivitas enzim menjadi turun pada suhu 80°C. Hasil yang berbeda juga ditunjukkan pada perlakuan dengan pH yang berbeda. Hal yang sama juga tampak dari perlakuan dengan menggunakan isolat D93 yang ditunjukkan pada gambar 13 di bawah ini.



Gambar 10. Grafik pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim amilase dari isolat D93

Gambar tersebut menunjukkan pola yang sama dengan isolat D91, yaitu semakin meningkat suhu, maka aktivitas enzim semakin meningkat dan turun pada suhu 80°C. Hasil aktivitas enzim dari isolat D93 menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan isolat D91.

Peningkatan temperatur dapat meningkatkan kecepatan reaksi, baik itu yang dikatalisis oleh enzim maupun yang tidak dikatalisis oleh enzim dengan meningkatkan energi kinetic dan frekuensi terjadinya tumbukan antara molekul-molekul yang bereaksi.

Kecepatan reaksi yang dikatalisis enzim menunjukkan ketergantungan yang signifikan terhadap konsentrasi ion hidrogen. Hubungan aktivitas enzim terhadap konsentrasi ion hidrogen menunjukkan keseimbangan antara terjadinya denaturasi enzim pada pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dan pengaruhnya pada perubahan status muatan pada enzim, substrat atau keduanya.

Konsep tentang termostabilitas yang dimiliki oleh enzim yang berasal dari mikroorganisme termofil ini dilandaskan pada dua konsep yaitu pertama struktur molekular pada selnya yang memang tersusun oleh molekul protein yang termostabil, kedua termostabilitas itu berkaitan dengan adanya asosiasi senyawa protein enzim dengan molekul lainnya seperti lipid, polisakarida maupun protein lainnya yang menyebabkan terbentuknya suatu senyawa yang memiliki mekanisme yang memungkinkannya tetap stabil saat menghadapi kondisi yang dapat menginaktivasinya (Hibino *et al.*, 1974).

Adapun faktor-faktor yang dianggap berhubungan dengan termostabilitas enzim-enzim dari mikroorganisme termofil bervariasi pada berbagai spesies termofil, namun beberapa hal umum

yang ditemukan antara lain terjadinya peningkatan ikatan hidrogen dan *salt bridge* pada protein dari enzim termofilik. Selain itu ditemukan juga adanya perbedaan jenis dan komposisi asam amino penyusun protein enzim termofil bila dibandingkan dengan protein enzim yang mesofilik. Pada enzim termofilik terjadi penurunan jumlah sistein dan serin secara nyata, sedangkan jumlah arginin dan tirosin meningkat secara nyata. Asam amino prolin juga lebih sedikit ditemukan pada struktur  $\alpha$ -heliks pada protein termofilik (Kumar *et al.*, 2000).

#### PUSTAKA

- Adam, M.W.W & R.M., Kelly. 1995. Enzyme from Organism in Extreme Environment. *Chem. Eng. News*. 32-42.
- Brock, T.D.& Brock, K.M., 1978. *Thermophilic microorganism and life at high temperature*. Springer Verlag, New York
- Fogarty, W.M and T. Kelly. 1980. Amylases, amyloglucosidases and related gluconases in economy microbiology: microbial enzymes and *bioconversions* vol. 5. Ed. By. A. H. Rose. Academic Press, London.
- Futatsugi, M., T. Ogawa, and H. Fukuda. 1980. Scale-up of glucoamilase production by *Saccharomycopsis fibuligera*. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 76: 419-422.
- Hattori, Y. 1961. Studies of amylolytic enzyme produced by *Endomyces* sp. 1. Production of extracellular amylase by *Endomyces* sp. *Agricultural Biological Chemistry* 25: 737-743.
- Lestari, P. 2000. Eksplorasi Enzim Termotabil dari Mikro Termofil. *Hayati* 7:21-25
- Lestari, P, N. Richana, D.S. Damardjati, A.A. Darwis, K. Syamsu. 2001. Analisis gula reduksi hasil hidrolisis enzimatik pati ubi kayu oleh amilase termotabil dari *Bacillus stearotherophilus* TH12. *Jurnal Mikrobiologi* 6(1): 23-26.
- Muchtadi, S. Nurleni, & Made. 1992. *Enzim dalam Industri Pangan*. Institut Pertanian Bogor
- Palmer, T. 1985. *Understanding Enzyme*. Ellishorwood Publisher.
- Pandey, A., Nigam, P. and Soccol, C.R. 2000. Advances in Microbial Amylases. *Biotechnol. Appl. Biochem* 31:135-152
- Vieille, C. And Zeikus, G. J..2001. Hyperthermophilic Enzymes: Sources, Uses, and Molecular Mechanisms for Thermostability *Microbiology And Molecular Biology Reviews*, 1092-2172/01/\$04.0010 Vol. 65, No. 1., p. 1-43
- Windish, W.W. and Mhatre, N.S. 1965. *Microbial Amylases*. In W.U. Wayne (Ed.). *Advances in Applied Microbiol.* 7:273-304. New York. Academic Press



## Biji Labu Kuning (*Cucurbita moschata* Ex Poir) sebagai Peningkat Antioksidan pada Tempe

Rivy Valen Pabesak, Lusiawati Dewi, Lydia Ninan Lestario

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika  
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia  
Email : rivyvalenpabesak@yahoo.co.id

Biji labu mengandung fenolik yang bermanfaat sebagai antioksidan. Pemanfaatan biji labu untuk meningkatkan antioksidan pada tempe masih belum diteliti di Indonesia. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas antioksidan, kadar fenolik total, kadar air pada tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*), nilai  $IC_{50}$  pada serbuk biji labu kuning dan uji organoleptik. Prosentase serbuk biji labu kuning yang ditambahkan pada tempe sebesar 0 ; 2,5 ; 5 ; 7,5 ; dan 10%. Aktivitas antioksidan pada tempe dan nilai  $IC_{50}$  pada serbuk biji labu kuning diukur dengan metode DPPH (2,2-difenil-1 pikrilhidrazil), kadar fenolik total diukur dengan metode Folin-Ciocalteu. Kadar air diukur dengan metode oven dan uji organoleptik dilakukan terhadap kenampakan, aroma, rasa, dan tekstur dengan 30 panelis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan dan kadar fenolik total pada tempe semakin meningkat seiring bertambahnya prosentase serbuk biji labu kuning yang ditambahkan. Aktivitas antioksidan dan kadar fenolik total pada tempe dengan berbagai prosentase penambahan serbuk biji labu kuning berturut-turut berkisar antara  $87,33 \pm 0,93 - 91,21 \pm 0,78\%$  dan  $0,11 \pm 0,02 - 0,14 \pm 0,02$  mg asam galat/g sampel. Kadar air sampel 0% sampai 10% semakin menurun dari  $56,23 \pm 5,51\%$  hingga  $51,72 \pm 0,63\%$ . Nilai  $IC_{50}$  pada serbuk biji labu kuning diperoleh nilai sebesar 0,1140 g/ml. Untuk uji organoleptik menunjukkan bahwa tempe yang paling disukai dari segi rasa adalah tempe yang diberi penambahan serbuk biji labu kuning 10% (skor 3,43 dari skala 5), dari segi tekstur pada 7,5% (skor 3,3 dari skala 5). Dari segi kenampakan dan aroma, panelis memberi skor yang tidak berbeda nyata untuk semua perlakuan.

Kata kunci : biji labu kuning, tempe, antioksidan

### PENDAHULUAN

Peningkatan pengetahuan mengenai kesehatan telah menyadarkan masyarakat mengenai pentingnya pola makan yang sehat dan peran antioksidan untuk menangkal senyawa radikal bebas dalam tubuh serta mencegah berbagai penyakit degeneratif misalnya penyakit jantung, kanker, hipertensi, stroke, kencing manis, dan lain-lain.

Tubuh manusia membutuhkan antioksidan karena manusia tidak mempunyai cadangan antioksidan dalam jumlah berlebih dalam tubuhnya. Oleh sebab itu, tubuh membutuhkan asupan antioksidan jika terjadi paparan radikal bebas berlebihan. Adanya kekhawatiran terhadap efek samping yang sejauh ini belum diketahui dari antioksidan sintetik atau buatan menyebabkan antioksidan alami yang dianggap lebih aman menjadi alternatif yang dibutuhkan. Antioksidan alami mampu melindungi tubuh terhadap radikal bebas dan menghambat terjadinya penyakit degeneratif (Rohdiana, 2001; Sunarni, 2005 dalam Kuncahyo dan Sunardi, 2007).

Biji labu yang selama ini hanya dimanfaatkan sebagai makanan kecil yaitu kuaci dan obat penyakit cacing pita bahkan terkadang dibuang begitu saja, ternyata mengandung senyawa fenolik. Menurut Anonim (2001), biji labu mengandung fenolik, kumarik, ferulat, pitosterol, beta-sitosterol, tryptophan, fosfor, magnesium, seng, zat besi, dan masih banyak lagi kandungan lainnya. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Primawati (2007), diperoleh kadar fenolik total dan aktivitas antioksidan pada biji labu kuning berturut-turut sebesar 3,9489 mg asam galat/ g sampel dan 47,011%.

Tempe merupakan salah satu makanan fermentasi dan banyak diminati oleh masyarakat karena harganya yang relatif murah, bergizi, dan mengandung senyawa berkhasiat salah satunya adalah isoflavon yang berkhasiat sebagai antioksidan. Kebutuhan masyarakat akan makanan yang sehat dan alami membuat banyak peneliti memunculkan inovasi-inovasi baru dalam meningkatkan mikronutrisi dengan memanfaatkan potensi dari tempe tersebut. Hal ini telah dilakukan oleh Kusumastuti dan Ayustaningwarno (2013) yang meneliti penambahan bekatul beras merah terhadap tempe dan menguji aktivitas antioksidannya.

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan aktivitas antioksidan, kadar fenolik total, dan kadar air pada tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*) dengan berbagai prosentase dalam rangka meningkatkan antioksidan pada tempe, serta nilai  $IC_{50}$  pada serbuk biji labu kuning.

- Menentukan prosentase biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*) yang ideal pada tempe ditinjau dari uji organoleptik.

## METODE PENELITIAN

### *Bahan dan Alat*

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kedelai lokal asal Grobogan, biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*) yang diperoleh dari pengolahan waluh “Rizky” Kopeng, Salatiga, dan ragi merek Raprima (LIPI). Sedangkan bahan habis pakai yang digunakan adalah aseton PA (E-Merck, Germany), asam galat PA (E-Merck, Germany), reagen Folin-Ciocalteu PA (E Merck, Germany), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> PA (E-Merck, Germany), etanol PA (E-Merck, Germany), 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) PA (E-Merck, Germany), aquades, dan kertas saring.

Alat dan instrumen yang digunakan adalah kuvet plastik (Brand, Germany), timbangan dua desimal (ACIS AD-300), timbangan empat desimal (Mettler, H 80), Spektrofotometer UV-VIS (Optizen, 3220 UV), *Drying cabinet*, Grinder (Airlux Electronic Japan, HA-3041), *Shaker* (Ika Labortechnik, KS 501), enkas, pilus, mortar, alu, dan alat gelas.

### CARA KERJA

#### *Analisa Data*

Data pada uji aktivitas antioksidan, kadar fenolik total, dan uji organoleptik dianalisa dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Sebagai perlakuan adalah tempe dengan prosentase penambahan serbuk biji labu kuning 0% (kontrol) ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; dan 10% (b/b). Sebagai kelompok adalah waktu analisa. Untuk membandingkan purata antar perlakuan digunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan sebesar 5%. Sedangkan untuk kadar air pada tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning dan nilai IC<sub>50</sub> pada serbuk biji labu kuning dianalisa secara deksriptif.

#### *Pembuatan Serbuk Biji Labu Kuning*

Biji labu yang sudah dicuci bersih, dimasukkan ke dalam *drying cabinet* pada suhu ± 50 °C selama 4-5 jam kemudian kulit biji labu dikupas. Biji labu yang sudah dikupas kulitnya, ditumbuk lalu dihaluskan dengan grinder. Serbuk biji labu dimasukkan ke dalam toples kedap udara sampai saat digunakan (3-7 hari).

#### *Pembuatan Tempe dengan Penambahan Serbuk Biji Labu Kuning (Hasan, 2012 Termodifikasi)*

Kedelai yang sudah disortir dari kotoran, ditimbang sebanyak 50 g lalu dicuci bersih. Selanjutnya direbus selama 30 menit kemudian dikuliti dan dicuci lagi hingga bersih. Setelah itu dilakukan perendaman kedelai selama semalam. Kedelai dicuci lagi hingga bersih dan tidak licin, lalu direbus lagi untuk kedua kalinya selama 90 menit, ditiriskan, dan dikering-anginkan. Kedelai ditambah dengan serbuk biji labu dengan berbagai prosentase yaitu 0 ; 2,5 ; 5 ; 7,5 ; dan 10% (b/b), kemudian diinokulasi dengan inokulum ragi tempe sebesar 4% (b/b). Selanjutnya kedelai dibungkus dengan daun pisang dan diinkubasi pada suhu 35 °C selama 36 jam.

#### *Preparasi Sampel*

Tempe yang sudah jadi ditumbuk dengan mortar hingga halus. Tempe yang sudah halus tersebut diekstraksi dengan pelarut terlebih dulu kemudian diuji aktivitas antioksidan dan diukur kadar fenolik totalnya.

#### *Uji Aktivitas Antioksidan Metode DPPH (Amarowicz dkk., 2000)*

Sebanyak 5 g sampel yang telah dihaluskan, dimaserasi dengan pelarut etanol. Tahap pertama dimasukkan 60 ml etanol lalu erlenmeyer ditutup dan dikocok dengan *shaker* selama semalam (20 jam) pada suhu kamar. Tahap kedua ditambahkan dengan pelarut yang sama sebanyak 20 ml dan dikocok dengan *shaker* selama 1 jam. Tahap ketiga ditambahkan dengan pelarut yang sama sebanyak 15 ml dan dikocok dengan *shaker* selama 30 menit. Setelah itu disaring ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan pelarut yang sama hingga batas tera lalu dihomogenisasi.

Diambil 1 ml filtrat dari ekstrak sampel kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan dengan 2 ml larutan DPPH 0,2 mM. Untuk kontrol digunakan pelarut etanol sebagai pengganti sampel. Setelah itu, didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm. Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam % penghambatan dan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Penghambat} = \frac{\text{Abs Kontrol} - \text{Abs Sampel}}{\text{Abs Kontrol}} \times 100\%$$

#### ***Penentuan Kadar Fenolik Total Metode Folin-Ciocalteu (Povilaityte dan Vensukotonis, 2000)***

##### ***Ekstraksi Sampel***

Sebanyak 5 g sampel yang telah dihaluskan, dimaserasi dengan pelarut aseton : air (7 : 3). Tahap pertama dimasukkan 60 ml aseton : air (7 : 3) lalu erlenmeyer ditutup dan dikocok dengan *shaker* selama semalam (20 jam) pada suhu kamar. Tahap kedua ditambahkan dengan pelarut yang sama sebanyak 20 ml dan dikocok dengan *shaker* selama 1 jam. Tahap ketiga ditambahkan dengan pelarut yang sama sebanyak 15 ml dan dikocok dengan *shaker* selama 30 menit. Setelah itu disaring ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan pelarut yang sama hingga batas tera lalu dihomogenisasi.

##### ***Pembuatan Kurva Standar***

Sebanyak 10 mg asam galat dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml kemudian digenapkan dengan aquades. Dibuat deret standar dengan berbagai konsentrasi. Selanjutnya, diambil masing-masing 1 ml, ditambahkan 2,5 ml larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7,5% dan 2 ml larutan Folin-Ciocalteu 10% lalu dihomogenisasi. Setelah itu, didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 765 nm.

##### ***Pengukuran pada Sampel***

Diambil 1 ml filtrat dari ekstrak sampel ditambahkan 2,5 ml larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7,5% dan 2 ml larutan Folin-Ciocalteu 10% lalu dihomogenisasi. Setelah itu, didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 765 nm.

#### ***Kadar Air (AOAC 1970, Rangana, 1979 dalam Sudarmadji dkk., 1984 Termodifikasi)***

Sampel berupa bahan yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 1-2 g dalam cawan petri yang telah diketahui beratnya. Kemudian keringkan dalam oven pada suhu 100-105 °C selama 3-5 jam tergantung bahannya lalu dinginkan dalam desikator selama 20 menit dan ditimbang. Setelah itu dipanaskan lagi dalam oven selama 1 jam, dinginkan dalam desikator selama 20 menit dan ditimbang (perlakuan ini diulangi sampai tercapai berat konstan dengan selisih penimbangan berturut-turut kurang dari sama dengan 0,2 mg). Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan.

#### ***Penentuan IC<sub>50</sub> pada Serbuk Biji Labu Kuning (Amarowicz dkk., 2000 Termodifikasi)***

5 g tepung biji labu dimaserasi dengan pelarut etanol sebanyak 9 ml dalam erlenmeyer. Erlenmeyer ditutup dan dikocok dengan *shaker* selama semalam (20 jam) pada suhu kamar. Kemudian ditambahkan pelarut yang sama sebanyak 1 ml lalu dikocok dengan *shaker* selama 1 jam. Setelah itu disaring ke dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan pelarut yang sama hingga batas tera lalu dihomogenisasi, sehingga diperoleh larutan induk dengan konsentrasi 0,5 g/ml.

Larutan induk ekstrak biji labu dengan konsentrasi 0,5 g/ml, dibuat beberapa perlakuan. Kemudian ditambahkan 2 ml larutan DPPH 0,2 mM, didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar, lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm. Untuk kontrol digunakan pelarut etanol sebagai pengganti sampel. Dibuat juga faktor koreksi yaitu 2 ml larutan DPPH diganti 2 ml etanol kemudian ditambahkan ke dalam masing-masing konsentrasi. Nilai IC<sub>50</sub> nya dihitung dengan cara mengukur % penghambatan larutan ekstrak pada beberapa konsentrasi, sehingga dapat dihitung konsentrasi ekstrak pada saat % penghambatan sebesar 50%.

### *Uji Organoleptik (Soekarto, 1985)*

Uji organoleptik dilakukan terhadap parameter kenampakan, aroma/bau, rasa, dan tekstur dari tempe yang telah digoreng, dengan 30 orang panelis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 skor, yaitu 1 = sangat tidak suka ; 2 = tidak suka, 3 = agak suka ; 4 = suka ; dan 5 = sangat suka.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH*

Purata hasil pengukuran aktivitas antioksidan pada tempe yang ditambahkan serbuk biji labu kuning dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran aktivitas antioksidan pada tempe dengan berbagai prosentase penambahan serbuk biji labu kuning

Aktivitas Antioksidan (%)					
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
<b>X</b>	87,33	88,52	89,38	90,44	91,21
<b>±</b>	±	±	±	±	±
<b>SE</b>	0,93	0,96	0,42	0,52	0,78
<b>W=1,137</b>	a	b	bc	c	cd

Keterangan: \*Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menandakan tidak ada perbedaan yang nyata. \*\* Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menandakan ada perbedaan yang nyata. Keterangan berlaku juga untuk Tabel 2, 6, 7, 8, dan 9.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa % penghambatan pada penambahan serbuk biji labu kuning dari 0 sampai 10% semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena peningkatan fenol pada tempe dan serbuk biji labu kuning dapat mempengaruhi peningkatan aktivitas antioksidan pada tempe. Menurut Susanto dkk. (1998 dalam Rosida dkk., 2012), kenaikan aktivitas antioksidan yang terjadi selama fermentasi tempe disebabkan karena saat proses perendaman biji kedelai senyawa *isoflavon glikosida* biji kedelai terhidrolisis berubah menjadi senyawa *isoflavon* bebas yang disebut *aglikon* oleh enzim *glukosidase*. Selama fermentasi mikroorganisme *Rhizopus oligosporus* juga menghasilkan enzim yang sama. Faktor lain yang menyebabkan meningkatnya aktivitas antioksidan pada tempe tersebut adalah senyawa fenolik yang terkandung dalam serbuk biji labu kuning yang bersifat antioksidan. Penelitian Primawati (2007) menyebutkan bahwa aktivitas antioksidan pada biji labu kuning sebesar 47,011%.

#### *Kadar Fenolik Total Metode Folin – Ciocalteu*

Purata kadar fenolik total hasil dari berbagai prosentase penambahan serbuk biji labu kuning pada tempe dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Data Fenolik Total pada Tempe dengan Berbagai Prosentase Penambahan Serbuk Biji Labu Kuning

Kadar Fenolik Total (mg asam galat/g sampel)					
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
<b>x</b>	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14
<b>±</b>	±	±	±	±	±
<b>SE</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>W=0,014</b>	a	ab	bc	bc	c

Dari Tabel 2 tampak bahwa kadar fenolik total juga mengalami peningkatan seiring penambahan serbuk biji labu kuning hingga 10% yaitu sebesar 0,14 ± 0,02 mg asam galat/g sampel. Meningkatnya kadar fenolik total disebabkan karena adanya kandungan fenolik yang terdapat pada biji labu, sehingga semakin banyak serbuk biji labu kuning yang ditambahkan maka semakin meningkat pula kadar fenolik total pada tempe. Meningkatnya kadar fenolik total pada penelitian ini seiring dengan meningkatnya aktivitas antioksidannya. Selain itu menurut Meindrawan (2012) bahwa kadar fenolik kedelai lokal varietas Grobogan sebesar 4,9835 ± 0,2206 mg/g.

### ***Kadar Air (%) Tempe dengan Penambahan Serbuk Biji Labu Kuning***

Purata kadar air (%) tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning 0% sampai 10% mengalami penurunan berkisar antara dari  $56,23 \pm 5,51\%$  hingga  $51,72 \pm 0,63\%$  yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data kadar air (b/b%) tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning

	<b>Kadar Air (b/b%)</b>				
	<b>0%</b>	<b>2,5%</b>	<b>5%</b>	<b>7,5%</b>	<b>10%</b>
<b>x</b>	56,23	54,28	53,78	53,07	51,72
<b>±</b>	±	±	±	±	±
<b>SE</b>	5,51	4,14	3,97	3,51	0,63

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa kadar air semakin menurun seiring dengan semakin tinggi prosentase penambahan serbuk biji labu kuning pada tempe. Hal ini terjadi kemungkinan karena Daya Ikat Air (DIA) oleh biji labu kuning rendah.

Daya Ikat Air (DIA) adalah kemampuan yang dimiliki protein untuk mengikat air tambahan selama aplikasi gaya-gaya, pemanasan, sentrifugasi, atau pun tekanan (Zayas, 1997 dalam Kartika 2009). Adapun grup asam amino hidrofilik yang masih berhubungan dengan DIA adalah amino, imino, sulfidril, karbonil, hidroksil, dan karboksil (Kartika, 2009). Konsentrasi protein dan efek panas merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap air. Daya serap air akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pada protein (NAS, 1981 dalam Kartika 2009). Hal ini dapat dilihat dari jumlah proteinnya. Menurut Cahyadi (2006) kedelai mengandung 41,5 g/100 g protein, sedangkan menurut Anonim (2001) biji labu mengandung 30,2 g/100 g protein. Dapat dilihat bahwa jumlah protein biji labu lebih rendah daripada kedelai (Tabel 4).

Tabel 4. Beberapa komposisi kimia pada kedelai dan biji labu

<b>Komposisi (100 g)</b>	<b>Kedelai<sup>a</sup> (g)</b>	<b>Biji Labu<sup>b</sup> (g)</b>
Lemak	22,88	-
Protein	41,81	30,23
Karbohidrat	13,90	-
Abu	5,69	-
Kalsium	0,27	-
Fosfor	0,60	1,23
Magnesium	-	0,59
Seng	-	0,0078

Sumber: <sup>a</sup>Mnembuka dan Eggum (1995) dalam Kartika (2009), <sup>b</sup>Anonim (2001)

Tabel di atas menunjukkan bahwa jumlah protein biji labu lebih rendah daripada biji kedelai. Semakin banyak biji labu yang ditambahkan maka konsentrasi protein biji labu akan mempengaruhi jumlah air yang terikat oleh protein yang semakin rendah sehingga kadar air akan semakin menurun pula. Syarat mutu tempe kedelai menurut Standar Nasional Indonesia 01-3144-2009 mengandung kadar air maksimal 65%. Nilai kadar air tempe pada penelitian ini telah sesuai dengan SNI yaitu berkisar antara  $56,23 \pm 5,51\%$  hingga  $51,72 \pm 0,63\%$ .

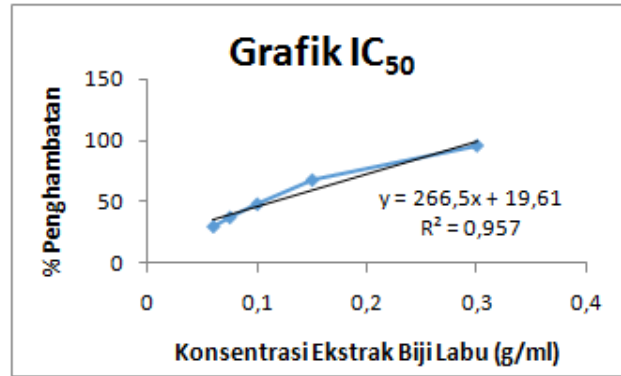
### ***Nilai IC<sub>50</sub> pada Serbuk Biji Labu Kuning***

Larutan induk dengan konsentrasi 0,5 g/ml dibuat beberapa seri konsentrasi serta diuji aktivitas antioksidannya hingga diperoleh absorbansi sampel dan faktor koreksi yang terukur serta % penghambatan yang didapatkan dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5. Sedangkan grafik IC<sub>50</sub> dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 5. % Penghambatan pada beberapa perlakuan

<b>Konsentrasi (g/ml)</b>	<b>% Penghambatan (%)</b>
0,3	96,16
0,15	68,08
0,1	48,49
0,075	37,71
0,06	30,25

Dari data pada Tabel 5 kemudian dibuat grafik IC<sub>50</sub> yang disajikan pada Gambar 1 sehingga diperoleh persamaan  $y = 266,5x + 19,61$  dengan  $R^2 = 0,957$ . Persamaan tersebut digunakan untuk perhitungan penentuan IC<sub>50</sub> serbuk biji labu kuning.



Gambar 1. Grafik IC<sub>50</sub> serbuk biji labu kuning

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$y = 266,5x + 19,61 \quad (2)$$

$$50 = 266,5x + 19,61$$

$$x = 0,1140 \text{ g/ml}$$

Jadi, nilai IC<sub>50</sub> pada serbuk biji labu kuning sebesar 0,1140 g/ml.

Jika dibandingkan dengan penelitian Cholisoh dan Utami (2008) yang menyatakan bahwa nilai IC<sub>50</sub> biji jengkol sebesar 159,46 mg/ml, maka nilai IC<sub>50</sub> serbuk biji labu kuning lebih rendah daripada biji jengkol. Namun jika dibandingkan dengan penelitian Tamat dkk., (2010) yang mengatakan bahwa nilai IC<sub>50</sub> biji anggur sebesar 1,96 µg/ml, maka nilai IC<sub>50</sub> serbuk biji labu kuning lebih tinggi daripada biji anggur.

#### *Organoleptik Tempe*

Uji organoleptik ini dilakukan pada tempe yang telah diberi sedikit bumbu (garam dan bawang putih) lalu digoreng. Kemudian diujikan terhadap 30 panelis dimana panelis tersebut adalah masyarakat awam. Skala hedonik ditentukan dengan skor sebagai berikut: 1 = sangat tidak suka ; 2 = tidak suka ; 3 = agak suka ; 4 = suka ; dan 5= sangat suka. Pada uji ini terdapat 5 sampel tempe dengan penambahan prosentase serbuk biji labu kuning yang berbeda-beda, yaitu sebesar 0% (kontrol) ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; dan 10%. Hasil analisa organoleptik tempe dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9.

#### *Kenampakan*

Data uji organoleptik dari segi kenampakan disajikan Tabel 6.

Tabel 6. Data uji organoleptik tempe dari segi kenampakan pada tempe dengan berbagai prosentase penambahan serbuk biji labu kuning

	Kenampakan				
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
<i>x</i>	3,03	3,10	3,07	3,13	3,07
±	±	±	±	±	±
SE	0,31	0,25	0,23	0,24	0,21
<b>W=0,470</b>	a	a	a	a	a

Hasil analisa organoleptik terhadap kenampakan tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning tidak memberi perbedaan yang nyata untuk semua perlakuan. Panelis memberi skor 3,03 untuk perlakuan 0% dan skor antara 3,07-3,13 untuk perlakuan lainnya. Kenampakan tempe untuk semua perlakuan hampir sama yaitu kecoklatan layaknya tempe kontrol (0%). Kenampakan yang terlihat kecoklatan ini terjadi karena bahan makanan yang mengandung protein yang melalui proses pengolahan dengan penggorengan akan mengalami reaksi Maillard. Winarno (1997) menyebutkan bahwa reaksi Maillard merupakan pencoklatan atau browning yang terjadi pada makanan karena pemanasan atau penyimpanan, hal ini terjadi akibat reaksi kimia antara gula reduksi dengan asam amino bebas atau gugus amino bebas bagian dari suatu rantai protein. Penambahan serbuk biji labu kuning tidak mempengaruhi kenampakan tempe maka biji labu dapat diaplikasikan pada tempe.

### Aroma

Data uji organoleptik dari segi aroma dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data uji organoleptik tempe dari segi aroma pada tempe dengan berbagai prosentase penambahan serbuk biji labu kuning

	Aroma				
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
<i>x</i>	2,57	3,40	3,50	3,27	3,40
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
SE	0,32	0,31	0,28	0,23	0,29
<b>W=0,641</b>	a	a	a	a	a

Hasil uji hedonik dari parameter aroma juga tidak memberi perbedaan yang nyata untuk semua perlakuan. Hal ini disebabkan karena aroma dari biji labu tidak terlalu kuat. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 7, dimana panelis memberi skor agak suka untuk tempe tanpa maupun dengan penambahan serbuk biji labu kuning.

### Rasa

Data uji organoleptik dari segi rasa dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Data uji organoleptik tempe dari segi rasa pada tempe dengan berbagai prosentase penambahan serbuk biji labu kuning

	Rasa				
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
<i>x</i>	2,80	2,90	3,17	3,33	3,43
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
SE	0,31	0,29	0,32	0,29	0,28
<b>W=0,608</b>	a	a	ab	ab	b

Semakin tinggi prosentase serbuk biji labu kuning yang ditambahkan, maka rasa tempe semakin disukai panelis. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 8, bahwa ada perbedaan yang nyata antar beberapa perlakuan. Namun, tempe dengan penambahan prosentase serbuk biji labu kuning sebesar 10% yang paling disukai panelis. Penilaian panelis yang menyukai tempe tersebut diduga karena semakin gurih rasa yang ditimbulkan oleh biji labu seiring meningkatnya penambahan biji labu tersebut.

Adanya kandungan protein dan lemak dapat memunculkan rasa gurih pada makanan atau produk (Sarofa dkk., 2012). Biji labu yang sudah dipecah dan dijadikan serbuk akan mengeluarkan minyak. Menurut Nyuk (2005) dan Karimone dan Kimura (1949) dalam Lily (1980) dalam Habib (2000), minyak dari biji labu kaya akan asam amino misalnya stearat, asam linoleat, palmitat, oleat, dan lain-lain. Hal ini mungkin yang dapat menimbulkan rasa gurih pada tempe tersebut.

### Tekstur

Untuk data uji organoleptik dari segi tekstur disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data uji organoleptik tempe dari segi tekstur pada tempe dengan berbagai prosentase penambahan serbuk biji labu kuning

	Tekstur				
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
<i>x</i>	3,07	2,80	2,77	3,30	3,03
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
SE	0,29	0,28	0,29	0,27	0,28
<b>W=0,504</b>	ab	ab	a	b	ab

Hasil analisa dari parameter tekstur dapat dilihat pada Tabel 9. Dari Tabel 9 terlihat bahwa ada perbedaan yang nyata antar beberapa perlakuan dan tekstur tempe yang dihasilkan memperoleh skor penerimaan berkisar antara  $2,77 \pm 0,29$  -  $3,30 \pm 0,27$ . Tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning sebesar 0; 2,5 ; dan 10% memperoleh penilaian yang sama yaitu agak suka. Tempe dengan penambahan serbuk biji labu kuning sebesar 7,5% menjadi tempe yang paling disukai.

Tempe dengan penambahan serbuk biji labu yang semakin banyak menghasilkan tekstur tempe yang semakin padat dan kompak (tingkat kelunakan berkurang) daripada tempe tanpa penambahan serbuk biji labu kuning. Hal ini diduga karena Daya Ikat Air (DIA) biji labu kuning lebih kecil daripada DIA kedelai. Oleh sebab itu, kadar air menjadi lebih rendah sehingga teksturnya akan semakin padat.

#### **Keseluruhan**

Hasil uji hedonik secara keseluruhan yang dapat mewakili parameter kenampakan, rasa, aroma, dan tekstur (terutama parameter rasa) menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji labu kuning 10% merupakan prosentase yang paling tepat untuk ditambahkan pada tempe.

#### **KESIMPULAN**

1. Nilai aktivitas antioksidan dan kadar fenolik total mengalami peningkatan seiring penambahan prosentase serbuk biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*) 0 – 10%, dengan nilai berturut-turut berkisar antara  $87,33 \pm 0,93$  -  $91,21 \pm 0,78\%$  dan  $0,11 \pm 0,02$  -  $0,14 \pm 0,02$  mg asam galat/g sampel. Untuk kadar air tempe mengalami penurunan seiring penambahan prosentase serbuk biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*) yang ditambahkan, dengan nilai berkisar antara  $56,23 \pm 5,51\%$  hingga  $51,72 \pm 0,63\%$ . Untuk nilai  $IC_{50}$  pada serbuk biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*) sebesar 0,1140 g/ml.
2. Berdasarkan uji organoleptik secara keseluruhan yang dapat mewakili parameter kenampakan, rasa, aroma, dan tekstur menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji labu kuning 10% merupakan prosentase yang ideal untuk ditambahkan pada tempe. Nilai  $IC_{50}$  pada serbuk biji labu kuning (*Cucurbita moschata ex Poir*) sebesar 0,1140 g/ml.

#### **PUSTAKA**

- Amarowicz, R., M. Naczki, dan F. Shahidi. 2000. *Antioxidant Activity of Crude Tannins of Canola dan Rapeseed Hulls*. JAOCS, Vol. 77 (9): 957-961.
- Anonim. 2001. *Pumpkin Seed. What's New and Beneficial About Pumpkin Seeds*. <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=82>. [2 Maret 2013]
- Cahyadi, W. 2006. *Kedelai Khasiat dan Teknologi*. Bumi Aksara, Bandung.
- Cholisoh, Z. dan W. Utami. 2008. *Aktivitas Penangkap Radikal Ekstrak Ethanol 70 % Biji Jengkol (Archidendron jiringa)*. PHARMACON, Vol. 9, No. 1, Juni 2008, 33-40.
- Habib, A. 2000. *Produksi Ookista Eimeria spp pada Ayam dengan Pemberian Larutan Biji Labu (Cucurbita moschata) Berbagai konsentrasi*. Fakultas Kedokteran Hewan IPB, Bogor.
- Hasan, G. E. 2012. *Pengaruh Penambahan Tepung Belut (Monopterus albus Z.) Terhadap Kualitas Tempe Kedelai Lokal Ditinjau Dari Kadar Protein dan Asam Lemak Tak Jenuh*. Fakultas Sains dan Matematika UKSW, Salatiga.
- Kartika, Y. D. 2009. *Karakterisasi Sifat Fungsional Konsentrat Protein Biji Kecapir (Psophocarpus tetragonolobus L.)*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Kunahyo I. dan Sunardi. 2007. *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi, L.) terhadap 1,1-Diphenyl-2-Picrylhidrazil (DPPH)*. Seminar Nasional Teknologi 2007, Yogyakarta 24 November 2007. ISSN : 1978 – 9777, E-2. Program Diploma Teknologi Farmasi Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi.
- Kusumastuti, K. dan F. Ayustaningwarno. 2013. *Pengaruh Penambahan Bekatul Beras Merah Terhadap Kandungan Gizi, Aktivitas Antioksidan dan Kesukaan Sosis Tempe*. Journal of Nutrition College, Vol. 2, No. 1, 2013.
- Meindrawan, B. 2012. *Aktivitas Antioksidan dan Kadar Tempe Satu Kali Perebusan dari Kedelai (Glycine max L Merr) Lokal var. Grobogan dan Impor*. Fakultas Sains dan Matematika UKSW, Salatiga.
- Nyuk, C. K. 2005. *Pembangunan Produk Coklat Bar dengan Biji Labu Panggang*. Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan Universitas Malaysia Sabah, Kinabalu.
- Povilaityte and Venskutonis. 2000. *Antioxidative Activity of Purple Peril (Perilla frutescens L.), Moldavian Dragonhead (Dracocephalum moldavica L.), and Roman Chamomile (Anthemis nobilis L.) Extracts in Rapeseed Oil*. Department of Food Technology, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, LT-3028.
- Primawati, R. 2007. *Aktivitas Antioksidan dan Kadar Fenolik Total Biji Semangka (Citrullus vulgaris schrad.) dan Biji Labu Kuning (Cucurbita moschata ex Poir)*. Fakultas Sains dan Matematika UKSW, Salatiga.
- Rosida, D.F., S.H. P, dan F. Costantia. 2012. *Kajian Peran Angkak pada Kualitas Tempe Kedelai-Lamtoro Gung (Leucaena leucocephala)*. REKAPANGAN - Jurnal Teknologi Pangan, Vol. 6, No. 1, 2012, 64-72.



- Sarofa, U., R. Yulistiani, dan Mardiyah. 2012. *Pemanfaatan Tepung Buah Lindur (Bruguiera gymnorrhiza) dalam Pembuatan Crackers dengan Penambahan Gluten*. REKAPANGAN - Jurnal Teknologi Pangan, Vol. 6, No. 1, 2012, 13-18.
- SNI. 2009. *Tempe Kedelai*. Badan Standarisasi Nasional SNI No. 01-3144-2009.
- Soekarto, S.T. 1985. *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Edisi Ketiga. Liberty, Yogyakarta.
- Tamat, S.R., L.B.S. Kardono, dan D. Agus. 2010. *Formulasi Tablet Hisap Ekstrak Teh Hijau (Camellia sinensis L. Kuntz) dengan Penambahan Vitamin C atau Ekstrak Biji Anggur (Vitis vinifera L.) dan Uji Aktivitas Antioksidannya*. Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia, 108-117.
- Winarno, F.G. 1997. *Pangan Gizi Teknologi dan Konsumen*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

## Biomarker Prognosis Radioterapi, dari AgNOR sampai Akt

**Iin Kurnia**

*Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta  
kurnia@batan.go.id*

Biomarker Prognosis Radioterapi, dari AgNOR sampai Akt. Radioterapi saat ini digunakan untuk pengobatan di sekitar 50% dari semua pasien kanker. Pemanfaatan radioterapi ini dilakukan pendekatan multidisiplin ilmu. Dengan kemajuan besar dalam teknik radioterapi, pengetahuan biologi atau genetika kanker penanganan kanker yang bersifat spesifik individu menjadi prioritas tinggi untuk lebih meningkatkan hasil pengobatan kanker. Hal ini juga bertujuan jangka panjang menyembuhkan kanker dan mengurangi toksisitas kronis pengobatan. Makalah ini memberikan gambaran tentang pentingnya prediktif biomarker untuk bidang radioterapi mulai dari AgNOR, MIB-1 dan p53 sebagai biomarker proliferasi, apoptosis sampai Akt sebagai biomarker resistensi pengobatan kanker khususnya pada radioterapi.

## Pendekatan Fuzzy Method sebagai Preliminary Segmentation pada Ekstraksi Venasi Daun

Pesigrihastamadya N<sup>1</sup> dan M. Rahmat Widiyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Biologi - LIPI

<sup>2</sup>Fakultas Ilmu Komputer - Universitas Indonesia

Email: pesi001@lipi.go.id

Identifikasi tumbuhan dapat dilakukan dengan mengamati gambar buah, bunga ataupun daunnya yang dapat dibandingkan dengan kunci identifikasinya. Hal ini termasuk kedalam bidang *pattern recognition* dan *computer vision*. Pengamatan untuk ketiganya membutuhkan waktu dan cukup sulit untuk dilakukan, sehingga percobaan ini akan mengambil daun sebagai fokus pengamatan. Ekstraksi venasi (*vein*) daun merupakan salah satu karakteristik kunci penting yang mempunyai informasi mengenai jenis tumbuhan. *Preliminary segmentation* berdasarkan histogram intensitas gambar daun dilakukan sebagai langkah awal untuk mendefinisikan *vein regions*. Nilai threshold (T) tertentu digunakan sebagai parameter batas pengambilan nilai-nilai piksel vein dalam region yang dihasilkan dari perbandingan histogram sebelumnya. *Fuzzy method* digunakan untuk mencari luasan daerah threshold (T) sehingga dapat mencakup venasi daun yang diinginkan. Pendekatan ini sebagai *preliminary segmentation* yang diharapkan dapat dijadikan sebagai *classifier* pembeda suatu jenis tumbuhan berdasarkan gambar daun.

Keyword: Keanekaragaman hayati, *Fuzzy*, *Classification*, Venasi daun, *Pattern Recognition*

### PENDAHULUAN

#### *Latar Belakang*

*Biodiversity* atau keanekaragaman hayati menjadi perhatian utama seluruh negara di dunia saat ini. UNESCO telah menetapkan bahwa tahun 2010 adalah tahun *biodiversity*. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki *biodiversity* terbesar di dunia. Hal inilah yang menuntun para peneliti untuk mengumpulkan berbagai informasi baik tentang keadaan *flora* ataupun *fauna*-nya.

Tingkat keanekaragaman *flora* dan *fauna* yang sangat bervariasi menuntut adanya pengelompokan berdasarkan takson grup yang lebih rinci. Hal ini dapat dilakukan dengan penggunaan kunci identifikasi (*identification key*). Identifikasi secara cepat dengan menggunakan kunci identifikasi menjadi kebutuhan primer bagi para peneliti di bidang biologi. Kebutuhan ini sangat penting terutama dalam mengekstrak informasi yang terkait dengan suatu spesimen yang ditemukan, sehingga dapat mempercepat proses penelitian.

Proses identifikasi untuk semua jenis tumbuhan akan membutuhkan waktu sangat lama dan tenaga ahli dalam jumlah cukup banyak. Tenaga ahli yang disebut juga sebagai taksonom berperan penting dalam proses identifikasi tersebut. Adanya keterbatasan jumlah taksonom inilah dapat menyebabkan jenis yang teridentifikasi pun sangat terbatas. Saat ini kemajuan teknologi berkembang sangat pesat dan hampir semua bidang ilmu pengetahuan dapat didukung dengannya. Teknologi yang dapat mempercepat dan mendukung proses kunci identifikasi sangat dibutuhkan oleh para taksonom.

Dalam percobaan ini, tumbuhan akan menjadi obyek penelitian dengan mengambil satu sample jenis spesimen pada suatu takson grup tertentu. Identifikasi dapat dilakukan dengan mengamati buah, bunga ataupun daun yang akan dibandingkan dengan kunci identifikasinya. Pengamatan untuk ketiganya membutuhkan waktu dan cukup sulit untuk dilakukan, sehingga percobaan ini akan mengambil daun sebagai fokus pengamatan.

Daun merupakan bagian dalam tumbuhan yang dapat diberikan perlakuan untuk dapat dijadikan parameter identifikasi suatu takson grup tertentu. Parameter tersebut dilakukan melalui *contour* daun yang meliputi bentuk dan rangka daun (*venation / vena*). Percobaan ini hanya mencoba mengekstrak venasi daun yang terdiri dari vena primer dan sekunder. Organisasi penulisan pada laporan ini terdiri dari bab 1 tentang pendahuluan, bab 2 menjelaskan landasan teori, bab 3 tentang percobaan, bab 4 berisi Kontribusi dan Pembahasan, bab 5 tentang Analisa dan Hasil Percobaan, dan bab 6 tentang Kesimpulan.

#### *Kemutakhiran Penelitian*

Metode komputasi pengenalan *contour* suatu benda dapat dipelajari dalam bidang *image processing* atau *image recognition*[6]. Saat ini, beberapa penelitian telah dilakukan dalam hal klasifikasi tumbuhan secara otomatis. Pada tahun 1989, Petry dan Kuhbauch adalah penelitian

pertama yang mengekstrak *morphological features* secara digital untuk mendapatkan model identifikasi[1]. Permasalahan pada saat ini menjadi kompleks karena dalam pengambilan gambar banyak dipengaruhi oleh latar (*background*) yang beraneka ragam, sehingga proses segmentasi lebih sulit.

Beberapa penelitian yang dilakukan hampir sama yaitu menggunakan *morphological features*, diantaranya *rectangularity*, *sphericity*, *eccentricity* dan lain-lain. Hong *et al.*, melakukan proses pengenalan daun secara otomatis dengan mengambil bentuk dan perbandingan panjang dan lebar daun[7]. Mereka menggunakan penggabungan teknik *centroid-contour distance (CCD) curve*, *binarization*, dan kalkulasi *apex* dan *base* dari daunnya. Zheru *et al.*, melakukan proses ekstraksi vena daun dengan memanfaatkan *Neural Network algorithms*[2-5]. Beberapa proses ekstraksi fitur yang dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya banyak memanfaatkan algoritma, yang diantaranya *discrete wavelate transform*[7], *gabor filter*[5], *statistical moments*[5] dan lain-lain.

### **Tujuan Percobaan**

1. Ekstraksi venasi primer dan sekunder pada gambar daun.
2. Implementasi metode fuzzy dan statistika pada ekstraksi venasi gambar daun sebagai *preliminary segmentation* untuk proses *classification*.

## **LANDASAN TEORI**

### **Fuzzy**

*Fuzzy Logic* adalah metodologi pemecahan masalah dengan beribu – ribu aplikasi dalam pengendali yang tersimpan dalam pemrosesan informasi. *Fuzzy logic* menyediakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar – samar, atau tidak tepat. *Fuzzy logic* menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat.

*Fuzzy logic* pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah, hitam atau putih, dan sebagainya. Penalaran fuzzy menyediakan cara untuk memahami kinerja dari system dengan cara menilai input dan output system dari hasil pengamatan.

### **Sejarah**

Konsep Fuzzy Logic diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh dari Universitas California di Berkeley pada 1965, dan dipresentasikan bukan sebagai suatu metodologi control, tetapi sebagai suatu cara pemrosesan data dengan memperkenankan penggunaan partial set membership dibanding crisp set membership atau non-membership. Pendekatan pada set teori ini tidak diaplikasikan pada system control sampai tahun 70an karena kemampuan computer yang tidak cukup pada saat itu. Profesor Zadeh berpikir bahwa orang tidak membutuhkan kepastian, masukan informasi numeric, dan belum mampu terhadap control adaptif yang tinggi.

Konsep fuzzy logic kemudian berhasil diaplikasikan dalam bidang control oleh E.H. Mamdani. Sejak saat itu aplikasi fuzzy berkembang kian pesat. Di tahun 1980an negara Jepang dan negara – negara di Eropa secara agresif membangun produk nyata sehubungan dengan konsep logika fuzzy yang diintegrasikan dalam produk – produk kebutuhan rumah tangga seperti vacuum cleaner, microwave oven dan kamera video. Sementara pengusaha di Amerika Serikat tidak secepat itu mencakup teknologi ini. Fuzzy logic berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir. Terdapat lebih dari dua ribu produk dipasaran yang menggunakan konsep fuzzy logic, mulai dari mesin cuci hingga kereta berkecepatan tinggi. Setiap aplikasi tentunya menyadari beberapa keuntungan dari fuzzy logic seperti performa, kesederhaan, biaya rendah dan produktifitasnya.

### **Alasan Penggunaan Fuzzy Logic**

Fuzzy logic menawarkan beberapa karakteristik unik yang menjadikannya suatu pilihan yang baik untuk banyak masalah kontrol. Karakteristik tersebut antara lain :

1. Sudah menjadi sifatnya yang kuat selama tidak membutuhkan ketepatan, input yang bebas derau, dan dapat diprogram untuk gagal dengan aman jika sensor arus balik dimatikan atau rusak. Control output adalah fungsi control halus meskipun jarak variasi input yang cukup besar.

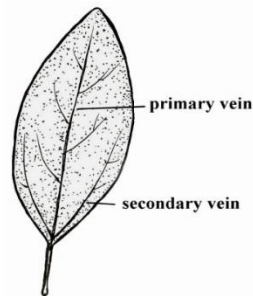
2. Selama fuzzy logic controller memproses aturan – aturan yang dibuat user yang memerintah system control target, ia dapat dimodifikasi dengan mudah untuk meningkatkan atau mengubah secara drastis performa system. Sensor yang baru dapat dengan mudah digabungkan kedalam system secara sederhana dengan menghasilkan aturan memerintah yang sesuai.
3. Fuzzy logic tidak terbatas pada sedikit masukan umpan-balik dan satu atau dua output control, tidak juga penting untuk menilai atau menghitung parameter rata - rata perubahan dengan tujuan agar dapat diimplementasikan. Sensor data yang menyediakan beberapa indikasi untuk aksi dan reaksi system sudah cukup. Hal ini memungkinkan sensor menjadi murah dan tidak tepat sehingga menghemat biaya system keseluruhan dan kompleksitas rendah.
4. Fuzzy Logic dapat mengontrol system nonlinier yang akan sulit atau tidak mungkin untuk dimodelkan secara matematis. Hal ini membuka pintu bagi system control yang secara normal dianggap tidak mungkin untuk otomatisasi.

Sedangkan karakteristik utama dari fuzzy logic yang ditemukan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh adalah sebagai berikut:

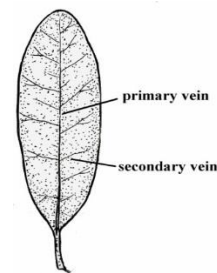
- Dalam fuzzy logic, penalaran tepat dipandang sebagai suatu kasus terbatas dari penalaran kira-kira.
- Dalam fuzzy logic segala sesuatunya adalah masalah derajat.
- System logis manapun dapat difuzzifikasi.
- Dalam fuzzy logic, pengetahuan diinterpretasikan sebagai koleksi dari fuzzy yang dipaksakan pada sekumpulan variable.
- Kesimpulan dipandang sebagai sebuah proses dari perkembangan pembatas elastic.

### PERCOBAAN

Percobaan dilakukan berdasarkan paper [2]. Percobaan yang dilakukan adalah memodifikasi algoritma pada tahap preliminary segmentation untuk menentukan threshold T. Gambar venasi daun terdapat pada gambar 1 dan 2. Data yang dipakai dalam percobaan diambil dari website <http://sourceforge.net/projects/flavia>.



Gambar 1. Vena daun Gambar



2. Variasi vena daun

Beberapa tahapan percobaan yang dilakukan penulis diuraikan sebagai berikut.

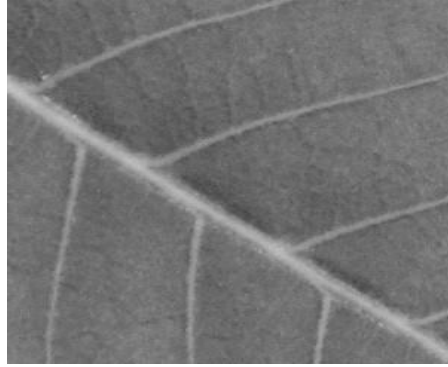
#### Tahap I

Gambar di simpan dalam format JPG, gambar 3. Pada tahap pre-prosesing gambar dicrop dan diconvert ke dalam bentuk grayscale. Proses crop dilakukan dengan melihat gambar terlebih dahulu secara kasat mata bentuk primary dan secondary venation. Gambar 4. merupakan gambar hasil proses crop dipastikan terlihat jelas kedua venasinya.



Gambar 3. Gambar daun secara keseluruhan Gambar 4. Gambar daun hasil crop





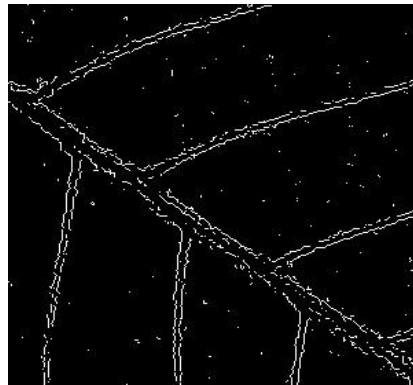
Gambar 5. Gambar grayscale

**Tahap II.**

Menghitung edge d1 pada gambar grayscale hasil crop I dengan menggunakan Sobel operator pada gambar 6. Secara umum dapat dituliskan persamaannya, sebagai berikut:

$$d1(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{if } I(i, j) \text{ is an edge pixel,} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$i, j \in \text{leaf region}$



Gambar 6. Hasil Sobel operator

**Tahap III**

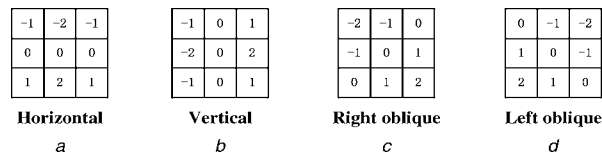
Pada tahap ini, gambar akan dihitung second-order derivative dengan menggunakan operator Laplacian dengan persamaan (2 – 3) sebagai matriks d2 untuk daerah diantara edge sebenarnya. Nilai positif second-order derivative menunjukkan bahwa piksel tersebut berada di daerah lebih terang dari edge sebenarnya (kita sebut dengan istilah brightness side), dan sebaliknya jika bernilai negatif mengindikasikan piksel berada pada daerah lebih gelap (darker side). Menjadi sebuah pertanyaan bagi kita bagaimana piksel – piksel diantara kedua daerah tersebut. Paper ini mengemukakan suatu metode dengan cara:

1. Mencari arah edge berdasarkan 4 arah yang dihasilkan oleh sobel kernel, kemudian cari yang maksimal, pada gambar 7.
2. Menghitung nilai piksel 3x3 tetangganya yang tegak lurus dengan piksel edge yang telah dihitung second-order derivative-nya. Dengan kata lain mengambil 3 piksel yang saling tegak lurus (vertikal/ horizontal/ diagonal).
3. Cari nilai median dari ketiga piksel tersebut dan delete piksel yang menjadi median untuk memastikan kedua piksel lainnya tetap di daerah brightness dan darker, kemudian ambil dua piksel yang tidak terhapus dan disimpan dalam matriks baru, ilustrasi pada gambar 8.

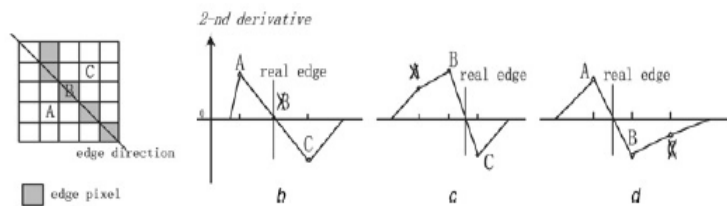
$$d2(i, j) = 8I(i, j) - \sum_{l=-1}^1 \sum_{m=-1}^1 I(i + l, j + m) \quad (2)$$

$$d(i, j) = 8I(i, j) - \sum_{l=-1}^1 \sum_{m=-1}^1 I(i + l, j + m) - I(i, j) \text{ persamaan (3)}$$

$$d(i, j) = \sum \sum I(i, j) - \left( \sum_{l=-1}^1 \sum_{m=-1}^1 I(i + l, j + m) - I(i, j) \right) - I(i, j) \text{ Persamaan (4)}$$



Gambar 7. Sobel kernel untuk 4 arah yang berbeda



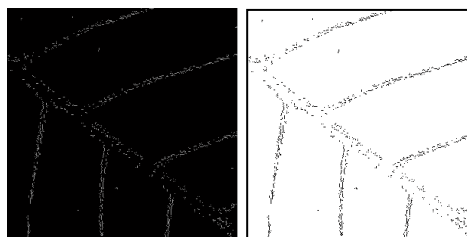
Gambar 8. Ilustrasi median filter

**Tahap IV**

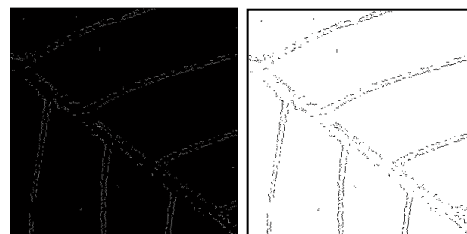
Ekstrak piksel pada masing – masing daerah brighter (gambar 9.) dan darker (gambar 10.) di kedua sisi edge, dengan rumus:

$$I1(i, j) = \begin{cases} I(i, j), & d2(i, j) > 0 \\ 0, & d2(i, j) \leq 0 \end{cases} \text{ Persamaan (5)}$$

$$I2(i, j) = \begin{cases} I(i, j), & d2(i, j) < 0 \\ 0, & d2(i, j) \geq 0 \end{cases} \text{ Persamaan (6)}$$



Gambar 9. Daerah sisi brighter dari real edge

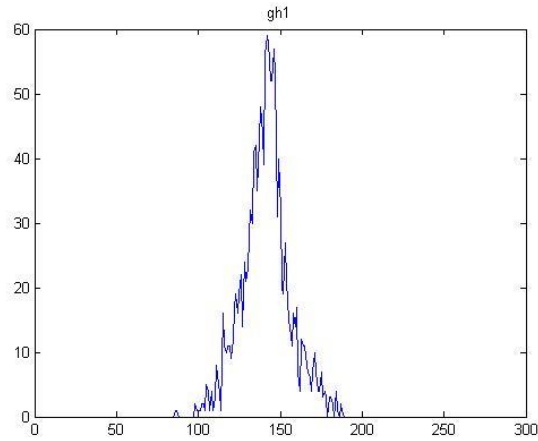


Gambar 10. Daerah sisi darker dari real edge

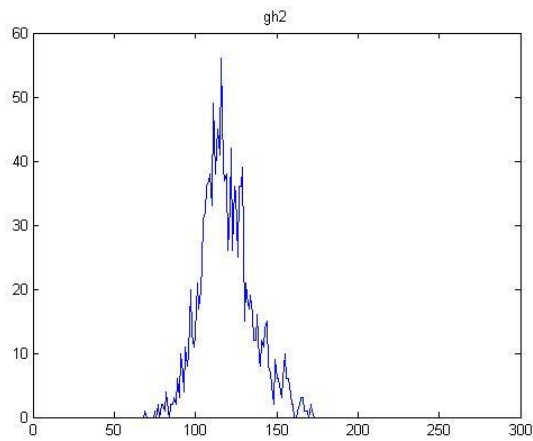
I1 diartikan sebagai piksel – piksel yang berada pada sisi brighter sedangkan I2 menunjukkan piksel – piksel yang berada di daerah darker. Jumlah piksel pada I1 dan I2 adalah sama, karena diambil dari persamaan d2 sebelumnya. Piksel – piksel inilah yang dapat memberikan informasi tentang edge.

**Tahap V**

Menghitung histogram dari  $h_1$  untuk  $I_1(i,j)$  pada gambar 11,  $h_2$  untuk  $I_2(i,j)$  pada gambar 12 dan  $h$  untuk  $I(i,j)$ . Histogram dihitung dari jumlah frekuensi kemunculan warna setiap piksel pada matriks  $I(i,j)$ .



Gambar 11. Histogram  $I_1(i,j)$  as Brighter



Gambar 12. Histogram  $I_2(i,j)$  as Darker

Berdasarkan [2] akan dicari nilai:

$$RWH = \frac{\langle h_1, h \rangle}{\langle h_2, h \rangle} \text{ persamaan (7)}$$

dimana  $\langle, \rangle$  dinotasikan sebagai inner product.

$\langle h_1, h \rangle$  adalah *weighted sum* untuk histogram  $h$  terhadap  $h_1$  sebagai bobot dan  $\langle h_2, h \rangle$  adalah *weighted sum* untuk histogram  $h_2$  terhadap  $h$  sebagai bobot. RWH adalah rasio dua *weighted histogram*. Dikarenakan dipilih kedua piksel diantara edge, maka jumlah piksel  $I_1(i,j)$  dan  $I_2(i,j)$  adalah *aproximate* sama. Kita ketahui bahwa background piksel lebih banyak dibanding vena piksel, oleh karena itu kita akan mencari korelasi antara  $h_1$  dan  $h$  yang dapat dipastikan akan berbeda dengan korelasi  $h_2$  dan  $h$ . Jika  $RWH > 1$ , artinya kebanyakan piksel background adalah brighter, dengan kata lain piksel venanya lebih gelap, sehingga piksel – piksel yang berada di daerah  $h_2$  kemungkinan besar adalah vena. Sebaliknya  $RWH < 1$ , dapat diartikan piksel vena akan lebih terang dibanding piksel background-nya, sehingga kemungkinan besar piksel pada daerah  $h_1$  adalah vena.



### Tahap VI

Pada tahap ini akan dilakukan seleksi piksel dengan memilih nilai *threshold* T tertentu. Nilai *threshold* ditentukan oleh perhitungan nilai RWH. Jika  $RWH > 1$ , maka akan diambil piksel-piksel pada  $I(i,j)$  yang kurang dari T, dimana dapat dipastikan bahwa nilai T yang diambil mencakup B% (sampai 100%) daerah  $h_2$  yang terpilih. Jika sebaliknya  $RWH < 1$ , akan diambil piksel – piksel pada  $I(i,j)$  yang lebih besar dari T, dan dipastikan mencakup B% daerah  $h_1$  yang terpilih.

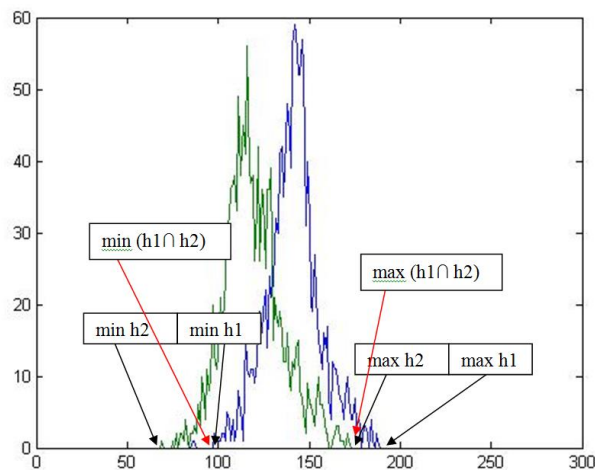
### KONTRIBUSI DAN PEMBAHASAN

Inovasi yang dilakukan adalah pendekatan metode fuzzy pada penentuan nilai *threshold* T, dimana korelasi histogram  $h_1$ ,  $h_2$  dan  $h$  menjadi landasan dalam membuat *fuzzy inference system* (FIS). Derajat keanggotaan korelasi menjadi rendah, sedang dan tinggi yang merupakan nilai input membership. Sedangkan membership output dibagi menjadi small, medium dan large yang diadopsi dari proses tahap VI.

FIS yang dibangun memakai mamdani *membership function* yang akan menghasilkan nilai diantara range [0,1]. Ilustrasi terdapat pada gambar 15 – 20 yang telah dikembangkan pada percobaan ini. Nilai yang dihasilkan FIS tersebut (OF) akan menjadi input dalam perhitungan penentuan luas daerah pada irisan kedua histogram  $h_1$  dan  $h_2$  pada persamaan (8), berikut.

$$p = \{\max(h_1 \cap h_2) - \min(h_1 \cap h_2)\} * OF, \text{ persamaan (8)}$$

p adalah luas daerah irisan  $h_1$  dan  $h_2$ , sedangkan OF adalah nilai output FIS. Sebagai ilustrasi symbol terlihat pada gambar 13.



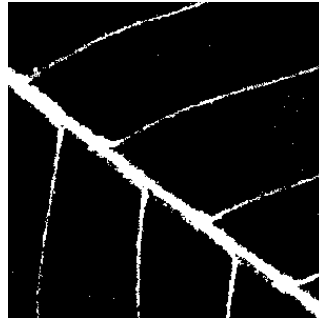
Gambar 13. Histogram irisan  $h_1$  dan  $h_2$

Apabila nilai  $OF > 0.5$ , maka  $T = \min(h_1 \cap h_2) + p$ , dan piksel – piksel yang diambil dari  $I(i,j)$  adalah yang kurang dari T. Sedangkan jika nilai  $OF < 0.5$ , maka  $T = \max(h_1 \cap h_2) - p$ , dan piksel – piksel yang diambil dari  $I(i,j)$  adalah yang lebih besar dari T.

### ANALISA DAN HASIL PERCOBAAN

Hasil pada percobaan ini dapat dilihat dari tabel berikut ini dan gambar 14.

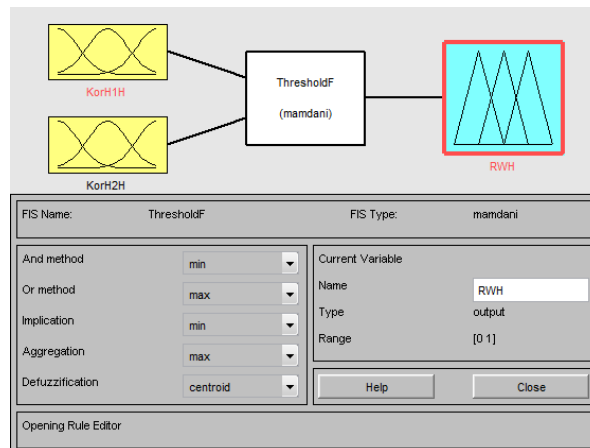
Variabel	Value
$\min(h_1 \cap h_2)$	86
$\max(h_1 \cap h_2)$	172
OF	0.3777
Threshold T	139



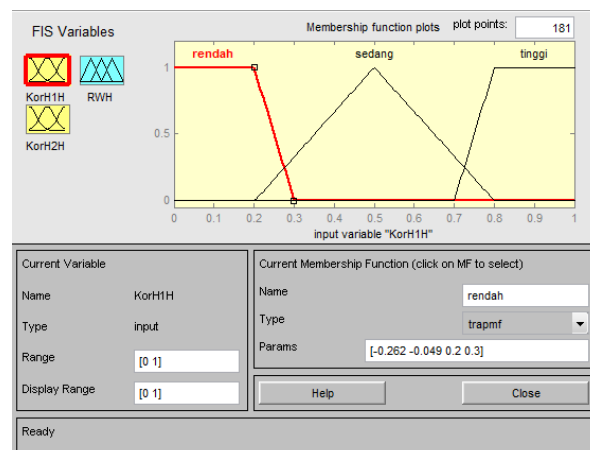
Gambar 14 . Hasil akhir dengan  $I(i,j) < 139$

Beberapa hal yang menjadi kendala dalam percobaan ini, yaitu:

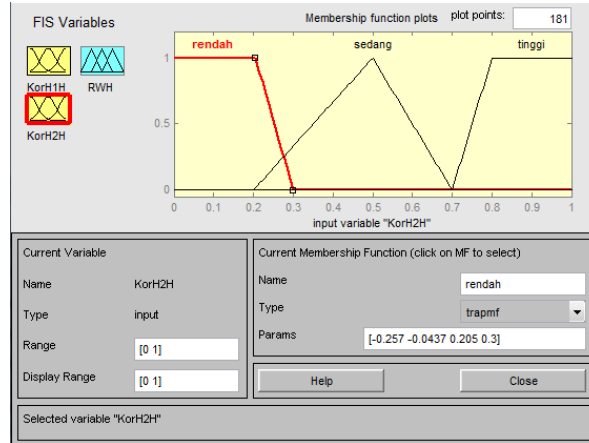
1. Penentuan irisan nilai keanggotaan FIS baik pada variable input ataupun output menjadi masalah dalam percobaan ini. Penentuan nilai tersebut dilakukan dengan menguji secara *trial* dan *error*, sehingga bias dalam menentukan *threshold* menjadi besar.
2. Penulis berusaha mencoba menjadi *expert* dalam permasalahan venasi daun.
3. Penentuan nilai  $p$  pada daerah irisan kedua histogram relative terhadap nilai output dari FIS yang dibangun.



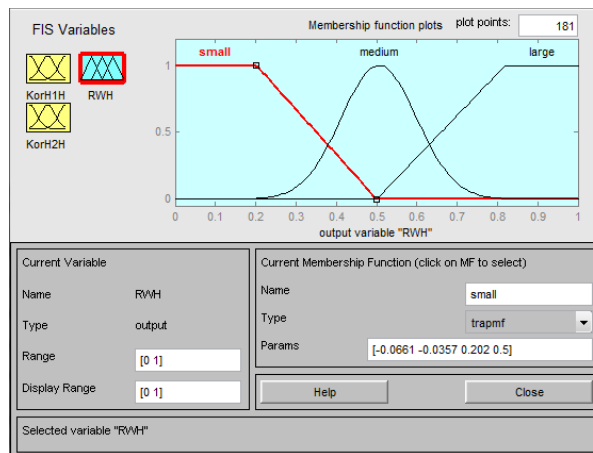
Gambar 15. Arsitektur FIS



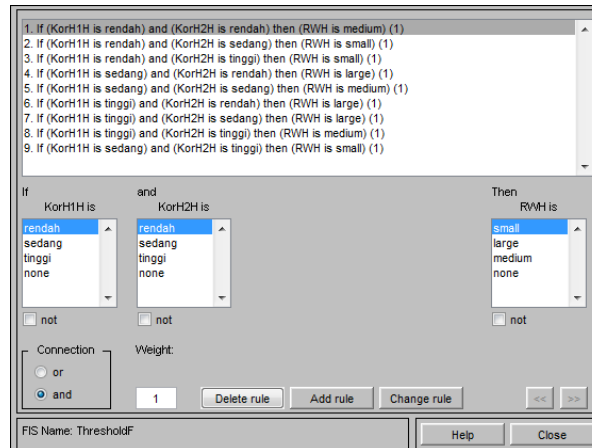
Gambar 16. Derajat Keanggotaan inner product h1 dan h



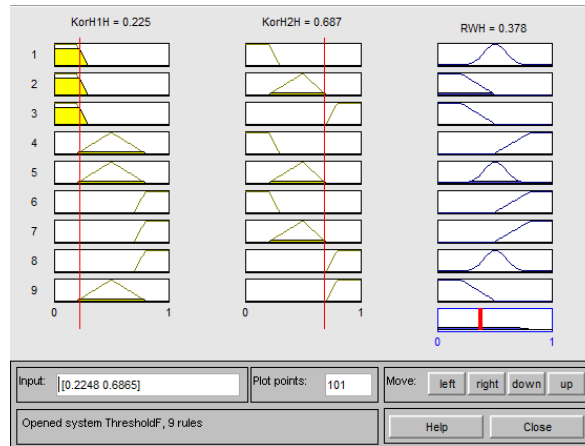
Gambar 17. Derajat Keanggotaan inner product h2 dan h



Gambar 18. Derajat Keanggotaan RWH



Gambar 19. Rule based FIS



Gambar 20. Test rule

### KESIMPULAN

Permasalahan *pattern recognition* sering kita temukan pada kehidupan sehari-hari, salah satu diantaranya *identification key* pada tumbuhan. Tumbuhan memiliki karakter ciri pembeda antar spesiesnya, baik terdapat pada daun, lintang batang ataupun pada bagian molekulernya. Karakteristik venasi daun sebagai fitur pembeda species menjadi perhatian dalam melakukan penelitian pada *image recognition*. Pada percobaan ini mencoba mengekstrak bagian venasi daun (*leaf vein*) yang terdiri dari bagian primer dan sekunder. Tahapan proses percobaan, mengacu kepada paper referensi [2] dan kontribusi yang diterapkan adalah memodifikasi metode penentuan threshold T pada tahap preliminary segmentation. Hasil pun telah didapatkan dengan nilai *threshold T* = 139 yang mampu mengekstrak gambar *grayscale* seperti terlihat pada gambar (14).

### DAFTAR PUSTAKA

- David Knight, James Painter, Matthew Potter, "Automatic Plant Leaf Classification for a Mobile Field Guide (An Android Application)", Department of Electrical Engineering Stanford, California.
- H. Fu and Z. Chi, 2006, "Combined thresholding and neural network approach for vein pattern extraction from leaf images", IEE Proc.-Vis. Image Signal Process., Vol. 153, No. 6.
- H. Fu and Z. Chi, 2003, "A TWO-STAGE APPROACH FOR LEAF VEIN EXTRACTION", IEEE Int. Conf. Neural Networks 8. Signal Processing, Nanjing, China.
- L. Gao, X. Lin, M. Zhong, J. Zeng, 2010, "A Neural Network Classifier Based on Prior Evolution and Iterative Approximation Used for Leaf Recognition", IEEE Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC 2010).
- L. Zhang, J. Kong, X. Zeng, J. Ren, 2008, "Plant Species Identification Based on Neural Network", IEEE Fourth International Conference on Natural Computation.
- R. C. Gonzalez and R. E. Woods, 2010, "Digital Image Processing third edition", Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- Y. Ye, C. Chen, C. Li, H. Fu, and Z. Chi, 2004, "A Computerized Plant Species Recognition System", Proceedings of 2004 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, IEEE.
- A. Murni, 2010, slide perkuliahan pengenalan citra, Universitas Indonesia.
- M. Rahmat W, 2011, slide perkuliahan T.D JST, Universitas Indonesia.
- www.wikipedia.org

## Amplifikasi Gen CHD untuk Identifikasi Jenis Kelamin Burung Famili Columbidae

**Any Aryani<sup>1)</sup>, Winas Mizzarina, Ratu Vanny Septiani, Diah Kusumawaty<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>*Program Studi Biologi, Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung*  
*Email: any\_aryani@yahoo.com*

Beberapa jenis burung anggota Familia Columbidae memiliki nilai ekonomi yang tinggi, karena dapat menghasilkan alunan suara yang merdu dan enak didengar. Selain itu, burung-burung tersebut memiliki sosok tubuh yang cantik, sederhana tetapi tampak anggun, sehingga berada di jajaran burung-burung berkicau kelas lomba lainnya. Namun sangat disayangkan, karena termasuk dalam jenis burung mornomorfik, maka identifikasi jenis kelamin pada anggota kelompok burung Columbidae seringkali menjadi hambatan, terutama dalam usaha penangkaran dan juga perkembangbiakan. Tanpa pengetahuan atau ketrampilan yang khusus, untuk membedakan jenis kelamin burung-burung ini sangat sulit dilakukan, sekalipun telah memasuki usia dewasa (pubertas). Akibatnya, untuk mendapatkan keturunan atau anakan burung yang memiliki karakteristik suara berkualitas juara lomba tidaklah mudah. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik khusus untuk menentukan jenis kelamin pada kelompok burung ini. Salah satu teknik yang digunakan, yaitu *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dengan primer spesifik jenis kelamin (*primer sexing*): P2 dan P8. Pasangan primer tersebut akan mengamplifikasi gen *Chromo Helicase DNA Binding* (CHD) yang terdapat pada kromosom Z dan kromosom W. Sampel burung yang digunakan terdiri dari: *Columba livia* (merpati), *Geopelia striata* (perkutut), *Streptopelia bitorquata* (puter) dan *Streptopelia chinensis* (tekukur). Berdasarkan hasil PCR, 23 dari 24 sampel DNA berhasil diamplifikasi dengan baik. Jenis kelamin betina ditandai dengan munculnya dua larik DNA, sedangkan pada jenis kelamin jantan hanya ditandai dengan satu larik DNA. Ukuran larik DNA hasil amplifikasi pada burung merpati dan puter yaitu 350 pb dan 380 pb; sedangkan pada burung perkutut dan tekukur yaitu 330 pb dan 370 pb. Hasil ini menunjukkan bahwa primer P2 dan P8 dapat membedakan jenis kelamin pada burung-burung Familia Columbidae.

Kata kunci: Columbidae, primer sexing, gen CHD.

## Pengaruh Konsentrasi Inokulum Terhadap Kualitas Tempe Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) var. Grobogan

Lusiawati Dewi, Susanti Puji Hastuti, Reni Kumalasari

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika  
Universitas Kristen Satya Wacana, Diponegoro 52-60, Salatiga 50711  
Email : luisantoso@yahoo.com

Penelitian tentang pengaruh pemberian berbagai konsentrasi inokulum ragi tempe pada proses pembuatan tempe dengan bahan kedelai lokal varietas Grobogan bertujuan: karakterisasi fisikawi dan kimiawi tempe, serta untuk menentukan konsentrasi inokulum ragi tempe yang optimum ditinjau dari sifat fisikawi dan kimiawi tempe. Kadar air tempe diukur menggunakan metode penguapan, kadar protein tempe diukur dengan menggunakan metode Kjeldahl, dan kadar mineral, lemak dan serat kasar dengan menggunakan metode gravimetri. Konsentrasi inokulum ragi tempe (LIPI) yang digunakan adalah 0,1% (w/w), 0,15% w/w, 0,2% w/w, 0,25% w/w, dan 0,3% w/w. Data dianalisis dengan menggunakan perbandingan dengan standar kualitas tempe SNI 3144:2009. Karakter kimiawi yang terbaik seperti kadar mineral, protein dan lemak diperoleh pada tempe yang diinokulasi dengan 0,1% inokulum, sedangkan kadar serat kasar diperoleh pada tempe dengan konsentrasi inokulum sebesar 0,3%, dan kadar air tertinggi diperoleh pada tempe dengan inokulum 0,2%. Tempe yang terbaik dilihat dari karakter kimiawi serta fisikawinya terdapat pada tempe dengan inokulum 0,15%.

Kata Kunci: tempe, kedelai Grobogan, inokulum tempe LIPI

### PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) merupakan sumber protein nabati, protein yang terdapat pada kedelai yaitu sebesar 35 %, bahkan pada varietas unggul memiliki kadar protein yang tinggi sekitar 40 – 43 % (Margono, 2000).

Varietas unggul kedelai lokal seperti kedelai lokal varietas Grobogan memiliki keunggulan yaitu bobot biji yang besar (18 g/ 100 biji), kadar protein lebih tinggi dibanding dengan kedelai impor maupun varietas Wilis yang sudah lama dibudidayakan petani, serta pengolahannya menjadi tempe memiliki kandungan gizi yang lebih tinggi dibanding dengan kedelai impor (Anonim<sup>1</sup>, 2011; Widyanti, 2011).

Tempe adalah produk olahan kedelai hasil fermentasi kapang *Rhizopus* sp. (Rusmin dan Ko, 1974). Kandungan protein yang terdapat dalam tempe lebih tinggi dibandingkan dengan produk olahan kedelai yang lain. Hermana (1985) dalam Ginting (2010) menyebutkan bahwa kandungan protein pada tempe adalah sebesar 18,3 %, sedangkan kandungan protein pada tauco 10,4 %, tahu 7,9 %, kecap 5,5 %, dan susu kedelai 2,8 %. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa zat gizi tempe seperti protein dan karbohidrat, lebih mudah dicerna, diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh. Hal ini dikarenakan kapang *Rhizopus* sp. yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh manusia (Kasmidjo, 1990).

Dalam proses pembuatan tempe terdapat tiga tahap utama yaitu perendaman, perebusan, dan fermentasi. Pada proses fermentasi dibutuhkan inokulum tempe yang biasa disebut dengan ragi tempe atau usar. Inokulum tempe atau ragi tempe adalah bahan yang digunakan sebagai agensia untuk mengubah kedelai menjadi tempe yang mengandung kapang *Rhizopus* sp. Istilah usar mengacu pada inokulum tempe yang dibuat secara tradisional dengan menggunakan daun waru (*Hibiscus* sp.) atau daun jati (*Tectona grandis*). Kapang tempe akan menempel pada permukaan bagian bawah daun jati atau daun waru setelah beberapa hari dan dapat digunakan setelah dikeringkan terlebih dahulu (Anonim<sup>2</sup>, 2011). Masyarakat juga mengenal jenis inokulum yang lain yaitu inokulum buatan LIPI (Sukardi dkk., 2008). Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, kini para pengrajin tempe banyak menggunakan inokulum buatan LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) sebagai pengganti usar. Pemakaian inokulum buatan LIPI sangat mudah untuk dilakukan dibanding dengan usar. Selain itu, tempe yang dihasilkan dengan memakai inokulum buatan LIPI lebih stabil karena lebih sedikit mengandung bakteri kontaminan. Meskipun demikian, takaran penggunaan inokulum bubuk oleh pengrajin tempe berbeda-beda sehingga dimungkinkan tempe yang dihasilkan memiliki kandungan gizi yang berbeda pula.

Modifikasi dalam pembuatan tempe dengan mempergunakan beberapa konsentrasi inokulum ditinjau dari karakteristik fisik maupun kimia sejauh ini belum banyak dilakukan. Oleh sebab itu, harapan dari penelitian ini adalah menghasilkan tempe dari kedelai lokal (Grobogan)

yang memiliki penampilan baru disamping itu juga kaya akan kandungan gizi serta dapat berperan dalam peningkatan kualitas tempe dan dapat diterima oleh masyarakat.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh data karakter fisik (bau, warna, rasa, kepadatan) dan kimiawi (kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar) tempe kedelai lokal (Grobogan) antar berbagai konsentrasi inokulum LIPI.
2. Menentukan konsentrasi inokulum terbaik dari tempe kedelai lokal (Grobogan) ditinjau dari karakteristik fisik (bau, warna, rasa, kepadatan) dan kimiawi (kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar).

## BAHAN DAN METODA

### *Bahan*

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempe dari kedelai lokal (Grobogan) yang telah difermentasi dengan inokulum bubuk buatan LIPI (merk Raprima).

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH (PA, E-Merck, Germany), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (PA, E-Merck, Germany), Alkohol (derajat teknis), dietil eter (derajat teknis), dan akuades.

### *Piranti*

Piranti yang digunakan adalah cawan petri, cawan porselin, oven, *furnace* (Vulcan A-550), neraca analitik Acis AD 300, neraca mettler H-80, kertas saring, *kolf*, *waterbath*, kondensor, alat destilasi, soxhlet, corong *Buchner*, dan piranti gelas.

### *Pembuatan Tempe (Santoso, 1993)*

Sebanyak 100 g kedelai lokal (Grobogan) disortir, dicuci dengan air bersih kemudian direbus selama 30 menit. Setelah direbus, kedelai rebusan dibiarkan terendam semalam hingga menghasilkan kondisi asam. Selanjutnya, dilakukan pengupasan kulit ari dan sekali lagi kedelai dicuci. Setelah itu, dilakukan perebusan yang kedua selama 60 menit kemudian kedelai ditiriskan dan didinginkan. Kedelai kemudian diinokulasi dengan inokulum LIPI (merk Raprima) (0,1 g; 0,15 g; 0,2 g; 0,25 g; 0,3 g) dan dibungkus dengan plastik. Diinkubasi pada suhu ruang selama 2 hari (48 jam).

### *Analisis Karakter Fisik Tempe*

Analisis karakter fisik tempe dilakukan pada jam ke-48 (fermentasi) meliputi warna, bau, rasa dan kepadatan tempe.

### *Preparasi Sampel*

Tempe kedelai lokal (Grobogan) yang sudah jadi dihaluskan dengan mortar, selanjutnya tempe yang telah halus tersebut digunakan menjadi sampel yang akan diuji kandungan gizinya.

### *Pengukuran Kadar Air (SNI, 2009)*

Sebanyak 2 gram sampel ditimbang ke dalam cawan petri yang sudah diketahui bobotnya, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu  $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Setelah itu, didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai bobot tetap.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W<sub>0</sub> = massa cawan petri kosong dan tutupnya (g)

W<sub>1</sub> = massa cawan petri kosong, tutup dan sampel sebelum dioven (g)

W<sub>2</sub> = massa cawan petri kosong, tutup dan sampel setelah dioven (g)

### *Pengukuran Kadar Abu (SNI, 2009)*

Sebanyak 2 gram sampel ditimbang ke dalam cawan porselin yang telah kering dan sudah diketahui bobotnya, kemudian dipijarkan dalam tanur pada suhu 800<sup>o</sup>C sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan. Cawan dan abu dimasukkan kedalam desikator dan ditimbang setelah dingin.

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

$W_0$  = massa cawan kosong (g)

$W_1$  = massa cawan dan sampel sebelum diabukan (g)

$W_2$  = massa cawan dan sampel setelah diabukan (g)

#### ***Pengukuran Kadar Protein N-Total***

Kadar protein diukur dengan menggunakan metode Kjeldahl, dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Alat destruksi : DK 20 VELP

Alat destilasi : UDK VELP 142

#### ***Pengukuran Kadar Lemak Metoda Gravimetri (Sudarmadji dkk., 1997)***

Sebanyak 4 gram sampel diekstrak menggunakan soxhlet dengan 150 ml pelarut dietil eter dengan suhu 50 - 60°C selama 3 - 4 jam. Sisa pelarut diuapkan dengan alat destilasi. Selisih labu yang berisi lemak dan labu kosong, ditimbang dan bobotnya dihitung sebagai % kadar lemak tempe.

$$\text{Kadar Lemak (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

W = massa sampel (g)

$W_0$  = massa labu kosong (g)

$W_1$  = massa labu kosong dan lemak (g)

#### ***Pengukuran Kadar Serat Kasar (SNI, 2009)***

Sebanyak 2 gram sampel yang telah bebas dari lemak dimasukkan ke dalam erlenmeyer 750 ml. Kemudian ditambahkan 100 ml  $H_2SO_4$  1,25%, dan dididihkan selama 30 menit dengan menggunakan pendingin tegak. Setelah itu, ditambahkan lagi 200 ml NaOH 3,25% dan dididihkan lagi selama 30 menit. Dalam keadaan panas disaring kedalam corong *Buchner* berisi kertas saring yang telah diketahui bobotnya (lebih dahulu dikeringkan pada 105 °C selama 30 menit). Dicuci berturut-turut dengan air panas,  $H_2SO_4$  1,25%, air panas dan alkohol 96%. Kertas saring dengan isinya diangkat dan dimasukkan ke dalam cawan pijar yang telah diketahui bobotnya, lalu dikeringkan pada 105 °C selama 1 jam hingga bobot tetap. Setelah itu cawan seisinya diabukan dan dipijarkan, lalu ditimbang sampai bobot tetap.

$$\text{Kadar serat kasar} = \frac{A - B - C}{m \text{ sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

A = massa cawan + kertas saring + residu (g)

B = massa cawan + abu (g)

C = massa kertas saring (g)

#### ***Analisis Data (Steel dan Torie, 1989)***

Data (kadar air, abu, protein, lemak, dan serat kasar) yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Sebagai perlakuan adalah banyaknya penambahan inokulum bubuk buatan LIPI pada kedelai lokal (Grobogan) siap fermentasi yaitu 0,1% b/b (0,1 g inokulum/ 100 g kedelai), 0,15% b/b, 0,2% b/b, 0,25% b/b, dan 0,30% b/b, sedangkan sebagai kelompok adalah waktu analisis. Untuk membandingkan antar purata digunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5%.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakter Fisik dan Kimia Tempe**

#### ***Karakter Fisik***

Bau dinyatakan normal jika tidak tercium bau asing. Warna normal adalah putih atau keabu-abuan yang dihasilkan dari proses fermentasi tempe. Rasa yang normal dinyatakan bila tidak terasa rasa asing (SNI, 2009). Tekstur tempe yang padat jika biji kedelai semuanya terselimuti oleh hifa *Rhizopus* sp.

Tabel 1. Karakter Fisik Tempe Dari Kedelai Lokal Antar Berbagai Konsentrasi Inokulum



Kenampakan	Konsentrasi Inokulum (b/b)					SNI*
	0,1 %	0,15 %	0,2 %	0,25 %	0,3 %	
Bau	Normal, khas	Normal, khas	Normal, khas	Normal, khas	Normal, khas	Normal, khas
Warna	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Rasa	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Kepadatan	Kurang padat dan kompak	Padat, kompak	Padat, kompak	Padat, kompak	Padat, kompak	-

\*Sumber: SNI 3144, 2009

Berdasarkan Tabel 1, secara umum karakter fisik tempe (meliputi bau, warna dan rasa) dengan berbagai konsentrasi inokulum sesuai dengan kriteria SNI 3144:2009. Warna putih pada tempe disebabkan adanya miselia jamur yang tumbuh pada permukaan biji kedelai. Bau langu pada kedelai yang diakibatkan oleh aktivitas enzim lipoksigenase dalam hal ini juga dapat hilang karena pada proses fermentasi tempe. Selain itu terjadi proses degradasi komponen-komponen dalam kedelai sehingga menyebabkan terbentuknya bau yang khas/ spesifik setelah fermentasi. Aroma tempe yang khas terutama ditentukan oleh pertumbuhan kapang dan pemecahan komponen-komponen dalam kedelai menjadi senyawa yang lebih sederhana yang bersifat volatil seperti amonia, aldehid, dan keton (Kasmidjo,1990; Shurtleff dan Aoyagi, 1979).

Namun, bila dilihat dari aspek kepadatan tempe, penambahan inokulum dengan konsentrasi kecil (0,1%) menghasilkan tempe yang kurang padat dan kompak. Tekstur yang kurang kompak tersebut disebabkan kurangnya miselia kapang yang menghubungkan antar kedelai. Pada penambahan konsentrasi inokulum 0,15%-0,3% terlihat bahwa miselia yang terbentuk secara visual meningkat sehingga dapat mempengaruhi tekstur atau kepadatan tempe.

Karakter fisik tempe dengan berbagai konsentrasi inokulum sesuai dengan kriteria SNI 3144:2009 yaitu memiliki bau normal (khas tempe), warna normal (putih), serta rasa yang normal (rasa khas tempe dan tidak terasa rasa asing).

#### **Karakter Kimia**

Karakter kimia tempe yang meliputi kadar air, abu, protein, lemak dan serat kasar pada tempe kedelai varietas Grobogan dengan penambahan berbagai konsentrasi inokulum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Purata Kadar Air, Abu, Protein, Lemak dan Serat Kasar Tempe Berbagai Konsentrasi Inokulum dan SNI 3144:2009

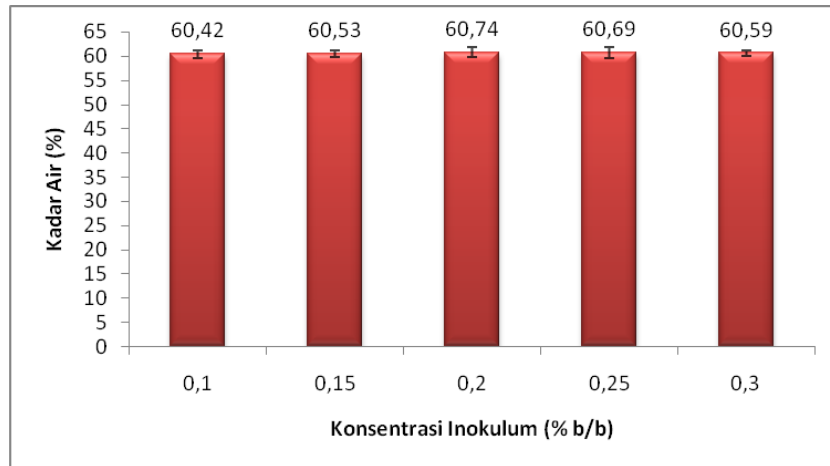
	Konsentrasi Inokulum (b/b)					SNI*
	0,1%	0,15%	0,2%	0,25%	0,3%	
Kadar Air (%)	60,42±0,83	60,53±0,70	60,74±1,03	60,69±1,09	60,59±0,60	Maks. 65
Kadar Abu (%)	1,19±0,07	1,16±0,10	1,09±0,09	1,05±0,06	1,00±0,05	Maks. 1,5
Protein (%)	19,56±0,84	19,01±0,64	18,47±0,58	17,94±0,86	17,48±0,74	Min. 16
Lemak (%)	23,64±1,19	22,86±0,83	22,54±0,88	21,98±1,10	20,9±0,76	Min. 10
Serat Kasar (%)	5,27±0,40	5,51±0,27	5,70±0,11	5,98±0,33	6,72±0,48	Maks. 2,5

\* Sumber : SNI 3144, 2009

Pada Tabel 2 terlihat bahwa terjadi penurunan kadar pada kadar protein, lemak dan kadar abu seiring dengan penambahan konsentrasi inokulum pada tempe kedelai varietas Grobogan. Kadar Air tempe dengan berbagai konsentrasi inokulum sama yaitu diantara 60,42%-60,74%. Sebaliknya kadar serat kasar tempe berbagai konsentrasi inokulum meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi inokulum. Kadar air, kadar abu, protein dan lemak tempe dengan berbagai konsentrasi inokulum sesuai dengan kriteria SNI, tetapi kandungan serat kasar masing-masing tempe memiliki nilai yang lebih tinggi dari SNI dimana maksimal standar serat kasar adalah 2,5 %.

#### **Kadar Air Tempe**

Kadar air tempe pada berbagai konsentrasi inokulum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram Kadar Air Tempe dalam Berbagai Konsentrasi Inokulum

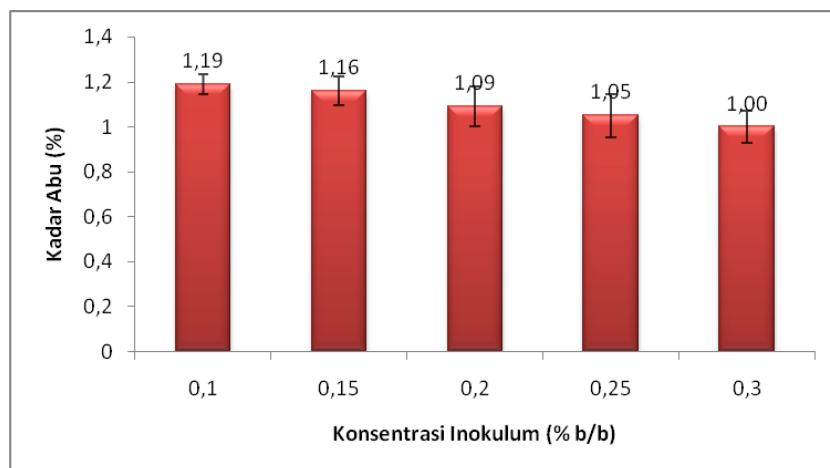
Gambar 1 terlihat bahwa kadar air tempe varietas Grobogan sama. Kadar air tempe dengan variasi penambahan inokulum berkisar antara 60,42%-60,74%. Hal ini dapat dikatakan bahwa penambahan konsentrasi inokulum pada proses fermentasi tempe tidak mempengaruhi kadar air tempe yang dihasilkan.

Hasil kadar air yang di dapat tidak jauh berbeda dengan penelitian Widyanti (2011) yaitu sebesar  $61,28 \pm 0,09$  untuk kadar air tempe kedelai Grobogan tanpa substitusi kedelai impor. Hal ini dikarenakan bahan baku untuk kedelai yang digunakan sama yaitu kedelai Grobogan.

Variasi penambahan konsentrasi inokulum pada proses fermentasi tempe kedelai varietas Grobogan tidak berpengaruh terhadap peningkatan kadar air pada tempe. Kadar air yang terkandung di dalam tempe telah sesuai dengan kriteria pada SNI 3144:2009 yaitu maksimal 65%.

#### ***Kadar Abu Tempe***

Kadar abu tempe kedelai varietas Grobogan antar berbagai konsentrasi inokulum dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Histogram Kadar Abu Tempe dalam Berbagai Konsentrasi Inokulum

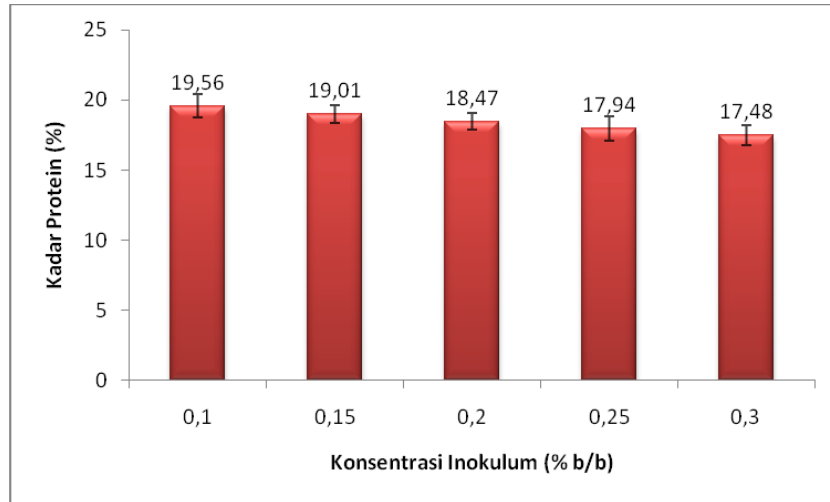
Gambar 2, kadar abu tempe mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasi inokulum. Kadar abu yang didapat berkisar antara 1,00%-1,19% dengan kadar abu tertinggi pada penambahan konsentrasi inokulum 0,1%. Penurunan kadar abu pada penambahan berbagai konsentrasi inokulum tersebut disebabkan oleh aktivitas kapang *Rhizopus* sp.

Menurut Mudambi dan Radjagopal (1980) kadar abu yang merupakan mineral secara umum tidak akan terjadi perubahan selama proses penyimpanan tempe, namun dengan naiknya kadar air menyebabkan terjadinya kenaikan berat basah pada tempe, sehingga persentase abu menurun. Dalam kondisi yang sama semakin banyak penambahan konsentrasi inokulum maka proses fermentasi akan berjalan lebih cepat yang diakibatkan oleh aktivitas mikrob pada tempe

sehingga akan menghasilkan air yang lebih banyak dan kandungan abu pada tempe akan semakin menurun. Kadar abu yang terkandung pada tempe dengan berbagai konsentrasi inokulum sesuai dengan kriteria standar mutu tempe SNI 3144:2009 yaitu maksimal 1,5%.

#### ***Kadar Protein Tempe***

Gambar 3 terlihat bahwa penambahan konsentrasi inokulum memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar protein. Kadar protein tersebut berkisar antara 17,48%-19,56%.



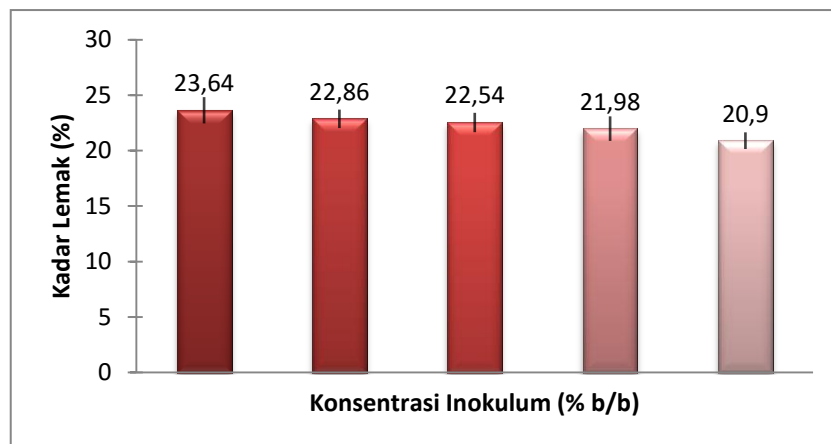
Gambar 3. Histogram Kadar Protein Tempe dalam Berbagai Konsentrasi Inokulum

Penambahan konsentrasi inokulum memungkinkan lebih banyak jumlah kapang *Rhizopus* sp. yang tumbuh. Setelah proses fermentasi kandungan total asam amino akan mengalami penurunan tetapi asam amino bebas akan meningkat dengan tajam, hal ini disebabkan karena kapang *Rhizopus* sp. memakai asam amino sebagai sumber N (nitrogen) untuk pertumbuhannya (Murata *dkk.*, dalam Astuti *dkk.*, 2000).

Variasi penambahan inokulum berpengaruh terhadap kadar protein tempe yang dinyatakan dengan N-total. Semakin banyak penambahan inokulum maka kadar protein akan semakin menurun. Berdasarkan hasil analisa di atas dapat diketahui bahwa kadar protein tempe telah memenuhi standar mutu tempe SNI 3144:2009 yang menyebutkan bahwa minimal kadar protein tempe yaitu 16%.

#### ***Kadar Lemak Tempe***

Kadar lemak tempe kedelai varietas Grobogan dengan berbagai konsentrasi inokulum dapat dilihat pada Gambar 4.



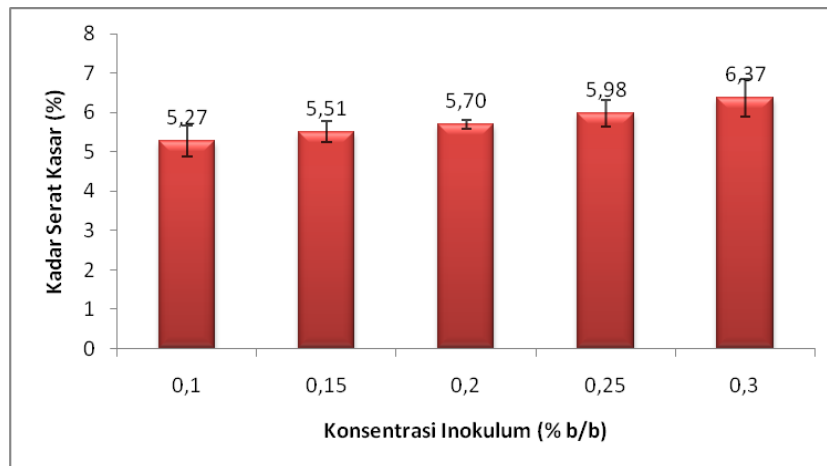
Gambar 4. Histogram Kadar Lemak Tempe dalam Berbagai Konsentrasi Inokulum

Berdasarkan Gambar 4, kadar lemak pada tempe mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasi inokulum. Kadar lemak tempe yang didapatkan berkisar antara 20,9%-23,64% dengan kadar lemak tertinggi pada penambahan konsentrasi inokulum 0,1%. Penurunan kadar lemak tersebut dipengaruhi oleh aktivitas enzim lipase yang dihasilkan oleh kapang *Rhizopus* sp. Asam lemak bebas tersebut kemudian digunakan sebagai sumber energi oleh kapang *Rhizopus* sp. sehingga mengakibatkan kandungan lemak pada tempe rendah seiring dengan penambahan konsentrasi inokulum.

Penambahan konsentrasi inokulum pada tempe kedelai varietas Grobogan mempengaruhi kadar lemak yang terkandung didalamnya. Semakin banyak penambahan konsentrasi inokulum maka kadar lemak akan semakin menurun. Kadar lemak yang didapat masih sesuai dengan standar mutu tempe SNI 3144:1009 yaitu minimal 10%.

#### ***Kadar Serat Kasar Tempe***

Kadar serat kasar pada tempe dengan berbagai konsentrasi inokulum dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Histogram Kadar Serat Kasar Tempe dalam Berbagai Konsentrasi Inokulum

Pada Gambar 5 terlihat bahwa semakin banyak konsentrasi inokulum yang digunakan maka kandungan serat kasar pada tempe akan semakin tinggi. Kandungan serat kasar pada tempe kedelai varietas Grobogan dengan berbagai konsentrasi inokulum berkisar antara 5,27%-6,37%. Konsentrasi inokulum yang semakin besar akan mempercepat proses fermentasi akibat aktivitas dari mikroba. Hasil yang didapat ini sesuai dengan Shurtleff dan Aoyagi (1979) yang menyatakan bahwa selama proses fermentasi kadar serat akan meningkat. Dinding sel hifa kapang *Rhizopus* sp sebagian besar terdiri atas polisakarida. Penambahan konsentrasi inokulum akan menghasilkan semakin banyak kapang *Rhizopus* sp yang tumbuh serta miselium yang terbentuk sehingga kandungan polisakarida dalam tempe akan semakin besar.

Kandungan serat kasar yang didapat melebihi standar mutu dari SNI 3144:2009 yaitu maks. 2,5%. Hal ini dapat disebabkan karena penggunaan bahan baku kedelai yang berbeda. Menurut Handayani dkk (2011) kadar serat kasar tempe kedelai adalah sebesar 16,7%, sedangkan Setyowati dkk (2008) menyatakan bahwa kadar serat kasar tempe kedelai tanpa penambahan bekatul adalah sebesar 4,569%.

#### **KESIMPULAN**

1. Kandungan gizi tempe kedelai lokal (varietas Grobogan) telah memenuhi standar mutu tempe SNI 3144:2009 sedangkan kadar serat kasar yang didapat melebihi standar mutu.
2. Karakter kimia tempe kedelai lokal (varietas Grobogan) untuk kadar abu, protein, dan lemak tertinggi terdapat pada konsentrasi inokulum 0,1%, untuk serat kasar tertinggi terdapat pada konsentrasi inokulum 0,3%, sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada penambahan inokulum 0,2%.
3. Hasil uji kandungan gizi tempe terbaik yaitu dengan penambahan konsentrasi inokulum sebesar 0,15% yang menunjukkan karakter fisik serta kimia yang baik.

## PUSTAKA

- Anonim<sup>1</sup>. 2011. Benih Kedelai Grobogan. <http://www.pertani-kalimantan.com/umum/benih-kedelai-grobogan.html> [2 Desember 2011]
- Anonim<sup>2</sup>. 2011. Laru Atau Ragi Tempe. Tekno Pangan & Agroindustri, Volume I, No.1. [http://www.warintek.ristek.go.id/pangan\\_kesehatan/pangan/ipb/Laru%20atau%20ragi%20tempe.pdf](http://www.warintek.ristek.go.id/pangan_kesehatan/pangan/ipb/Laru%20atau%20ragi%20tempe.pdf) [2 Desember 2011]
- Astuti, Mary., Andriyanta Meliala, Fabien S Dalais dan Mark LWahlqvist. 2000. Review Article: Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. *Asia Pacific J Clin Nutr* (2000) 9(4): 322-325
- Ginting, E. 2010. Petunjuk Teknis Produk Olahan Kedelai (Materi Pelatihan Agribisnis bagi KMPH). Balai Penelitian Kacang Kacangan dan Umbi Umbian Malang.
- Ginting, Erliana., Sri Satya Antarlina, dan Sri Widowati. 2009. Varietas Unggul Kedelai Untuk Bahan Baku Industri Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 28(3) 79-87
- Handajani, Sri., Edhi Nurhartadi, dan Ihda Nurul Hikmah. 2011. Abstrak: Kajian Karakteristik Kimia Dan Sensori Tempe Kedelai (*Glycine max*) Dengan Variasi Penambahan Berbagai Jenis Bahan Pengisi (Kulit Ari Kedelai, Millet (*Pennisetum* spp.), Dan Sorgum (*Sorghum bicolor*)) [http://fp.uns.ac.id/jurnal/KAJIAN%20KARAKTERISTIK%20KIMIA%20DAN%20SENSORI%20TEMPE%20KEDELAI%20\(Glycine%20max\)%20DENGAN%20VARIASI%20PENAMBAHAN%20BERBAGAI%20JENIS%20BAHAN%20PENGISI%20\(KULIT%20ARI%20KEDELAI,%20MILLE%20T%20Penni.pdf](http://fp.uns.ac.id/jurnal/KAJIAN%20KARAKTERISTIK%20KIMIA%20DAN%20SENSORI%20TEMPE%20KEDELAI%20(Glycine%20max)%20DENGAN%20VARIASI%20PENAMBAHAN%20BERBAGAI%20JENIS%20BAHAN%20PENGISI%20(KULIT%20ARI%20KEDELAI,%20MILLE%20T%20Penni.pdf) [7 Mei 2012]
- Kasmidjo, R.B. 1990. *TEMPE : Mikrobiologi dan Kimia Pengolahan serta Pemanfaatannya*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM
- Margono. 2000. *Tempe*. Buku Panduan Teknologi Pangan, Pusat Informasi Wanita dalam Pembangunan PDII-LIPI bekerjasama dengan Swiss Development Cooperation. Jakarta
- Mudambi, S.R. and M.V Rajagopal. 1980. *Fundamental of Food and Nutrition*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Purwaningsih, N. E. 2008. Pengaruh Komposisi Bahan Baku dan Bahan Pembungkus Terhadap Mutu Tempe Kacang. *Teknologi dan Kejuruan*, Vol. 31, No.1, Pebruari 2008: 87-97
- Rusmin, Simon and Swan Djien Ko. 1974. Rice-Grown *Rhizopus oligosporus* Inoculum for Tempeh Fermentation. *Applied Microbiology* Vol. 28, No. 3, Sept. 1974, 347-350.
- Santoso, H.B., 1993. *Pembuatan Tempe dan Tahu Kedelai : Bahan Makanan Bergizi Tinggi*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sapuan dan N. Soetrisno. 1996. *Bunga Rampai Tempe Indonesia*. Jakarta: Yayasan Tempe Indonesia. Hal 92-93
- Setyowati, Rini., Dwi Sarbini dan Sri Rejeki. 2008. Pengaruh Penambahan Bekatul Terhadap Kadar Serat Kasar, Sifat Organoleptik dan Daya Terima Pada Pembuatan Tempe Kedelai (*Glycine max* (L) Merril). *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Vol. 9, No. 1, 2008: 52 - 61
- Shurtleff, W. and A. Aoyagi. 1979. *The Book of Tempeh*. New York: Harper and Row
- SNI. 2009. *Tempe Kedelai*. Badan Standardisasi Nasional SNI 3144:2009. Jakarta.
- Steel, R.G.D dan J.H. Torie. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. PT Gramedia, Jakarta.
- Sudarmadji, S. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty
- Sukardi, Wignyanto, dan Isti Purwaningsih. 2008. Uji Coba Penggunaan Inokulum Tempe dari Kapang *Rhizopus oryzae* Dengan Substrat Tepung Beras dan Ubikayu Pada Unit Produksi Tempe Sanan Kodya Malang. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 9 No.3 (Desember 2008) 207-215
- Wang, Hwa L., Doris I. Ruttle, and C. W. Hasseltine. 1968. Protein Quality of Wheat and Soybeans After *Rhizopus oligosporus* Fermentation. *The Journal of Nutrition*, 96: 109-114
- Wardhani, Agustin K., Pratidina Andayani, dan Erni Sofia Murtini. 2008. Isolasi dan Identifikasi Mikrob Dari Tempe Sorgum Coklat (*Sorghum bicolor*) Serta Potensinya Dalam Mendegradasi Pati dan Protein. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 9 No. 2 (Agustus 2008) 95-105
- Widyanti, A. D. 2011. Pengaruh Jenis Kedelai (*Glycine max* L. Merr) Grobogan Dan Impor Terhadap Nilai Gizi Tempe. Skripsi Progd Kimia Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.

## Performa Pertumbuhan Rumput Laut “Sea Grapes” *Caulerpa lentillifera* dalam Bak Terkontrol

Wawan Andriyanto dan Muhammad Marzuqi

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Budidaya Laut, Singaraja, Bali

Email: wa2n.rimgdl@gmail.com

Beberapa jenis rumput laut yang umum dibudidayakan adalah *Eucheuma* sp. Budidaya rumput laut dilakukan pada daerah pesisir dengan kedalaman rendah, arus yang baik dan kecerahan yang cukup tinggi dengan metode longline. Anggur laut (*Caulerpa lentillifera*) merupakan salah satu jenis rumput laut yang hidup menempel pada substrat di pesisir pantai dan memiliki nilai jual yang tinggi di pasaran ekspor. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengamatan pendahuluan terhadap pertumbuhan rumput laut jenis *Caulerpa lentillifera* yang dibudidayakan pada bak terkontrol (indoors culture) dengan pemberian pupuk. Pemeliharaan menggunakan bak yang terbuat dari kayu yang dilapisi dengan terpal kedap air berukuran 3,86 x 1,21 x 0,6 m<sup>3</sup>. Anggur laut dibudidayakan dalam frame yang terbuat dari waring hitam berukuran 0,6 x 0,6 x 0,6 m<sup>2</sup> dengan jumlah bibit yang ditebar adalah 1 kg per frame. Frame ditempatkan pada kedalaman 5 cm dari permukaan air. Air laut yang digunakan difilter sebelumnya menggunakan UV dan debit air yang digunakan adalah 100 liter per jam. Pupuk NPK diberikan setiap 3 hari sekali dengan menggunakan dosis 100 gram, 200 gram dan 300 gram. Penelitian ini dilakukan selama 21 hari (3 minggu) dengan variabel pertumbuhan yang diamati meliputi panjang tunas dan berat basah serta data kualitas air sebagai data dukung. Sampling panjang tunas dilakukan dalam frekuensi 4 kali dan berat basah diamati pada awal dan akhir penelitian. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa rumput laut jenis anggur laut (sea grapes) dapat tumbuh baik pada media bak terkontrol selama 21 hari pemeliharaan dengan dosis pupuk 100 gram dengan pertumbuhan spesifik 4.85% per hari.

Kata kunci: Rumput laut, sea grape, budidaya laut, bak terkontrol

### PENDAHULUAN

Anggur laut (Umibudo) termasuk dalam divisi Eukaryota, Phylum Chlorophyta, Order Caulerpales, Family Caulerpaceae dan spesies *Caulerpa lentillifera*. Di dunia nama spesies dari famili *Caulerpaceae* ini : Ararucip, Fusa-iwazuta, Lelato, Limu Eka, Limu fuafua, Mouse plant, Sea Grapes, Surikogidzuta, Tahmuck, dan Umibudo. Banyak spesies dari jenis caulerpa, namun yang banyak dimanfaatkan secara ekonomis adalah jenis *Caulerpa lentillifera* dan *C. racemosa* (McHugh, 2003). Jenis spesies ini sangat cepat tumbuh di dalam substrat dan thallus/ menyerupai akar/ geragih memanfaatkan substrat sebagai tempat berkembang biak. Umumnya ditemukan pada jenis sedimen pasir maupun lumpur di perairan dengan kedalaman rendah dan dapat dibudidayakan dengan menggunakan wadah seperti dalam budidaya diperairan pantai (Anonymous, 2007). Anggur laut bisa bersaing dengan alga laut yang lain karena sifatnya perakarannya melekat pada substrat, bisa bertahan dengan adanya arus kuat. Cenderung lebih suka ditempat yang lebih dalam, di India telah dikeloksi didaerah berbatuan rock dan rock pools. Utamanya pada daerah intertidal yang lebih rendah dan berasosiasi dengan jenis yaitu *C. macrophysa* dan spesies *Dyctyota*.

Pada awalnya secara alami memang anggur laut tumbuh di berbagai perairan yang bersih di laut. Di Sulawesi Selatan serti di Maros dan Selayar sudah merupakan produksi laut secara turun temurun khususnya pada musim kemarau. Di Pulau Selayar selama periode musim kemarau hasil laut anggur laut rata-rata 20 karung segar dijual ke Makasar. Di Pilipina anggur laut telah sukses dibudidayakan di di pulau Mactan, Cebu. Penanaman dilakukan secara manual. Sekitar 100 gram (lots) dibenamkan kedalam dasar tambak yang lunak dengan jarak antara 0.5-1 meter. Bisa dilakukan secara tebar dasar, namun kurang efisien dan juga tanaman yang mudal berpindah karena aliran air akibat angin dan mengumpul di satu lokasi. Faktor kunci keberhasilan selama pemeliharaan adalah: (1) pergantian air yang baik; (2) pembersihan vegetasi air lain sebagai pengganggu atau kompetitor; (3) pemupukan yang tepat waktu dan dosis bila anggur laut terlihat tidak sehat yang dicirikan oleh warna hijau pucat hingga kekuningan.

*C. lentillifera* sensitive terhadap perubahan salinitas, sehingga pemilihan lokasi tambak harus jauh dari pengeruh atau sumber air tawar. Pada musim hujan, budidaya di Pilipina sudah mempersiapkan sistem pengeluaran air permukaan untuk mengurangi air tawar. Anggur laut toleran terhadap salinitas antara 30-35ppt. Sukses budidaya tergantung pengelolaan air yang baik dan tambak harus didisain sedemikian rupa sehingga tidal flow (aliran air pasang) bisa dipergunakan untuk menukar air ditambak setiap dua hari sekali. Suhu berkisar antara 25-30°C, kedalaman tambak sekitar 0.5m dan luas tambak umumnya 0.5 hektar. Penggunaan anggur laut sebagai

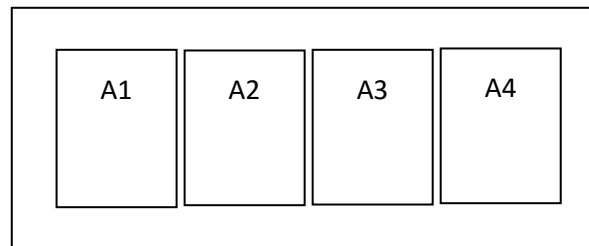
makanan utama untuk manusia (human diet) dan telah dikenal di *Far East Countries* seperti Jepang, Korea dan China. Alga jenis ini sangat baik untuk vegetarian diet, dan cocok sebagai makanan manusia. Yang diperlukan adalah riset tentang manfaat lain sebagai farmasi atau kosmetika. *C. lentilifera* atau anggur laut dipasarkan lokal maupun internasional diperdagangkan dalam bentuk sayuran segar maupun untuk keperluan medikal dengan harga di Jepang antara \$ 100 - \$ 150 per kg basah (Anonimus, 2012).

Teknologi budidaya anggur laut di Indonesia sampai saat ini belum berkembang dan sebagian besar produktivitasnya masih menggantungkan dengan alam. Bibit rumput laut ini bisa didapatkan di perairan Indonesia sehingga dimungkinkan introduksinya untuk keperluan budidaya laut. Diharapkan keberadaan budidaya anggur laut dapat memberikan input diversifikasi komoditas yang dapat turut menstimulan kegiatan budidaya mengingat dipasarkan harga komoditas ini sangat tinggi dan masih sedikit yang mengembangkan usaha budidaya ini.

## METODE PENELITIAN

### *Persiapan Bahan dan Peralatan*

Rumput laut yang digunakan dalam penelitian ini adalah anggur laut (*Caulerpa lentillifera*) yang diperoleh dari pesisir pantai selatan Bali. Bak pemeliharaan ukuran 3,86 x 1,21 x 0,6 m<sup>3</sup> lebih kurang 3000 liter. Debit air diatur 100 liter per jam dan wadah pemeliharaan berupa frame dari jaring supernet dengan hole 1" dan dibingkai menggunakan pipa pralon. Air laut yang dipergunakan menggunakan UV dan filter. Pemupukan dengan NPK dosis 100 gr, 200 gr dan 300 gr dilakukan setiap 3 hari sekali. Bibit anggur laut yang digunakan ditebar dengan berat 1 kg per frame dengan jumlah frame 4 buah. Total bibit yang dipergunakan sebesar 4 kg. Posisi bak dan frame penebaran rumput laut jenis anggur laut seperti gambar di bawah ini :



Keterangan : A1 – A4 adalah frame tempat budidaya anggur laut.

### *Pelaksanaan dan sampling*

Penebaran dilakukan pada awal musim kemarau. Untuk pengecekan kualitas air dilakukan setiap hari pada jam 09.00 WITA dengan menggunakan WQC ( Water Quality Checker) yang meliputi suhu air, kelarutan oksigen dan salinitas, sementara faktor kimiawi perairan meliputi : pH, NO<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub>, diamati sehari sekali. Pengamatan pertambahan berat basah diamati pada saat awal penebaran bibit dan akhir penelitian menggunakan rumus :

$$SGR = \left( \left( \frac{\ln(wt - w0)}{t} \right) \times 100\% \right)$$

Di mana:

SGR = Laju pertumbuhan spesifik (% / hari)

In Wt = Berat akhir

In Wo = Berat awal

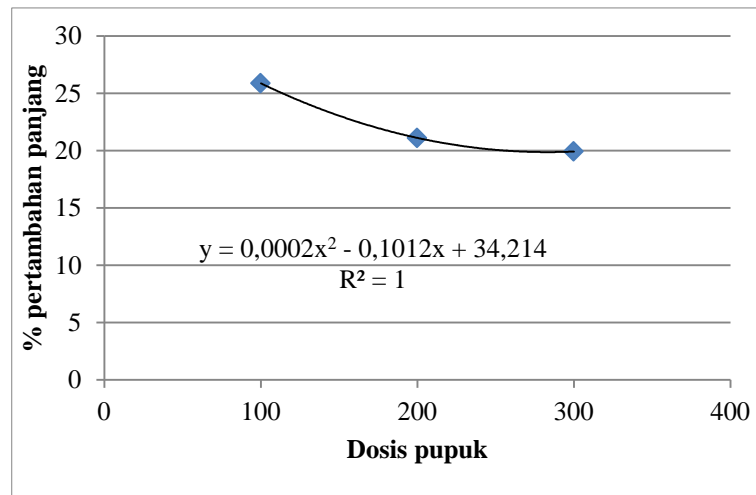
T = waktu percobaan (hari)

Sedangkan pengamatan pertambahan panjang tunas diamati setiap 1 minggu sekali mengikuti persamaan :

$$P_{tot} = \left( \left( \frac{Pt - P0}{t} \right) \times 100 \right)$$

Analisa ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk berbeda terhadap pertumbuhan selama penelitian.

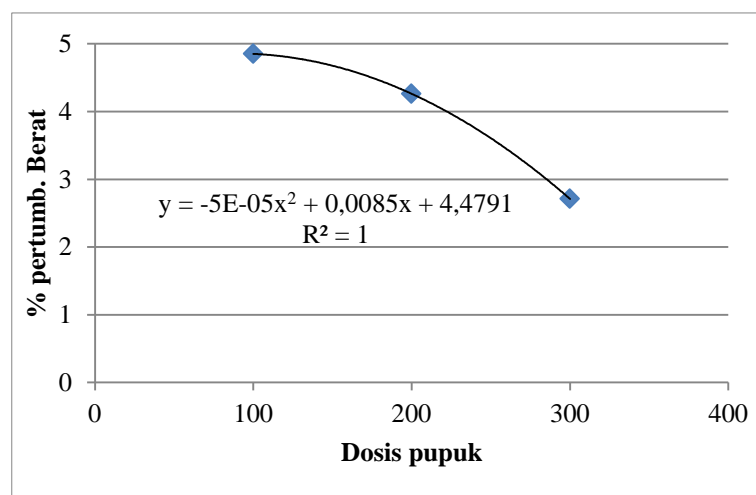
Dari pengamatan selama 21 hari didapatkan ekspresi hubungan nilai pertambahan panjang tunas masing-masing frame rumput laut jenis anggur laut (*Caulerpa lentillifera*) terhadap beberapa konsentrasi dosis pupuk NPK yang diberikan, seperti di tampilkan dalam Grafik 1.



Grafik 1. Pertumbuhan panjang anggur laut pada pemupukan yang berbeda

Dari grafik tersebut dapat dilihat pertambahan panjang relatif tunas, berhubungan sangat erat terhadap pemberian pupuk NPK dengan mengikuti persamaan  $y = 0,000x^2 - 0,101x + 34,21$  dengan  $R^2 = 1$ . Semakin tinggi dosis pupuk pertumbuhan panjang relative mengalami penurunan. Dari data pengamatan di lapangan, hampir seluruh frame pada pemberian pupuk > 100 gram terjadi blooming algae sejenis diatom. Hal ini dapat diartikan bahwa dosis > 100 gram akan mengakibatkan nilai pertumbuhan panjang semakin kecil yang diduga adanya persaingan dengan alga yang tumbuh.

Sedangkan hubungan pertumbuhan berat yang diekspresikan dengan berat basah akhir penelitian dengan pemberian pupuk didapatkan hasil mengikuti persamaan  $y = -5E-05x^2 + 0,008x + 4,479$  dengan  $R^2 = 1$  seperti terlihat pada Grafik 2. Hasil ini memperlihatkan bahwa pengaruh pemberian pupuk terhadap pertambahan panjang maupun berat adalah mengikuti persamaan polynomial orthogonal. Pupuk NPK dengan dosis yang tinggi (>100 gram) dapat mengakibatkan pertumbuhan menjadi lambat dan terjadinya kematian dalam media bak pemeliharaan. Selain itu dosis tersebut mengakibatkan tumbuhnya blooming algae sehingga menyebabkan kompetisi oksigen dan ruang.



Grafik 2. Pertumbuhan berat anggur laut pada pemupukan yang berbeda

Berdasarkan hasil analisis varians (ANOVA) data laju pertumbuhan spesifik (% per hari) *C. lentillifera* menunjukkan adanya perbedaan antara perlakuan dosis yang diberikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan pupuk NPK dan urea dengan konsentrasi yang berbeda di dalam

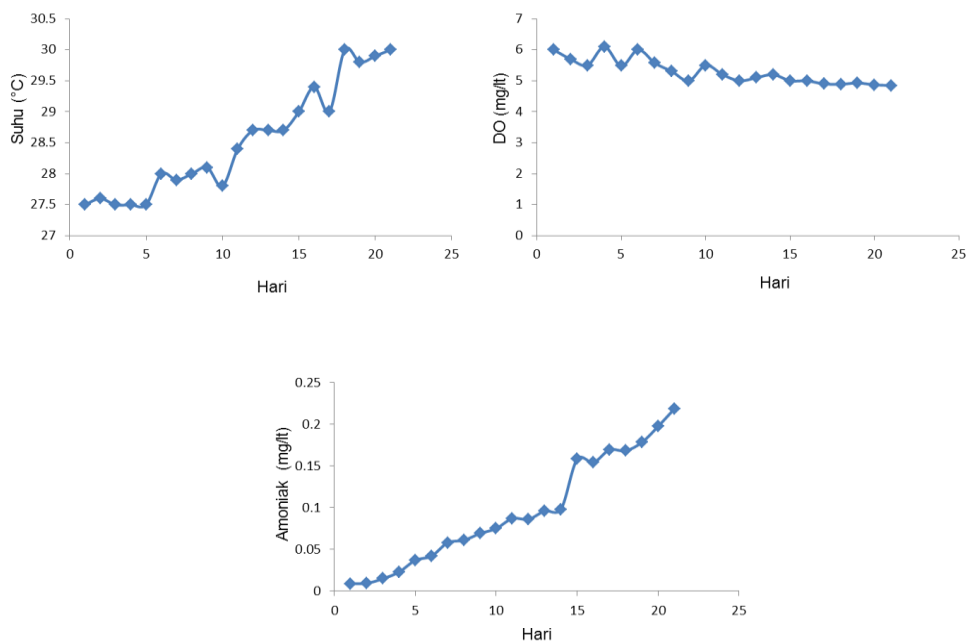


media menghasilkan perbedaan sangat nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik *C. lentilifera* ( $p < 0,01$ ).



Gambar 1. Media pemeliharaan dan pertumbuhan anggur laut pada umur 21 hari

Hasil pengukuran parameter kualitas air selama 21 hari, menunjukkan kisaran nilai yang cenderung naik walaupun dengan debit air (pergantian air yang cukup tinggi). suhu dengan kisaran 27.5 – 30 °C (Grafik 3). Berdasarkan kisaran tersebut, maka suhu yang terukur selama penelitian menunjukkan kisaran yang masih sesuai untuk pertumbuhan rumput laut. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan rumput laut berkisar antara 20 – 30 °C (Anggadiredja *et al.* 2006). Salinitas yang terukur pada penelitian ini menunjukkan kisaran 30 – 33 ppt. Kisaran tersebut sesuai pendapat Farid, (2008), bahwa kisaran salinitas yang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut berkisar 18-35 ppt. Kisaran pH dalam media pemeliharaan berkisar 8,0-8,3. Kisaran tersebut sesuai dengan pendapat Luning (1990), bahwa rumput laut tumbuh pada pH berkisar antara 6,8-9,6. Kandungan oksigen terlarut selama penelitian menunjukkan kisaran 4,85 - 6,0 mg/L (Grafik 3). Aslan (2006), mengatakan bahwa kandungan oksigen terlarut (DO) yang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut berkisar 3 - 8 mg/L. Kandungan fosfat cenderung mengalami peningkatan walau tidak signifikan yaitu berkisar antara 0.009 – 0.073 mg/L. Hal ini berbeda dengan peningkatan kadar nitrat yang mencapai 0.007 – 0.275 mg/L. Namun, kadar nitrat dan fosfat yang terdeteksi tersebut lebih kecil dari penelitian sebelumnya yg dilakukan pada *E. racemosa* oleh Setiaji, *et al.* 2012 dimana kadar fosfat dan nitrat tertinggi masing masing 0.2 mg/L dan 1.56 mg/L.



Grafik 3. Pertumbuhan berat anggur laut pada pemupukan yang berbeda

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, penambahan NPK dosis 100 gram di dalam media air pemeliharaan berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap pertumbuhan *C. lentilifera* (*Sea grapes*). Dan dapat tumbuh baik pada media bak terkontrol selama 21 hari pemeliharaan dengan pertumbuhan spesifik 4.85% perhari sedangkan dosis 300 gram lebih rendah yaitu 2.71%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anggadiredja, J.T., A. Zalnika, H. Purwoto, dan S. Istini. 2006. Rumput Laut Pembudidayaan, Pengolahan dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Penebar Swadaya. Jakarta. 146 hal.
- Anonimous, 2012. Anggur Laut: Komoditas yang menggiurkan (1). <http://peluangusaha.kontan.co.id/news/anggur-laut-komoditas-yang-menggiurkan-1>. Diakses 24 Agustus 2013.
- Anonimous, 2007. <http://rfbollan.com/okislugs/caullent.html>. Caulerpa lentillifera. Okinawa Slug Site. Diakses 24 Agustus 2013.
- Aslan, L, M. 2006. Budidaya Rumput Laut. Kanisius. Jakarta. 96 hal.
- Farid, A. 2008. Studi lingkungan perairan untuk budidaya rumput laut (*Eucheuma cottonii*) di perairan Branta, Pemekasan, Madura. Jurnal Penelitian Perikanan, 11 (1) : 1-6.
- McHugh, D.J. 2003. A Guide to the Seaweed Industry. FAO Series Technical Paper No. 441. p 86.
- Setiaji, K., Santosa, G.W., Sunaryo., 2012. Pengaruh Penambahan NPK dan Urea pada Media Air Pemeliharaan Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Caulerpa racemosa* var. *uvifera*. Volume 1: 2, Halaman 45-50.

## Analisis Kandungan Pigmen B-Karoten Empat Varietas Ubi Jalar Lokal Papua Yang Diolah Menjadi Bahan Pangan

Loretha Natalia Samber, Haryono Semangun, dan Budhi Prasetyo

Program Studi Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana  
Email: [samber.loretha@yahoo.com](mailto:samber.loretha@yahoo.com)

Ubi jalar (*Ipomoea batatas*) merupakan salah satu jenis bahan pangan lokal Papua, selain sagu dan talas yang kaya akan karbohidrat dan serat. Selain kandungan karbohidrat, ubi jalar juga mengandung  $\beta$ -karoten. Namun hingga saat ini, masyarakat belum mengetahui kandungan  $\beta$ -karoten dan fungsinya bagi tubuh, padahal Papua memiliki lebih dari 50 jenis ubi jalar dengan beragam corak dan warna. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pola degradasi  $\beta$ -karoten pada ubi jalar setelah mengalami pengolahan yaitu di rebus, kukus, dan digoreng menjadi pangan. Sampel yang digunakan adalah 4 varietas lokal ubi jalar yaitu ubi putih, ubi kuning, ubi oranye dan ubi ungu yang di dapat dari Kampung Skow Yambe Distrik Muara Tami kabupaten Jayapura Papua. Penelitian ini menggunakan metode spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan ubi jalar putih mentah menunjukkan  $\beta$ -karoten sebesar 22,35 $\mu$ g/g, perebusan sebesar 26,05 $\mu$ g/g, pengukusan 20,30 $\mu$ g/g dan penggorengan sebesar 22,90 $\mu$ g/g. Pada ubi jalar kuning mentah menunjukkan  $\beta$ -karoten sebesar 69,54 $\mu$ g/g, perebusan sebesar 54,44 $\mu$ g/g, pengukusan sebesar 53,41 $\mu$ g/g dan penggorengan sebesar 36,27 $\mu$ g/g. Pada ubi jalar oranye mentah menunjukkan  $\beta$ -karoten sebesar 80,32 $\mu$ g/g, perebusan sebesar 78,03 $\mu$ g/g, pengukusan sebesar 77,08 $\mu$ g/g, dan penggorengan sebesar 41,86 $\mu$ g/g. Pada ubi jalar ungu mentah menunjukkan  $\beta$ -karoten sebesar 15,98, perebusan sebesar 18,27 $\mu$ g/g, pengukusan sebesar 12,61 $\mu$ g/g, dan penggorengan sebesar 10,18 $\mu$ g/g. tingkat degradasi pada penelitian ini paling besar terdapat pada proses perlakuan yang digoreng dibandingkan perlakuan yang direbus dan yang dikukus. Nilai kandungan  $\beta$ -karoten yang di dapat merupakan ciri khas ubi jalar yakni meningkat setelah di panaskan. Ciri ini terlihat melalui karakteristik pola spektra karotenoid, yang bersifat hiperkromik (peningkatan nilai absorbansi) dan hipokrom (pergeseran panjang gelombang kearah kiri). Ciri hipokrom inilah yang menggambarkan adanya mekanisme oksidasi dan isomerisasi akibat pemansasan, yang ditandai dengan terbentuknya puncak baru pada panjang gelombang 300–377 nm.

**Key words** :  $\beta$ -karoten, ubi jalar, pengolahan, Papua.

### PENDAHULUAN

Ubi jalar (*Ipomea batatas*) merupakan salah satu dari jenis umbi-umbian familia convolvulaceae yang dikenal sebagai sumber karbohidrat. Ubi yang memiliki serat tinggi ini umumnya di konsumsi sebagai pengganti beras, maupun sebagai bahan makanan pelengkap sumber karbohidrat, selain ubi kayu, talas, kentang, dan jagung. Selain karbohidrat ubi jalar memiliki kandungan karotenoid, yaitu  $\beta$ -karoten yang berfungsi sebagai provitamin A. Vitamin A merupakan nutrisi esensial bagi tubuh manusia, karena sangat mempengaruhi penglihatan dan pertumbuhan tulang. Disamping berfungsi sebagai profitamin A,  $\beta$ -karoten bersifat antioksidan, sehingga mampu menghambat aktivitas radikal bebas dalam tubuh, menjaga kesehatan kulit, mengurangi risiko kanker dan infeksi hati, serta bersifat antimutagenik.

Masyarakat mengolah ubi jalar dengan cara direbus, dikukus dan digoreng oleh karena itu penting diteliti pengeruh cara pengolahan ubi jalar terhadap kandungan nutrisinya khususnya  $\beta$ -karoten. Ketersediaan  $\beta$ -karoten dalam jumlah yang bermakna di dalam ubi jalar setelah mengalami pengolahan menjadi pangan sehari-hari patut dipastikan sehingga senyawa berpotensi nilai tambah ini tidak menjadi rusak sebelum di konsumsi.

### Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kandungan  $\beta$ -karoten ubi jalar putih, kuning, oranye dan ungu yang berasal dari Kampung Skow Yambe Distrik Muara Tami Kabupaten Jayapura.
2. Mengetahui tingkat degradasi  $\beta$ -karoten pada ubi jalar putih, kuning, oranye dan ungu dengan beberapa proses pengolahan yaitu direbus, dikukus dan digoreng.

### Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan informasi ilmiah mengenai kandungan pigmen  $\beta$ -karoten dari ubi jalar putih, kuning, oranye dan ungu (*Ipomea batatas*) yang terdapat di Kampung Skow Yambe Distrik Muara Tami Kabupaten Jayapura Papua.
2. Dapat memberikan informasi nilai kandungan  $\beta$ -karoten yang terdapat pada ubi jalar setelah mengalami proses perebusan, pengukusan dan penggorengan.

## BAHAN DAN METODA

### *Bahan dan Alat*

#### 1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ubi jalar putih, kuning, oranye dan ungu (*Ipomoea batatas*) yang berasal dari Kabupaten Jayapura, akuades, aseton, natrium askorbat, kalsium karbonat, n-heksan,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , gas nitrogen.

#### 2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini alat evaporator dan spektrofotometer UV-Vis.

### *Metode*

#### 1. Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi ubi jalar putih, kuning, oranye, dan ungu yang berumur 3–5 bulan dan telah dipanen oleh masyarakat Kampung Skow Yambe Distrik Muara Tami Kabupaten Jayapura Papua.

Keempat sampel ubi jalar dalam keadaan segar, tidak rusak dan berpenyakit, diambil secara acak, kemudian dicuci bersih dengan menggunakan akuades, kemudian ditimbang masing-masing sebanyak 10 g. Setelah ditimbang, sampel dihaluskan dengan menggunakan mortal.

#### 2. Ekstraksi Sampel Pigmen Karotenoid ( $\beta$ -karoten)

Sampel dari keempat ubi jalar yang telah dihaluskan, masing-masing dimaserasi dengan menggunakan pelarut aseton dingin, yang kemudian ditambahkan dengan natrium askorbat dan  $\text{CaCO}_3$ . Proses ekstraksi dilakukan secepat mungkin dalam kondisi yang bebas cahaya (gelap), atau dapat juga dalam kondisi cahaya warna merah.

#### 3. Perlakuan

Sampel dari masing-masing ubi di timbang sebanyak 10 g, setelah itu direbus, dikukus dan digoreng pada suhu yang sama yaitu  $60^\circ\text{C}$  selama 15 menit. Selanjutnya sampel yang sudah masak di ambil dan diekstraksi menggunakan metode ekstrasi yang sama. Sampel ubi jalar yang di goreng di lakukan proses saponifikasi agar lemak yang berasal dari minyak goreng keluar dan hanya pigmen karotenoid yang di ambil.

#### 4. Analisis Karotenoid ( $\beta$ -karoten) dengan Spektrofotometer UV-Vis

Untuk sampel yang telah kering atau beku karena dimasukkan dalam kulkas dilarutkan kembali dengan menggunakan pelarut n-heksan. Kemudian dikeringkan lagi dengan gas  $\text{N}_2$ .

Sedangkan untuk sampel yang tidak mengalami penyimpanan dalam kulkas, ekstrak karotenoidnya dapat langsung diukur dengan melarutkan ekstrak pigmen karotenoid ( $\beta$ -karoten) dalam pelarut n-heksan. Selanjutnya pola spektra dan absorbansinya diukur pada panjang gelombang 300 – 600 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

### *Analisis Kandungan Karotenoid ( $\beta$ -karoten)*

Berdasarkan metode Gross (1991), total kandungan karotenoid ( $\beta$ -karoten) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\mu\text{g Karotenoid/g} = \frac{A \times V \times 10^6}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times 100 \times G}$$

A = Absorbansi maksimum

V = Volume (ml)

G = Berat sampel (gram)

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$  = 2500 (tetapan absorbansi untuk karotenoid campuran)

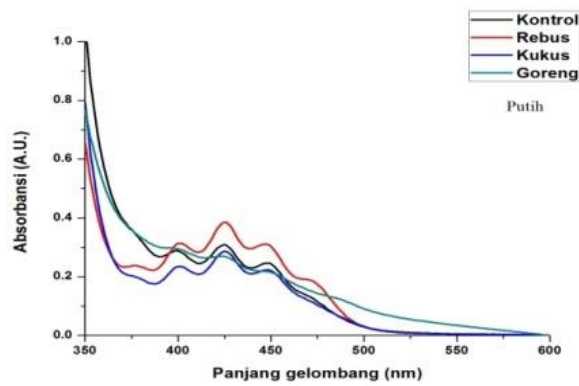
### *Analisis Data*

Data kandungan pigmen dianalisis secara deskriptif dengan program Origin 6.1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

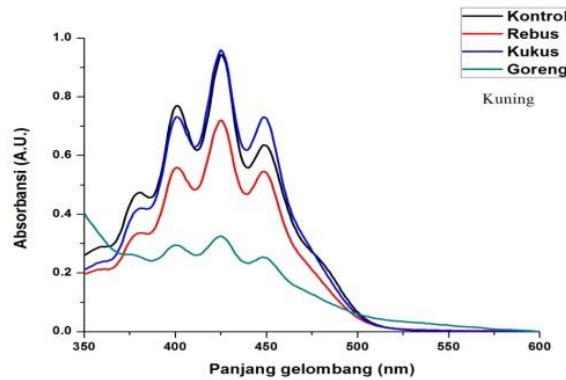
### *Hasil analisis Spektrofotometri UV-Vis*

Mengukur absorbansi kandungan  $\beta$ -karoten pada ekstrak mentah ubi jalar dan juga ekstrak ubi jalar setelah mengalami perlakuan direbus, dikukus dan digoreng dari ke empat varietas lokal ubi jalar putih, kuning, oranye dan ungu.



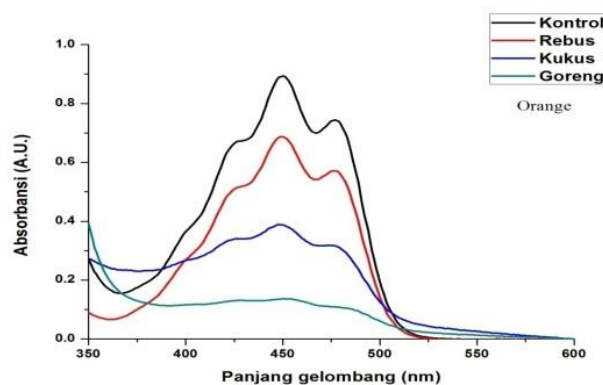
Gambar 1. Gambar absorbansi ubi jalar putih dengan perlakuan direbus, dikukus, digoreng dan kontrol waktu pengolahan selamat 15 menit dengan suhu 60<sup>0</sup>C di setiap perlakuan.

Hasil absorbansi pada ubi jalar putih menunjukkan adanya kandungan  $\beta$ -karoten dimana kandungan  $\beta$ -karoten ini dapat dilihat dari daerah penyerapan panjang gelombang 300 – 500 kandungan  $\beta$ -karoten pada ubi jalar putih membentuk puncak pada panjang gelombang 425 dan 452 nm yang merupakan ciri  $\beta$ -karoten (Britton,1995; Jeffrey *et al.*1997).



Gambar 2. Gambar absorbansi ubi jalar kuning dengan perlakuan direbus, dikukus, digoreng dan kontrol waktu pengolahan selamat 15 menit dengan suhu 60<sup>0</sup>C di setiap perlakuan.

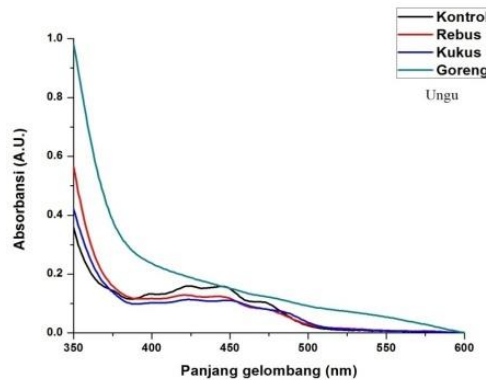
Hasil absorbansi pada ubi jalar kuning menunjukkan adanya kandungan  $\beta$ -karote dapat dilihat dari hasil absorbansi dimana ubi jalar kuning membentuk puncak pada panjang gelombang 425 yang merupakan ciri has dari pigmen  $\beta$ -karoten.



Gambar 3. Gambar absorbansi ubi jalar orange dengan perlakuan direbus, dikukus, digoreng dan kontrol waktu pengolahan selamat 15 menit dengan suhu 60<sup>0</sup>C di setiap perlakuan.

Pola spektra pada ubi jalar oranye membentuk puncak pada panjang gelombang 450 nm, yang merupakan ciri has dari pigmen  $\beta$ -karoten, pada ubi jalar oranye dapat dilihat pada

pembentukan puncak setelah mengalami perlakuan direbus, dikukus dan digoreng. Pola spektra yang paling tinggi pada proses perebusan dengan waktu 15 menit dengan suhu 60°C, kemudian dikukus dan digoreng dapat dilihat pada pembentukan pola spektranya.



Gambar 4. Gambar absorbansi ubi jalar ungu dengan perlakuan direbus, dikukus, digoreng dan kontrol waktu pengolahan selamat 15 menit dengan suhu 60°C di setiap perlakuan.

Hasil absorbansi pada ubi jalar ungu menunjukkan adanya kandungan pigmen  $\beta$ -karoten pada ubi jalar tersebut dapat dilihat pada pembentukan pola spektra dimana puncak tertinggi pada panjang gelombang 450 nm yang merupakan ciri has dari pigmen  $\beta$ -karoten. Ubi jalar ungu mengalami perlakuan direbus, dikukus dan digoreng. Ubi jalar ungu pada saat direbus dan dikukus pembentukan pola spektranya masih bisa terlihat dibanding yang sudah digoreng  $\beta$ -karoten sangat sedikit sehingga pola spektranya tidak terlihat adanya pembentukan puncak yang tinggi.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa.

1. Kandungan  $\beta$ -karoten yang terdapat pada empat varietas lokal ubi jalar ini sangat berbeda-beda di setiap perlakuan. Total kandungan  $\beta$ -karoten pada ubi jalar putih 22,35  $\mu\text{g/g}$  berat basah, 26,05  $\mu\text{g/g}$  direbus, 20,30  $\mu\text{g/g}$  dikukus, 19,35  $\mu\text{g/g}$  digoreng. Pada ubi jalar kuning 69,54  $\mu\text{g/g}$  berat basah, 54,44  $\mu\text{g/g}$  direbus, 53,41  $\mu\text{g/g}$ , 36,27 digoreng. Pada ubi jalar oranye 80,32  $\mu\text{g/g}$  berat basah, 78,03  $\mu\text{g/g}$  direbus, 77,08  $\mu\text{g/g}$  dikukus, 41,86  $\mu\text{g/g}$  digoreng. Pada ubi jalar ungu 15,98  $\mu\text{g/g}$  berat basah, 18,27  $\mu\text{g/g}$  direbus, 12,61  $\mu\text{g/g}$  dikukus, dan 10, 18  $\mu\text{g/g}$  digoreng.
2. Pola spektra  $\beta$ -karoten mengalami pergeseran kearah hipokrom dan nilai absorbansinya meningkat (hiperkromik) pada suhu 60°C dalam waktu 15 menit. Setelah mengalami pemanasan mekanisme pergeseran lebih cepat terjadi ketika ubi jalar direbus dan dikukus dibandingkan dengan yang digoreng.
3. Degradasi yang terjadi pada ke empat varietas lokal ubi jalar ini berbeda-beda disetiap perlakuan. Pada ubi jalar putih dengan perlakuan direbus mengalami peningkatan dan pada saat dikukus degradasi yang terjadi sebesar 2,05 %, dan saat digoreng sebesar 3%. Pada ubi jalar kuning degradasi yang terjadi saat ubi direbus 15,1 %, degradasi yang terjadi saat ubi dikukus 16,13 %, degradasi yang terjadi saat digoreng 33,27 %. Pada ubi jalar oranye disetiap perlakuan tidak mengalami peningkatan degradasi yang terjadi saat ubi direbus sebesar 2,29 %, perlakuan dikukus degradasi sebesar 3,24 %, pada saat digoreng degradasi yang terjadi sebesar 38,46 %. Pada ubi jalar ungu dengan perlakuan direbus mengalami peningkatan dan saat dikukus mengalami degradasi sebesar 3,37 %, dan pada saat digoreng degradasi sebesar 5,8 %.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Departemen Pendidikan Nasional yang telah memberikan Beasiswa melalui Prongam Beasiswa Unggulan kepada Loretha Natalia Samber melalui Program Pasca Sarjana Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.

#### PUSTAKA

Budianto, D. A., Bambang M., Sophia R., Yohanis L. S., H. da Silva, Medo K. 2009. *Pelaksanaan Prima Tani di Desa Tobu-Kecamatan Mollo Utara Kabupaten TTS-NTT*. Laporan: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Nusa Tenggara Timur: Departemen Pertanian.

- Burri, J. B. 2011. Evaluating Sweet Potato as an Intervention Food to Prevent Vitamin A Deficiency. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10: 118 – 130.
- Darvin, M. E., I. Gersonde, S. Ey, N. N. Brandt, H. Albrecht, S. A. Gonchukov, W. Sterry & J. Lademann. 2004. Noninvasive Detection of  $\beta$ -Carotene and Lycopene in Human Skin using Raman Spectroscopy. *Laser Physics* 14 (2): 231 – 233.
- Fan, L., Vonshak, A., Zarka, A., and Boussiba, S. 1997. *Does Astaxanthin Protect Haematococcus Against Light Damage?*. Microalgal Biotechnol.Lab.
- Franceschi, E., Alana C., Sandra R. S. F., Marcos H. K., Edvani C. M., Adley F. R. & J. Vladimir O. 2010. Co-Precipitation of  $\beta$ -Carotene and Bio-Polymer Using Supercritical Carbon Dioxide as Antisolvent. *Open Chemical Engineering Journal* 4: 11 – 20.
- Gross, J. 1991. *Pigments In Vegetables (Chlorophylls and Carotenoids)*. Van Nostrand Reinhold, New York, hal. 1 – 351. Batsford, London.
- Harborne, J. B. 1987. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: ITB.
- Harris, A. 2011. *Pengaruh Substitusi Ubi Jalar (Ipomoea batatas) dengan Susu Krim terhadap Pembuatan Es Krim*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Hidayati, A. 2008. *Identifikasi, Karakterifikasi dan Ekstraksi  $\beta$ -Karoten dari Ipomea batatas sebagai Suplemen*. Publikasi Penelitian Berorientasi Produk. Malang: Universitas Muhammadiyah.
- Huaman, Z. 1992. *Systematic Botany and Morphology Sweetpotato Plant*. Technical Information Bulletin 25. International Potato Center, Lima, Peru. 22 pp. ISSN 0256-8675.
- Karnjanawipagul, P., W. Nittayanuntawech, P. Rojsanga & L. Suntornsuk. 2010. Analysis of  $\beta$ -Carotene in Carrot by Spectrophotometry. *Journal of Pharmaceutical Science* 37 (1-2): 8 – 16.
- Leksrisompong, P. P., M. E. Whitson, V. D. Truong, M. A. Drake. 2012. Sensory Attributes and Consumer Acceptance of Sweet Potato Cultivars with Varying Flesh Colors. *Journal of Sensory Studies* 27: 59 – 69.
- Limantara, L. & Rahayu, P. 2007. Prospek Kesehatan Pigmen Alami. *Prosiding Seminar Nasional Pigmen 2008 MB UKSW*, Salatiga ISBN: 979-1098-16-4.
- Low, W. J., Mary A., Nadia O., Benedito C., Filipe Z. & David T. 2007. Ensuring the Supply of and Creating Demand for a Biofortified Crop with a Visible Trait: Lessons Learned from the Introduction of Orange-Fleshed Sweet Potato in Drought-Prone Areas of Mozambique. *Food and Nutrition Bulletin* 28 (2): S258 – S270.
- Lu Shan, Joyce V. E., Xiangjun Z., Alex B. L., Diana M. O., Kelly M. C., Brian J. C., Dominick J. P., David F. G., Julia V., Leon V. K., Hendrik K., Elizabeth D. E., Jun C. & Li Li. 2006. The Cauliflower or Gene Encodes a DNA Cysteine-Rich Domain-Containing Protein That Mediates High Levels of  $\beta$ -Carotene Accumulation. *The Plant Cell* 18: 3594 – 3605.
- Luterotti, S. & Kristina K. 2010. Spectrophotometric Estimation of Total Carotenoids in Cereal Grain Products. *Acta Chim. Slov.* 57 : 781 – 787.
- Variation Among Sweetpotato Clones for  $\beta$ -carotene and Sugar Content. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> ISTRC Symposium* 746 – 754.
- Meludu, N.T. 2010. Proximate Analysis of Sweet Potato Toasted Granules. *Afr. J. Biomed. Res.* 13 (1): 157 – 159.
- Messakh, M., Margareht H., Willem A. S., Simson L., John P., Anne L., Benedikta D., Daniel L. P., Angelinus, Alfred K., Mesakh A., Yagar T. 2010. Komunitas Membaca dan Membaca Komunitas: Studi Partisipatif Sistem Pertanian dan Pemanfaatan Lahan Mollo, Timor Tengah Selatan. *Journal of NTT studies* 2 (1): 61 – 101.
- Parwata Adi Oka, I. M., K. Ratnayani & Ana L. 2010. Aktivitas Antiradikal Bebas serta Kadar  $\beta$ -karoten pada Madu Randu (*Cieba pentandra*) dan Madu Kelengkeng (*Nephelium longata* L.). *Jurnal Kimia* 4 (1): 54 – 62.
- Purseglove, J. W. 1968. *Tropical Crops Dicotyledons I*. London: Longmans Green & Co. Ltd.
- Rukmana, R. 1997. *Ubi Jalar Budidaya Pasca Panen*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Ronoprawiro, S. & Tjitrosoepomo, G. 1993. *Produksi Sayuran di Daerah Tropika*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sastrahidayat, I. R. & S. D. Soemarno. 1991. *Budidaya Berbagai Jenis Tanaman Tropika*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Simbolon, K. 2008. *Pengaruh Persentase Ragi Tape dan Lama Fermentasi terhadap Mutu Tape Ubi Jalar*. Skripsi. Sumatra Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Steenis, C. G. G. J. van, S. Bloembergen & P. J. Eyma. 1975. *Flora*. Jakarta Pusat: Pradnya Paramita.
- Sundari, U. 2008. *Uji Banding Metode Ekstraksi Karotenoid dan Tokoferol Sari Buah Merah*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Supriyono, T. 2008. *Kandungan  $\beta$ -Karoten, Polifenol Total dan Aktivitas “Merantas” Radikal Bebas Kefir Susu Kacang Hijau (Vigna radiata) oleh Pengaruh Jumlah Strater (Lactobacillus bulgaricus dan Candida kefir) dan Konsentrasi Glukosa*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Susilawati & Medikasari. 2008. Kajian Formulasi Tepung Terigu dan Tepung dari Berbagai Jenis Ubi Jalar sebagai Bahan Dasar Pembuatan Biskuit Non-Flaky Crackers. *Prosiding Seminar Nasional dan*

*Teknologi-II 2008 Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung* ISBN : 978-979-1165-74-7.

- Tairo, F., Emmarold M. & Alois K. 2008. Morphological and Agronomical Characterization of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] Germplasm Collection from Tanzania. *African Journal of Plant Science* 2 (8): 77 – 85.
- Teow, C. C., Van-Den T., Roger F. M., Roger L. T., Kenneth V. P., G. Craig Y. 2007. Antioxidant Activities, Phenolic and  $\beta$ -Carotene Contents of Sweet Potato Genotypes with Varying Flesh Colours. *Food Chemistry* 103 : 829 – 838.
- Yanggen, D. & S. Nagujja. 2005. Analysis of Producer and Consumer Preferences for Sweetpotato Varieties in Uganda: Implications for Research and Extension Efforts to Promote Orange Fleshed Sweetpotato Vitamin A Deficiency. *African Crop Science Conference Proceedings* 7: 807 – 811.
- Zuraida, N. 2003. Sweet Potato as an Alternative Food Supplement During Rice Shortage. *Jurnal Litbang Pertanian* 22 (4): 150 – 155.



## Potensi $\beta$ -Karoten pada Rumput Laut Merah Sebagai Provitamin A Federika Kondoririk<sup>1\*</sup>, Martanto Martosupono<sup>1</sup>, dan AB Susanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana

<sup>2</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

\*Email : dikakondoririk@yahoo.co.id

$\beta$ -karoten merupakan pigmen yang berwarna merah, kuning, dan jingga yang terdapat pada buah-buahan, sayuran, serta rumput laut yang tersebar secara luas di alam.  $\beta$ -karoten merupakan salah satu jenis karotenoid yang termasuk di dalam golongan karoten, karena hanya terdiri dari unsur karbon dan hidrogen.  $\beta$ -karoten memiliki fungsi antara lain sebagai antioksidan, pewarna alami, dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh.  $\beta$ -karoten juga dikenal sebagai provitamin A karena setelah  $\beta$ -karoten masuk ke dalam tubuh bersama makanan, kemudian disintesis menjadi vitamin A. Rumput laut merah merupakan salah satu jenis makroalga yang tersebar luas diperairan laut, dan berdasarkan beberapa hasil penelitian mengenai, kandungan  $\beta$ -karoten pada rumput laut merah diperoleh hasil, *kappavicus alvarezii* memiliki kandungan  $\beta$ -karoten tertinggi yaitu 856 IU/g, *Poryphyra vietnamis* 430 IU/g, *Gracilaria solicornia* 60 IU/g *Gracillaria changing* 5.4 IU/g, berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka rumput laut merah dapat dijadikan sebagai alternatif pemenuhan kebutuhan vitamin A. Pada makalah ini dibahas mengenai fungsi  $\beta$ -karoten sebagai provitamin A dalam tubuh manusia, karakteristik  $\beta$ -karoten sebagai provitamin A, struktur  $\beta$ -karoten aktivitas vitamin A, biosintesis  $\beta$ -karoten menjadi vitamin A, metabolisme  $\beta$ -karoten, potensi  $\beta$ -karoten pada rumput laut merah, serta purifikasi dan perhitungan  $\beta$ -karoten pada rumput laut merah.

**Key words:**  $\beta$ -karoten Rumput Laut Merah, Provitamin A

### PENDAHULUAN

Karotenoid merupakan pigmen dengan warna merah, kuning dan jingga yang tersebar luas di alam (Sugawara, et al. 2009). Karotenoid terbentuk karena proses fitokimia yang terjadi dan hadir pada bakteri, jamur, alga, tumbuhan tingkat tinggi dan hewan. Di alam terdapat kurang lebih 700 jenis karotenoid yang kehadirannya melimpah pada sayuran dan buah-buahan, misalnya jeruk, sayuran hijau dan jagung. Jenis-jenis karotenoid yang umum ditemukan adalah  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, dan  $\beta$ -cryptoxantin, lutein, likopen, dan zeaxanthin. Peranan karotenoid sendiri di alam sangat beranekaragam. Pada tumbuhan karotenoid, membantu klorofil dalam proses fotosintesis, *light harvesting* (pemanen cahaya), dan fotoprotektor. Selain itu juga karotenoid memiliki potensi untuk kesehatan manusia antara lain sebagai antioksidan untuk melindungi sel dari radikal bebas (Basu, et al. 2001, Konishi, et al. 2008, Sugawara, et al. 2009, Irwandi, et al. 2011). Radikal bebas adalah molekul yang kehilangan salah satu elektron pada lapisan terluarnya (Gilbert, 2000), sehingga cenderung mencari dan menangkap elektron yang lain untuk menetralkan dirinya (Pervical, 1998). Karotenoid sebagai antioksidan dibutuhkan untuk menetralkan radikal bebas dengan menambahkan elektron pada radikal bebas tersebut (Rao & Rao, 2007).

Dari sekian banyak jenis karotenoid yang sudah ditemukan dan diisolasi dari organisme fotosintetik, terdapat kurang lebih 10% atau sekitar 50 jenis karotenoid yang memiliki aktivitas sebagai provitamin A (Okada, et al. 2008, Irwandi, et al. 2011) Beberapa jenis karotenoid yang berfungsi sebagai provitamin A adalah  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, dan cryptoxanthin (Carrillo-Lopez, Yahia and Ramirez-Padilla 2010). Di antara ketiga jenis karotenoid tersebut,  $\beta$ -karoten memiliki potensi sebagai aktivitas provitamin A yang paling maksimal (Tang & Russell, 2009).

Vitamin A memiliki peranan yang penting bagi kesehatan manusia. Di antaranya adalah untuk diferensiasi sel, mempertahankan sistem ketahanan tubuh, reproduksi, dan untuk penglihatan. Gangguan penglihatan sering dialami oleh wanita dan anak-anak, sesuai dengan laporan dari WHO (World Health Organization) bahwa kurang lebih 122 negara di dunia mengalami kekurangan vitamin A (Tanumihardjo, 2011).

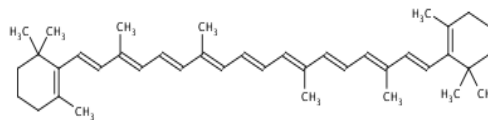
Pada umumnya organisme hidup seperti manusia dan hewan tidak dapat memproduksi sendiri vitamin A. Oleh karena itu provitamin A diperoleh dari makanan yang dikonsumsi sehari-hari seperti sayuran dan buah-buahan. Selanjutnya di dalam tubuh terjadi proses biokonversi provitamin A menjadi vitamin A dengan bantuan enzim BCO1 ( $\beta$ -karoten 15-15'-oksigenase) dan BCO2 ( $\beta$ -karoten 9-10'-oksigenase) (Jason, et al., 2002).

Selain buah-buahan dan sayuran, provitamin A juga terkandung pada rumput laut merah (Norziah & Ching, 2008). Studi pustaka ini bertujuan untuk mengkaji  $\beta$ -karoten sebagai prekursor vitamin A, karakteristik  $\beta$ -karoten sebagai provitamin A (vitamin A), struktur  $\beta$ -karoten dan aktivitas vitamin A, biosintesis  $\beta$ -karoten menjadi vitamin A, metabolisme  $\beta$ -karoten, rumput laut merah sebagai sumber  $\beta$ -karoten, purifikasi dan perhitungan  $\beta$ -karoten pada rumput laut merah.

### **Karakteristik $\beta$ -karoten sebagai provitamin A (Vitamin A)**

Di alam karotenoid terbagi menjadi dua bagian yaitu karotenoid yang bersifat nonpolar yang dikenal dengan karoten dan yang bersifat polar yang dikenal dengan santofil. (Djitmau, Rondonuwu, & Semangun, 2010). Karoten memiliki ikatan karbon dan hidrogen contoh karoten antara lain  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, sedangkan santofil merupakan turunan karoten teroksidasi yang sebagian besar mempunyai gugus hidroksil, kepo, epoksi, metoksi dan karbosiklik (Gross 1991, Tuririday and Karwur 2008), contoh santofil astaxantin, zeaxantin.

$\beta$ -karoten merupakan golongan tetraterpenoid yang tersusun atas 40 atom karbon dengan rumus kimia  $C_{40}H_{56}$ .  $\beta$ -karoten terdiri dari sebelas ikatan konjugasi dengan dua cincin  $\beta$ -ionin pada awal dan akhir rantai konjugasi. Karena  $\beta$ -karoten memiliki dua cincin  $\beta$ -ionin sehingga dapat menghasilkan dua molekul vitamin A, hal ini menyebabkan  $\beta$ -karoten menjadi alternatif vitamin A yang lebih baik jika dibandingkan dengan  $\alpha$ -karoten dan criptoxantin yang hanya dapat menghasilkan satu molekul vitamin A. Spektrum maksimal  $\beta$ -karoten pada panjang gelombang 400-500 dan puncak utama disekitar 450 nm dan biasanya ada dua puncak tambahan pada kedua sisi puncak utama.  $\beta$ -karoten merupakan fitonutrien yang memberikan warna baik kuning, jingga, dan merah pada buah-buahan serta sayuran (Gross 1991)



Gambar 1 : Struktur Kimia  $\beta$ -karoten

Di alam, kehadiran karotenoid dipengaruhi juga oleh *trans* dan *cis* isomer. Konfigurasi *cis* isomer dari karotenoid merupakan hasil dari proses biokimia karotenoid untuk beberapa kondisi yaitu suhu tinggi, cahaya, dan kondisi asam, selain itu juga proses pengolahan makanan seperti pemanasan dan perebusan. (Bowen, M, Espinosa, Hussain, & Sapuntzakakis, 2002) Isomer *cis/trans* penting untuk nutrisi makanan, berkaitan dengan aktivitas provitamin A. Isomer *cis* memiliki aktivitas provitamin A yang rendah jika dibandingkan dengan *trans* karotenoid (O'neil & Schwartz, 1992; Stahl, Schwarz, Sundquist, & Sies, 1992). Senyawa  $\beta$ -karoten dengan isomer *trans* memiliki aktivitas provitamin A sebanyak 100%, sedangkan jika terjadi perubahan struktur kimia pada isomer  $\beta$ -karoten dari *trans* menjadi *cis* maka aktivitas vitamin A berkurang secara signifikan dari 100% menjadi 30% (Andarwulan & Sutrisno, 1992). (Lyn Patrick 2000) melaporkan bahwa di dalam makanan dan plasma manusia terdapat isomer *all trans*- $\beta$ -karoten dan beberapa *cis*- $\beta$ -karoten misalnya 9-*cis*- $\beta$ -karoten, 13-*cis*- $\beta$ -karoten dan 15-*cis*- $\beta$ -karoten, banyaknya kandungan isomer *trans* maupun *cis* bergantung pada sumber atau jenis makanan yang dikonsumsi.

### **Struktur $\beta$ -karoten dan aktivitas vitamin A**

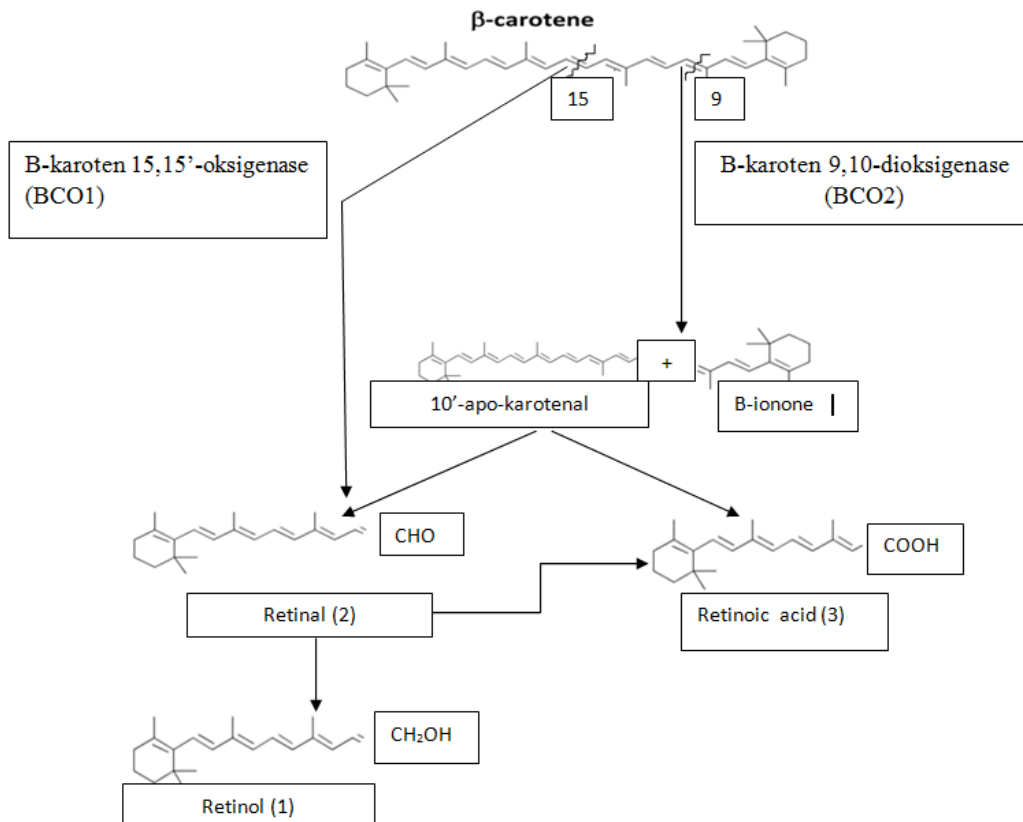
Ketersediaan karotenoid di alam umumnya dipengaruhi oleh jenisnya, hal ini berkaitan dengan isomer baik *trans* maupun *cis*, di alam isomer yang dimiliki oleh sayuran dan buah-buahan adalah *trans*. Sama halnya dengan  $\beta$ -karoten berada dalam bentuk *all trans*- $\beta$ -karoten, *all trans*  $\beta$ -karoten lebih stabil jika dibandingkan dengan *cis*- $\beta$ -karoten, (Krinsky & Yuem, 2005). Hal ini disebabkan karena kebanyakan isomer *trans* lebih stabil, jika dibandingkan dengan isomer *cis*, karena isomer *cis* bersifat lebih polar, kemampuan mengkristal lebih rendah, larut dalam minyak dan pelarut hidrokarbon (Bowen, M, Espinosa, Hussain, & Sapuntzakakis, 2002). *Trans*  $\beta$ -karoten mampu menghasilkan dua molekul dengan pembelahan oksidatif yang dikatalisis oleh enzim BCO1. Sedangkan jika pembelahan dikatalisis oleh enzim BCO2 menghasilkan satu molekul  $\beta$ -apo-10'-karotenal dan selanjutnya oleh enzim lain akan dikonversikan menjadi molekul retinal (Lyn Patrick 2000).

### **Biosintesis $\beta$ -karoten menjadi Vitamin A**

Enzim BCO1 dan BCO2 merupakan jenis enzim oksigenase yang mengkatalisis karotenoid secara simetris dan asimetris. Enzim BCO1 akan memotong secara simetris  $\beta$ -karoten pada ikatan rangkap 15.15' rantai poliena dengan menghasilkan dua molekul retinal sedangkan enzim BCO2 memotong secara asimetris  $\beta$ -karoten pada ikatan rangkap 9.10' dan menghasilkan satu molekul  $\beta$ -

10'-apokarotenal dan  $\beta$ -ionine, yang dalam proses selanjutnya  $\beta$ -10'-apokarotenal akan disintesis oleh enzim untuk menghasilkan retinal (Wyss, 2004).

Enzim BCO1 terdapat pada mukosa usus halus dan sel grandula dari sel perut, usus besar, hepatosit dan sel kelenjar eksokrin pada pankreas, sel grandula pada prostat, endometrium dan kelenjar susu, sel ginjal dan keratin dari epithelium squomosa pada kulit Selain itu, BCO1 tereksprei sel otot pada tulang belakang, ovarium, kelenjar adrenal dengan ekspresi steroidogenik yang mengekspresikan BCO1. Ekspresi dari BCO1 juga ditemukan pada pigmen epithelium retinal dan pigmen silia pada epithelia mata. Enzim BCO2 pada umum hadir pada sebagian besar jaringan tetapi dalam konsentrasi yang rendah jika dibandingkan dengan BCO1. Aktivitas BCO2 hadir pada semua bagian sel yang terekpresi juga oleh BCO1, kecuali kulit, sel ovarium dan epithelium sel kolon. BCO2 hanya ditemukan pada jantung dan sel otot tulang belakang, prostat dan pada sel penghubung antara jaringan endometrial dan endokrin pankreas (Lietz, *et al.* 2012)



Gambar 1: Biosintesis  $\beta$ -karoten menjadi vitamin A (retinol 1), (retinal 2), dan (asam retinoid 3) dengan pembelahan eksentrik dari  $\beta$ -karoten dengan  $\beta$ -karoten 15,15'(BCO1) dan  $\beta$ -karoten 9, 10-oksigenase (BCO2) (Tang & Russell, 2009).

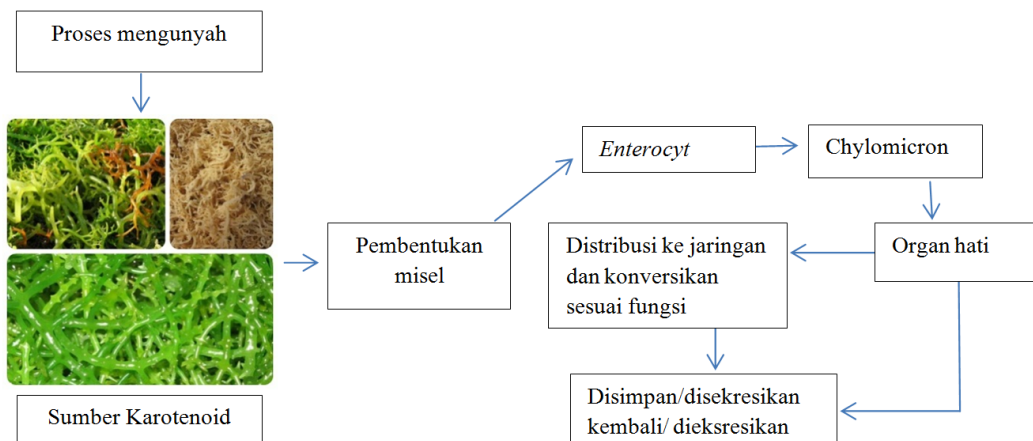
### Metabolisme $\beta$ -karoten

Metabolisme karotenoid terjadi ketika makhluk hidup mengkonsumsi makanan yang mengandung  $\beta$ -karoten, selanjutnya makanan yang sudah dikonsumsi tersebut harus terlepas dari matriks makanan bergabung dengan missel dan akan diserap lalu dikonversikan menjadi vitamin A (Castenmiller & West, 1998). Jika matriks makanan berupa serat atau protein maka akan dicerna terlebih dahulu dengan beberapa cara yaitu, mastikasi, asam gastrik, enzim pankreatik, dan asam bile (Eldahshan & Singab, 2013). Proses konversi provitamin A karotenoid menjadi vitamin A pada umumnya terjadi pada sel epitel mucus usus halus. Setelah terjadi proses konversi vitamin A, kemudian akandiangkut melalui *Chylomicron* ke sistem limfatik dan selanjutnya dibawa ke hati untuk disimpan (Lietz, Oxley, Saadatmandi, & Kobayashi, 2012).

Pada *enterocyte* usus kecil,  $\beta$ -karoten akan mengalami transformasi menjadi vitamin A terutama ester retinal (20-75%). Konversi  $\beta$ -karoten menjadi vitamin A pada umumnya terjadi pada mukosa usus, proses konversi bergantung kepada status konten vitamin A pada individual.

Dalam mengonsumsi  $\beta$ -karoten secara berlebihan pada beberapa spesies tidak menunjukkan adanya keracunan, hal ini diatur oleh mekanisme pengatur pembatasan produksi vitamin A dari karotenoid. Pada saat konsumsi  $\beta$ -karoten berlebihan maka tidak dikonversikan lagi menjadi vitamin A, tetapi akan diabsorpsi oleh saluran limfatik, dan bergabung dengan *chylomicrons* yang mengambil produk  $\beta$ -karoten atau non- produk vitamin A dari pembelahan  $\beta$ -karoten. Semua jenis karotenoid ditemukan pada aliran darah, yang nantinya akan bergabung dengan *cylicomicrons* atau *very low density lipoproteins* (VLDL), *low density lipoprotein* (LDL) dan *high density lipoprotein* (HDL) dan selanjutnya akan diedarkan ke seluruh bagian tubuh yang membutuhkan (Gronowska-Senger and Wolf 1970, Blomstrand and Werner 1967, Lyn Patrick 2000).

Jumlah konsumsi jenis karotenoid dalam makanan meningkat, kemanjuran penyerapan menurun hal ini dikarenakan, banyak faktor yang mempengaruhi pemanfaatan dan penyerapan dari pro-vitamin A antara lain: jumlah, tipe, bentuk fisika dari karotenoid pada makanan, lemak, vitamin E, serat, protein, status zinc, penyakit dan interaksi parasit. (Rodrigues-Amaya 1997)



Gambar 2 : Skema pencernaan dan penyerapan karotenoid dalam tubuh.  
(Lee, et al., 1999) & (Turiday & Karwur , 2008)

### ***Rumput laut merah sebagai sumber $\beta$ -karoten***

Rumput laut merupakan makroalga yang menjadi sumber daya laut yang penting karena dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan, pangan, dan obat-obatan sejak zaman kuno di Barat (Kumar, Kumar, Bora, Kaur Amb, & Chakraborty, 2009). Rumput laut sendiri dikelompokkan ke dalam tiga divisi yaitu Rhodophyceae (alga merah), Phaeophyceae (alga coklat), dan Chlorophyceae (alga hijau). Kandungan gizi pada rumput laut secara keseluruhan sangat beranekaragam mulai dari karbohidrat, protein, lemak sedikit, garam natrium, kalium, vitamin A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> dan C,  $\beta$ -karoten dan mineral seperti kalium, fosfor, natrium, zat besi, dan yodium (Anggadiredja, Zatinika, Purwoto, & Istiani, 2008). Selain itu Rumput laut memiliki kandungan jenis karotenoid yang beranekaragam dan terdapat kurang lebih 100 jenis karotenoid yang berhasil disintesis dari rumput laut dan jumlah karotenoid yang dihasilkan lebih beragam jika dibandingkan dengan tumbuhan tingkat tinggi yang ada di daratan (de Fretes, Susanto, Prasetyo, & Limantara, 2012).

Komposisi kandungan  $\beta$ -karoten yang dimiliki oleh rumput laut berbeda antara setiap jenis spesies rumput laut dan hal ini dipengaruhi oleh letak geografi, musim, serta suhu dimana rumput laut tersebut tumbuh. Rumput laut memiliki kandungan kalori yang rendah, tetapi kaya akan vitamin, mineral, dan serat (Ito & Hori, 1989).

Dari ketiga divisi rumput laut semuanya memiliki potensi sebagai penghasil  $\beta$ -karoten. Kandungan  $\beta$ -karoten dari beberapa jenis rumput laut merah, yaitu *Ahnfeltiopsis concinna* (16 IU g<sup>-1</sup>), *Ahnfeltiopsi concinna* (40 IU g<sup>-1</sup>), *Chondrus ocellatus* (30 IU g<sup>-1</sup>), *Euclima denticulate* (28 IU g<sup>-1</sup>), *Gracilaria coronopifolia* (15 IU g<sup>-1</sup>), *Porphyra vietnamensis* (430 IU g<sup>-1</sup>) (McDermid & Stuercke, 2003). Penelitian yang lain terhadap *Gracilaria changging* dan *Kappapicus alvarezii* (Doty) menunjukkan bahwa kandungan  $\beta$ -karoten secara berturut-turut adalah  $5.2 \pm 0.4$  mg dan 865 IU/g per 100 g sampel (Fayaz, et al., 2005; Norziah & Ching, 2008).

### Purifikasi dan perhitungan $\beta$ -karoten

Untuk mengisolasi karotenoid ada beberapa tahapan yang harus dijalani yaitu ekstraksi, saponifikasi, dan separasi (pemisahan). Untuk mengidentifikasi pemisahan pigmen menggunakan spektroskopi dan perangkat kromatografi (TLC, HPLC). Jika yang ingin dipurifikasi adalah jaringan segar maka menggunakan pelarut aseton, metanol, etanol dan terkadang digunakan bersama misalnya, aseton:methanol, sedangkan untuk sampel kering digunakan dieteil eter dan petroleum eter (Gross 1991). Table 1 menjelaskan tentang kandungan  $\beta$ -karoten yang dimiliki oleh beberapa jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*).

Tabel 1. Pengujian tentang kadungan  $\beta$ -karoten pada beberapa jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*)

Jenis Rumput Laut	Metode Ekstraksi	Kandungan $\beta$ -karoten/100 g berat kering (IU/g)	Metode perhitungan kandungan $\beta$ -karoten	Referensi
<i>Gracillaria changing</i>	Tetrahydrofuran/methanol (1:1 THP:MeOH)	5.2	HPLC	(Norziah & Ching, 2008)
<i>Gracilaria solicornia</i>	Chloroform:methanol (2:1 v/v)	60	Spektrofotometer	(McDermid & Stuercke, 2003)
<i>Poryphyra vietnamis</i>	Chloroform:methanol (2:1 v/v)	430	Spektrofotometer	(McDermid & Stuercke, 2003)
<i>Kappapicus alvarezii</i>	n-heksan, aseton, etilen asetat, etanol dan kloroform, methanol (1:1 dan 2:1)	865	HPLC	(Fayaz, et al., 2005)

### KESIMPULAN

Peningkatan konsumsi  $\beta$ -karoten dapat mencegah berbagai macam penyakit yang disebabkan oleh radikal bebas seperti kanker, penyakit kardiovaskuler (jantung). Kandungan  $\beta$ -karoten pada rumput laut merah yang tertinggi pada *kappapicus alvarezii* sebesar 856 IU/g, *Poryphyra vietnamis* 430 IU /g, *Gracilaria solicornia* 60 IU/g, *Gracillaria changing* 5.4 IU/g, berdasarkan hasil penelitian ini rumput laut merah memiliki, potesi sebagai sumber alternatif untuk memenuhi kebutuhan manusia akan vitamin A.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Departemen Pendidikan Nasional yang telah memberikan beasiswa melalui Program Beasiswa Unggulan kepada Federika Kondororik, melalui Program Pascasarjana Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

### DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N. & Sutrisno, K. (1992). *Kimia Vitamin*. Jakarta: Rajawali Press.
- Anggadiredja, J., Zatinika, A., Purwoto, H., & Istiani, S. (2008). *Rumput Laut pembudidayaan, pengolahan, dan pemasaran komoditas perikanan potensial*. Jakarta, Penebar Swadaya.
- Blomstrand, R., and B Werner. "Studies on the intestinal absorption of radioactive betacarotene and vitamin A in man. Conversion of beta-carotene into vitamin A." *Scand J Clin Lab* 19 (1967): 339-345.
- Bowen, P., M, S., Espinosa, H., Hussain, E., & Sapuntzakis, M. S. (2002). Esterification Does Not Impair Lutein Bioavailability in Humans. *Journal Nutrition*, 132:3668–3673.
- Basu, HN, AJD Vecchio, F Flider, and FT Orthoefer. "Nutritional and Potential Disease Prevention Properties of Carotenoids." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 78, no. 7 (2001): 665-675.
- Carrillo-Lopez, A, EM Yahia, and GK Ramirez-Padilla. "Bioconversion of Carotenoids in Five Fruits and Vegetables to Vitamin A Measured by Retinol Accumulation in Rat Livers." *Am. J. Agric. Biol. Sci* 5, no. 2 (2010): 215-221.
- Castenmiller, J. & West, C. (1998). Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annual review of nutrition*, 18(1):19 - 38.
- Clinton, S., Emehiser, C., Schwartz, S., Bostwick, D., Williams, A., & Moore, B. (1996). Cis-trans Lycopene Isomers, Carotenoids, and Retinol in the Human Prostate. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 823-833.

- de Fretes, Helly., Susanto , A., Prasetyo, B., & Limantara, L. (2012). Karotenoid dari makroalgae dan Mikroalgae: Potensi Kesehatan Aplikasi dan Bioteknologi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* , 23.
- Djitmau, M., Rondonuwu, F., & Semangun, H. (2010). Likopen: Pelindung Fungsi Indera Penglihatan, Peraba, dan Perasa. *Prosiding Seminar Biologi UNS*, 7. Solo.
- Eldahshan , O.& Singab, A. (2013). Carotenoids. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(1):225 - 234.
- Fayaz, M., Namitha, K., Murthy, K., Swamy, M., Sarada, R.&Khanam, S. (2005). Chemical composition, iron bioavailability, and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezzi* (Doty). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3) :792-797.
- Gronowska-Senger, A, and G Wolf. "Effect of dietary protein on the enzyme from rat and human intestine which converts beta-carotene to retinal." *Journal Nutrition* 100 (1970): 300-308
- Gilbert, D. L. (2000). Fifty years of radical ideas. *Annals of The New York Academy of Science*: 1 - 14.
- Gross, J. (1991). *Pigment in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Irwandi , J., Noviendri, D., Hasrini, R., & Octavianti, F. (2011). Carotenoids: Sources, medicinal properties and their application in food and nutraceutical industry. *Journal of Medicinal Plants Research*: 7119-7131.
- Ito, K.& Hori, K. (1989). Seaweed: chemical composition and potential food uses. *Food reviews international*, 5(1):101 - 144.
- Jason, J., Archibald, L. K., Nwanyanwu, O. C., Sowell, A. L., Buchanan, I.&Larned, J.(2002). Vitamin A Levels and Immunity in Humans. *Clinical and Vaccine Immunology*, 9(3):616 - 621.
- Konishi, I, M Hosokawa, T Sashima, T Maoka, and K Miyashita. "Suppressive Effects of Alloxanthin and Diatoxanthin from *Halocynthia roretzi* on LPS-induced Expression of Pro-inflammatory Genes in RAW264.7 Cells." *J. Oleo Sci* 57, no. 3 (2008): 181-189.
- Kumar , R., Kumar , N., Bora , A., Kaur Amb, M., & Chakraborty, S. (2009). An Evaluation of the Pigment Composition of Eighteen Marine Macroalgae Collected from Okha Coast, Gulf of Kutch, India. *Nepal Journal Online* , 7:48-55.
- Krinsky, N.& Yuem, K. (2005). Carotenoid-radical interaction. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 305(3): 754 - 760.
- Lee, M., Boileua, C., Boileua , M., Williams , W., Swanson , S.&Heintz, A.(1999). Review of animals model in carotenoids research. *Journal Nutrition*, 129, 1171-2271.
- Lietz, G., Oxley, A., Saadatmandi, C., & Kobayashi, D. (2012). Importance of b,b-carotene 15,15'-monooxygenase 1 (BCMO1) and b,b-carotene 90,100-dioxygenase 2 (BCDO2) in nutrition and health. *Mol. Nutr. Food Res*: 241–250.
- Lindqvist, Annika , Yu-Guang He, and Stefan Andersson. (2005) "Cell Type-specific Expression of b-Carotene 9', 10'-Monooxygenase in Human Tissues." *Journal of Histochemistry & Cytochemistry* 53, no. 11: 1402-12.
- McDermid, K.& Stuercke, B. (2003). Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *Journal of Applied Phycology*: 513–524.
- Norziah, M. H.& Ching, C. Y. (2008). Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*: 69-76.
- Okada, T, M Nakai, H Maeda, M Hosokawa, T Sashima, and K Miyashita. "Suppressive Effect of Neoxanthin on the Differentiation of 3T3-L1 Adipose Cells." *J. Oleo. Sci* 57, no. 6 (2008): 345-351.
- O'neil, C.& Schwartz, S. (1992). Chromatographic analysis of cis/trans carotenoid isomers. *Journal Chromatographic A*, 624: 235 - 252.
- Patrick, L. (2000). *Beta-carotene: the controversy continues*, 5(6): 530 - 545.
- Pervical, M. (1998). Antioxidants. *Clinical Nutrition Insight*, 31:1-4.
- Rodrigues-Amaya, DB. "Carotenoid and Food Preparation : the retention of Vit A carotenoids in prepared, Processed, and Stored Foods." 1997.
- Rao, A.& Rao, L. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55(3): 207 - 216.
- Sugawara, T, *et al.* "Esterification of xanthophylls by human intestinal Caco-2 cell." *Arch. Biochem. Biophys* 483 (2009): 205-212.
- Stahl, W., Schwarz, W., Sundquist, A.& Sies, H. (1992). cis-trans Isomers of lycopene and beta-carotene in human serum and tissues. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 294: 173 - 177.
- Tang , G.& Russell, R. (2009). Carotenoids as aProvitamin A. G. Britton, J. Liaaen, & H. Pfander, *Carotenoids* (pp. 149-172). Germany: Birkhauser Verlag Basel.
- Tanumihardjo, S. A. (2011). Vitamin A: biomarkers of nutrition for development1–4. *Am J Clin Nutr*, 658–665.
- Tuririday, H.& Karwur , F. (2008). Metabolisme Karotenoid padaSel Hewan:Bioavailabilitas,Absorbsi, dan Biokonversi. *Seminar Nasional Pigmen* : 431-443.
- Wyss, A. (2004). Carotene oxygenases: a new family of double bond cleavage enzymes. *The Journal of Nutrition*, 134(1): 246S - 250S.

**PROSIDING**

Seminar Nasional Biologi XXII Perhimpunan Biologi Indonesia

## EKOLOGI DAN KONSERVASI



# Gastropoda di Kawasan Teluk Penyu dan Segara Anakan Cilacap, Jawa Tengah : Keanekaragaman Jenis dan Distribusi

**Nova Mujiono**

*Bidang Zoologi, Puslit Biologi LIPI. Jl. Raya Jakarta-Bogor km 46 Cibinong, Bogor.  
Email : nova004@lipi.go.id*

Telah dilakukan sensus keanekaragaman jenis gastropoda di kawasan Teluk Penyu dan Segara Anakan Cilacap, Jawa Tengah. Studi ini mengacu pada sumber data primer berupa koleksi spesimen gastropoda dari tahun 1972-2010 di Museum Zoologi Bogor (MZB) serta sumber data sekunder berupa pustaka online dan cetak dengan tujuan untuk membandingkan antara kedua macam sumber data tersebut. Berdasarkan 16 lokasi (primer : 15, sekunder : 5) diketahui terdapat sekitar 36 suku dan 131 jenis gastropoda (primer : 25 suku, 71 jenis, 176 no register, 1.720 spesimen; sekunder : 22 suku, 84 jenis). Suku dengan jumlah jenis terbanyak ialah Neritidae (primer : 15, sekunder : 15). Distribusi jenis, tipe makan dan potensinya akan dibahas lebih lanjut dalam makalah ini.

Kata kunci : Teluk Penyu, Segara Anakan, Cilacap, gastropoda

## PENDAHULUAN

Teluk Penyu dan Segara Anakan terletak pada pantai selatan Pulau Jawa, secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Teluk Penyu merupakan suatu wilayah perairan laut yang menjorok ke arah daratan. Saat ini menjadi kawasan wisata laut yang populer. Panjang garis pantainya sekitar 3 km dan luas obyek wisata sekitar 20 ha . Secara administratif masuk dalam wilayah Kecamatan Cilacap Selatan (Ngatno, 1999). Segara Anakan merupakan suatu kawasan laguna yang letaknya bersebelahan dengan Teluk Penyu. Luas permukaan daratannya sekitar 3.225 ha. Ekosistem di Segara Anakan didominasi oleh hutan bakau dengan total luas sekitar 25.000 ha. Suplai air laut berasal dari bagian barat dan timur laguna, sedangkan suplai air tawar berasal dari 3 sungai utama yaitu Citanduy, Cibeureum dan Kawunganten (White et al, 1989).

Sebagai suatu kawasan alami, Teluk Penyu dan Segara Anakan merupakan rumah bagi bermacam ragam jenis biota yang tinggal di dalamnya. Biota di kawasan ini telah diteliti secara intensif sejak lama. Beberapa kajian diantaranya adalah fitoplankton (Praseno,1983), tumbuhan bakau (White et al, 1989; Setyawan, 2005; Suryono, 2006; Hinrichs et al, 2009), zooplankton (Sutomo et al, 1999), kopepoda parasit (Yuniar et al, 2007), udang jerbung (Djamali & Soeroyo,1989), ikan (Djamali et al, 1995).

Kawasan Teluk Penyu dan Segaran Anakan merupakan wilayah yang dinamis. Sebagai muara dari berbagai sungai yang mengalir kearahnya menjadikannya kaya akan nutrisi. Hal ini menjadi tujuan utama bermacam jenis biota akuatik untuk beruaya ataupun tinggal menetap. Melimpahnya sumber daya hewani di sana menarik penduduk untuk bermukim di dekatnya. Sayangnya banyak aktivitas manusia yang mengarah pada perusakan ekosistem seperti penebangan liar dan sedimentasi (Yuwono et al, 2007), pembuangan limbah (Dsikowitzky et al, 2011) dan pencemaran minyak (Soedradjad, 2003). Hal ini kian diperparah dengan adanya kecelakaan kapal tengker yang mengakibatkan tumpahnya minyak di tahun 1994 dan 1999 serta aspal pada tahun 2000 (Setyawan et al, 2003).

Dahulu kawasan Teluk Penyu dikenal dengan nama Pantai Pandanarang karena banyaknya pohon Pandan yang cocok untuk habitat bertelur penyu di sepanjang pantai. Namun sejak tahun 1975 sudah tidak ada lagi penyu karena hilangnya pohon Pandan di sepanjang pantai (Suara Merdeka, 27 Maret 2004; Media Indonesia, 16 Desember 2009). Hal yang sama dialami oleh laguna Segara Anakan. Laju penumpukan sedimen yang dibawa dari Sungai Citanduy (6,1-7,2 km<sup>3</sup>/thn) menjadikan luas daratan kian bertambah, sebaliknya luas perairan kian menyusut. Luas hutan bakau terus menyusut (1972 : 31,491 ha, 2004 : 22,200 ha) sementara konversinya menjadi sawah terus bertambah (1972 : 22,821 ha, 2004 : 27,200 ha) (Yuwono et al, 2007). Luas laguna juga kian menyusut tiap tahun (1900 : 6.898 ha, darat 223 ha, air 6.675 ha; 1984 : 4.050 ha, darat 1.289 ha, air 2.761 ha) (White et al, 1989). Laju sedimentasi juga mengakibatkan punahnya kerang mutiara (sipping : *Pinctada margaritifera* (Pteriidae)) yang dahulu sekitar tahun 1699-1752 menjadi primadona VOC (Costa et al, 2009; Manez, 2010).

Meskipun telah banyak dilakukan penelitian moluska, khususnya gastropoda di kawasan ini (Sabar et al ,1979; White et al,1989; Karyanto et al, 2004; Pulungsari, 2004; Yuwono et al, 2007, Nordhaus et al, 2009; Pribadi et al, 2009; Dsikowitzky et al, 2011), namun masih dirasa perlu



dilakukan penelitian lanjut dengan data yang diambil dari tahun sebelum 1979 hingga data terbaru saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk menghimpun informasi keanekaragaman jenis gastropoda dari kawasan Teluk Penyu dan Segara Anakan menggunakan data spesimen koleksi museum kemudian dikompilasi dengan data daftar jenis yang telah ada pada publikasi saat ini. Hasilnya diharapkan merupakan data yang komprehensif dan bisa dijadikan acuan bagi mereka yang meneliti hal serupa.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini mempergunakan dua sumber data yaitu : 1). Data Primer berupa koleksi spesimen gastropoda di Museum Zoologi Bogor (MZB). Sampai saat ini data koleksi yang tercatat di buku register spesimen telah mencapai nomer 17.222 yang terdiri dari 17 seri buku. Data terakhir diinput dan di perbaharui pada tanggal 5 Juli 2013. 2) Data Sekunder berupa pustaka online maupun cetak. Untuk pustaka online diperoleh melalui *search engine* GOOGLE® dan website beberapa penerbit jurnal seperti SPRINGERLINK, SCIENCEDIRECT dan WILEY dengan memasukkan kata kunci pencarian : Segara Anakan atau Cilacap.

Untuk validasi nama jenis mengacu pada website <http://www.bagniliggia.it/WMSD/WMSDhome.htm> (WMSD - Worldwide mollusc species data base) dan <http://www.marinespecies.org/> (World Register of Marine Species). Untuk mengetahui status konservasinya mengacu pada website [iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Adapun urutan pencarian berdasarkan : 1) taxonomy (gastropoda), 2) location (land region : south and southeast asia (Indonesia), 3) habitats (marine intertidal). Untuk referensi potensi dan tipe makanan mengacu pada Poutiers (1998) dan Todd (2001).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Perbandingan Data Primer Dan Sekundeer*

Berdasarkan sumber primer diketahui sebanyak 176 nomer register spesimen dengan jumlah total sebanyak 1.720 spesimen. Data diperoleh dari rentang waktu 1972 – 2010. Terdapat 2 nomer register yang tidak dilengkapi dengan tahun (MZB.Gst.880 Architectonidae : *Architectonica laevigata*, Cilacap, 3 ex dan MZB.Gst.2781 Olividae : *Olivancillaria acuminata*,

Cilacap, 2 ex). Sebagai pedoman, 1 nomer register dianggap sebagai 1 data, ex (exemplaar, dari bahasa Belanda) menunjukkan satuan jumlah spesimen/individu dalam 1 nomer register.

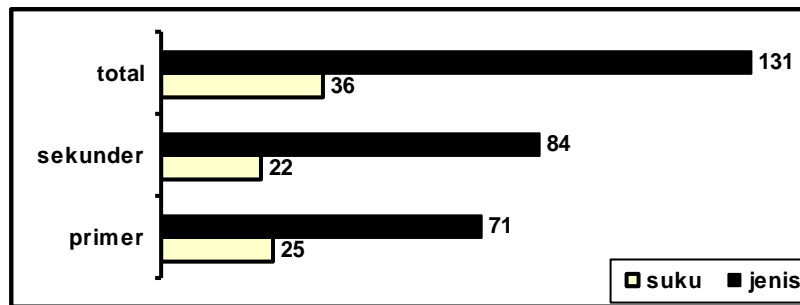
Sementara itu berdasarkan sumber sekunder diperoleh sebanyak 152 data yang diurut berdasarkan tahun publikasi dengan rincian sebagai berikut :

- Sabar et al (1979) : 12 data, tanpa ada data jumlah individu
- White et al (1989) : 6 data, tanpa ada data jumlah individu
- Karyanto et al (2004) : 11 data, tanpa ada data jumlah individu
- Pulung Sari (2004) : 10 data, 577 individu
- Yuwono et al (2007) : 4 data, tanpa ada data jumlah individu
- Nordhaus et al (2009) : 58 data, tanpa ada data jumlah individu
- Pribadi et al (2009) : 42 data, 14.369 individu
- Dsikowitzky et al (2011) : 1 data, tanpa ada data jumlah individu

Dilihat dari kelengkapan data, sumber primer terlihat lebih lengkap dibanding sumber sekunder, hal ini tampak pada lebih banyaknya data yang terekam di dalamnya. Dalam standar penulisan koleksi spesimen, semua koleksi harus mencantumkan nomer register, nama suku dan jenis, lokasi, tahun, kolektor serta jumlah spesimen (Marwoto & Shintosari, 1999).

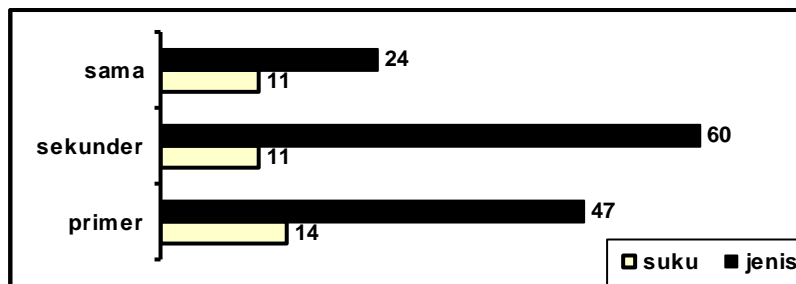
#### *Keanekaragaman*

Berdasarkan sumber primer diketahui sebanyak 176 nomer register spesimen dengan jumlah total sebanyak 1.720 spesimen yang terbagi ke dalam 25 suku dan 71 jenis, 3 diantaranya masih teridentifikasi sampai tingkat marga (MZB.Gst.7153 *Purpura* sp., MZB.Gst.13567 *Agaronia* sp., MZB.Gst.16155 *Cerithidea* sp.). Sementara itu berdasarkan sumber sekunder diketahui terdapat 22 suku dengan 84 jenis, 31 diantaranya masih teridentifikasi sampai tingkat marga (White et al (1989) : 5, Karyanto et al (2004) : 2, Nordhaus et al (2009) : 19, Pribadi et al (2009) : 20). Secara total terdapat 36 suku dan 129 jenis gastropoda di kawasan tersebut.



Gambar 1. Jumlah total dan perbandingan keanekaragaman jenis gastropoda di kawasan Teluk Penyau dan Segara Anakan berdasarkan sumber primer dan sumber sekunder.

Keanekaragaman jenis gastropoda dari dua sumber ternyata memiliki beberapa kesamaan komposisi. Terdapat sebanyak 11 suku dan 24 jenis gastropoda yang sama, sementara itu sebanyak 14 suku dan 47 jenis hanya ada dari sumber primer saja dan sebanyak 11 suku dan 60 jenis hanya ada dari sumber sekunder saja.



Gambar 2. Perbandingan komposisi suku dan jenis serta kesamaan yang ada pada kedua sumber data.

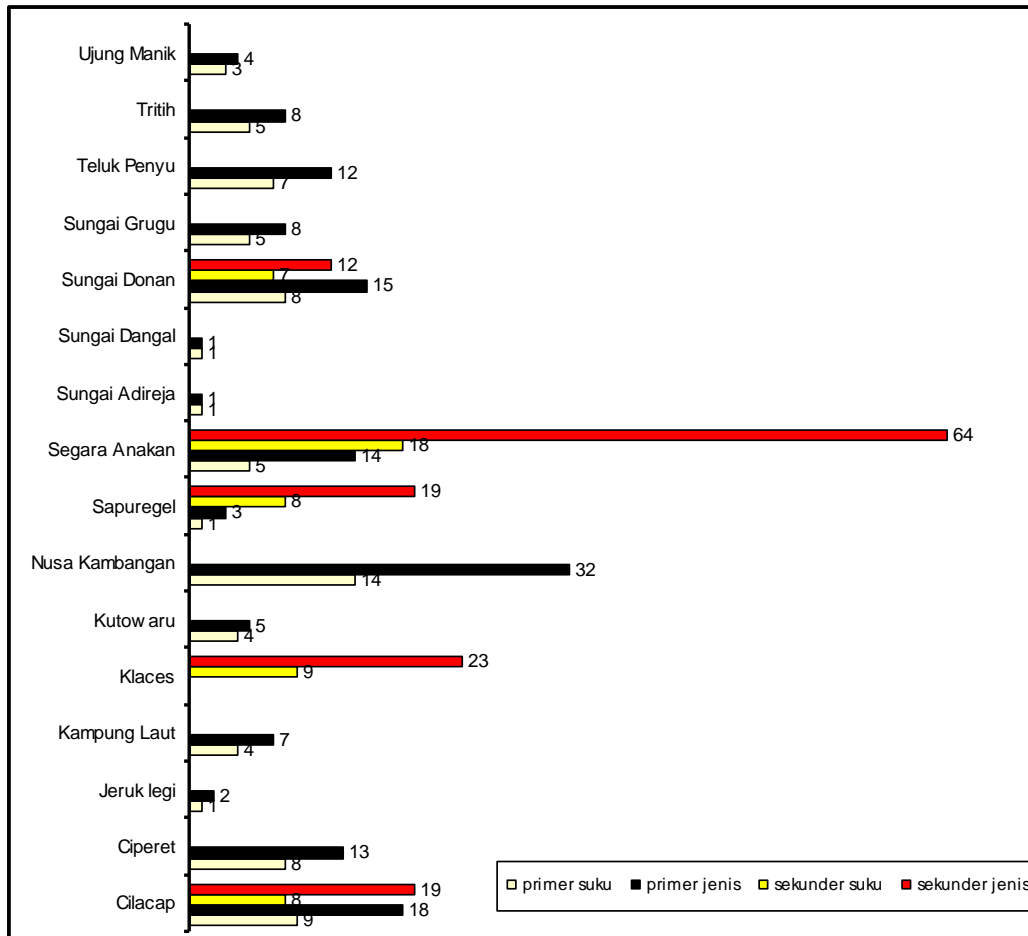
Ketelitian dalam penulisan hasil identifikasi menjadi tuntutan dalam mengidentifikasi spesimen hasil koleksi. Pengetahuan ilmu taksonomi sangat mempengaruhinya, disini terlihat bahwa sumber primer lebih mendetil karena jumlah penulisan hasil identifikasi harus sampai tingkat jenis (tingkatan takson terendah, dibawah marga).

Tingkatan kesamaan jumlah suku mencapai 30,5% sedangkan jumlah jenis mencapai 18,3%. Angka ini tergolong rendah. Hal ini bisa disebabkan karena perbedaan lokasi asal sampel, sebab bisa saja setiap lokasi yang berbeda memiliki komposisi jenis berbeda pula. Identifikasi sampai dengan tingkatan suku relatif lebih mudah sehingga hasilnya relatif lebih valid. Hal yang berbeda bila sampai tingkatan jenis. Validitas data sekunder masih sangat meragukan, hal ini terlihat dari banyaknya hasil identifikasi yang hanya sampai tingkatannya marga (36,9%).

### *Distribusi*

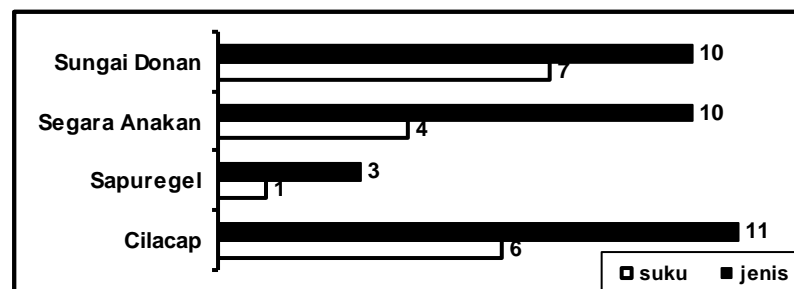
Berdasarkan sumber primer dan sumber sekunder diketahui terdapat 16 titik lokasi, sumber primer terdiri dari 15 titik lokasi (hanya Klaces yang tidak ada) sedangkan sumber sekunder hanya menyebutkan 5 titik lokasi saja. Komposisi keanekaragaman jenis gastropoda pada 16 lokasi tersebut bervariasi. Berdasarkan sumber primer, Nusa Kambangan memiliki keanekaragaman jenis tertinggi (14 suku dan 32 jenis) sedangkan yang terendah pada Sungai Dangal dan Adireja (1 suku dan 1 jenis). Sementara itu berdasarkan sumber sekunder, Segara Anakan memiliki keanekaragaman jenis tertinggi (18 suku dan 64 jenis) sedangkan yang terendah pada Sungai Donan (7 suku dan 12 jenis).

Nusa Kambangan adalah sebuah pulau yang terletak di sisi selatan Segara Anakan. Sumber primer mencatat tingkat keanekaragaman jenis yang tertinggi ada disini. Pulau ini relatif cepat, mudah dan murah di akses menggunakan perahu motor pada beberapa pelabuhan kecil di dekat Teluk Penyau. Karena itu lebih mudah melakukan penelitian di Nusa Kambangan dibandingkan dengan di Segara Anakan. Meskipun demikian data keanekaragaman jenis antara dua lokasi tersebut masih belum bisa diperbandingkan karena : 1) tidak adanya publikasi dari lokasi Nusa Kambangan dan 2) Segara Anakan adalah nama suatu kawasan, didalamnya terdiri dari beberapa titik lokasi. Perlu dipilah lagi penamaan lokasinya agar datanya tidak saling tumpang tindih.



Gambar 3. Komposisi keanekaragaman jenis gastropoda pada 16 titik lokasi berdasarkan sumber primer dan sumber sekunder.

Terdapat 4 titik lokasi yang sama-sama tercantum dalam data primer maupun sumber sekunder, yaitu Sungai Donan, Segara Anakan, Sapuregel dan Cilacap yang memiliki beberapa kesamaan komposisi jenis. Urutan lokasi berdasarkan jumlah kesamaannya adalah Sungai Donan (7 dari 8 suku (87%) dan 10 dari 17 jenis (58%)), Cilacap (6 dari 11 suku (54%) dan 11 dari 27 jenis (48%)), Segara Anakan (4 dari 15 suku (26%) dan 10 dari 69 jenis(14%)) dan Sapuregel (1 dari 8 suku (12%) dan 3 dari 19 jenis (16%)).



Gambar 4. Keanekaragaman jenis gastropoda pada 4 titik lokasi yang terdapat pada sumber primer dan sumber sekunder.

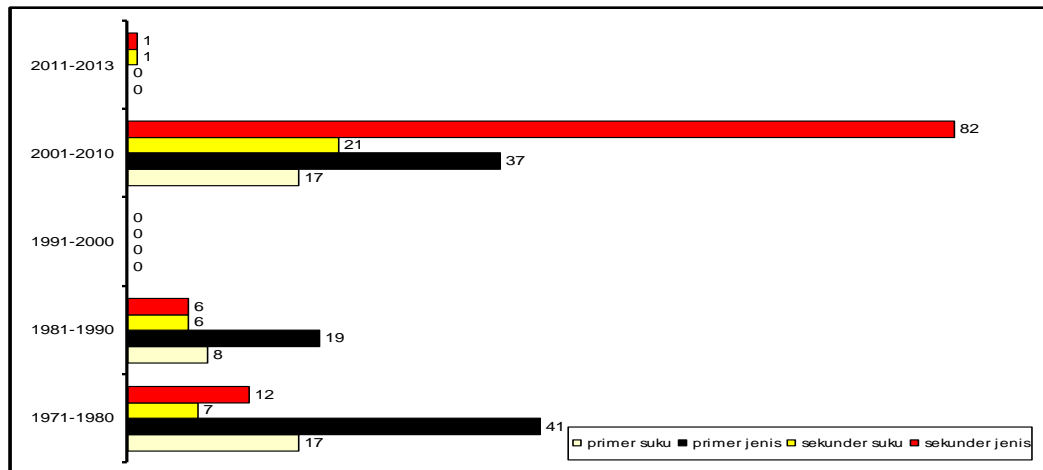
Apabila dilihat dari jumlah jenis gastropoda tiap lokasi dari 4 lokasi diatas, terlihat bahwa sumber sekunder mencatat lebih banyak jenis, terutama pada Segara Anakan. Hal ini mungkin karena sumber primer hanya berasal dari tahun 2010 saja, sementara sumber sekunder berasal dari 4 publikasi di tahun yang berbeda (White et al, 1989; Pulungsari, 2004; Yuwono et al, 2007;

Nordhaus et al, 2009). Selanjutnya, apabila dilihat komposisi jenis dari 4 lokasi tersebut maka setidaknya terdapat 8 jenis sama. *Nerita balteata* terdapat pada ke-4 lokasi, 4 jenis terdapat pada 3 lokasi berbeda (*Littoraria carinifera*, *Nerita planospira*, *Neritina violacea*, *Telescopium telescopium*) dan 4 jenis terdapat pada 2 lokasi berbeda (*Assiminea brevicula*, *Cerithidea quadrata*, *Cerithideopsis alata*, *Littoraria scabra*).

Jika dilihat distribusi jenis pada seluruh lokasi (16 lokasi), maka suku Neritidae memiliki jumlah sebaran paling banyak. Hal ini ditandai dengan 3 jenisnya yang juga terdistribusi paling luas (*Neritina violacea* 10 lokasi, *Nerita planospira* 9 lokasi dan *Nerita balteata* 8 lokasi).

### Dokumentasi Berdasarkan Rentang Waktu

Informasi/data yang digunakan dalam studi ini berasal dari rentang waktu 1972-2011. Apabila dipilah dalam rentang waktu 10 tahunan (dekade), maka terdapat 5 kelompok dekade. Lebih lanjut bila dihubungkan dengan dokumentasi keanekaragaman jenis gastropoda, tiap dekade ternyata saling berbeda jauh. Pada dekade pertama (1971-1980) didominasi oleh sumber primer (17 suku dan 41 jenis) dibanding sumber sekunder (7 suku dan 12 jenis). Tren yang sama terjadi pada dekade kedua (1981-1990, sumber primer 8 suku dan 19 jenis, sumber sekunder 6 suku dan 6 jenis). Pada dekade ketiga (1991-2000) terjadi kekosongan data sama sekali. Barulah pada dekade keempat (2001-2010) sumber sekunder lebih dominan (21 suku dan 82 jenis) dibanding sumber primer (17 suku dan 37 jenis). Selang waktu berikutnya hanya berkisar 3 tahun saja (2011-2013) dimana hanya diketahui dari data sekunder (1 suku dan 1 jenis).



Gambar 5. Distribusi keanekaragaman jenis gastropoda berdasarkan rentang waktu 10 tahun

Lebih dominannya keanekaragaman jenis gastropoda pada dekade keempat (2001-2010) disebabkan oleh semakin intensifnya penelitian yang dilakukan di sekitar Teluk Penyu dan Segara Anakan. Hal ini tercermin paling tidak dari 5 publikasi yang terbit pada dekade tersebut (Karyanto et al, 2004; Pulungsari, 2004; Yuwono et al, 2007, Nordhaus et al, 2009; Pribadi et al, 2009).

Tabel 1. Frekuensi rekaman data suku dan jenis gastropoda pada 3 dekade berbeda.

SUKU	1971-1980		1981-1990		2001-2010		Jumlah
	P	S	P	S	P	S	
<b>I. Assimineidae</b>	x	x	x	x	x	x	6
1. <i>Assiminea brevicula</i>	x	x	x		x	x	5
<b>II. Ellobiidae</b>	x	x	x	x	x	x	6
2. <i>Ellobium aurisjudae</i>	x	x			x	x	4'
3. <i>Cassidula nucleus</i>			x		x	x	3
4. <i>Laemodonta</i> sp.				x		x	2
<b>III. Littorinidae</b>	x	x	x		x	x	5
5. <i>Littoraria carinifera</i>	x	x	x		x	x	5
6. <i>Littoraria scabra</i>	x	x	x		x	x	5

SUKU	1971-1980		1981-1990		2001-2010		Jumlah
JENIS	P	S	P	S	P	S	
<b>IV. Muricidae</b>	x	x	x		x	x	5
<b>7. <i>Chicoreus capucinus</i></b>	x		x		x	x	4
<b>V. Nassariidae</b>	x	x	x			x	4
<b>8. <i>Nassarius olivaceus</i></b>	x	x	x			x	4'
<b>VI. Neritidae</b>	x	x	x		x	x	5
9. <i>Clithon bicolor</i>					x	x	2
10. <i>Clithon oualaniensis</i>	x					x	2
<b>11. <i>Nerita balteata</i></b>	x	x	x		x	x	5
<b>12. <i>Nerita planospira</i></b>	x	x	x		x		4
13. <i>Neritina pulligera</i>	x				x		2
14. <i>Neritina variegata</i>	x				x		2
<b>15. <i>Neritina violacea</i></b>	x	x	x		x	x	5
16. <i>Neritodryas cornea</i>					x	x	2
17. <i>Septaria tessellata</i>		x				x	2
<b>VII. Potamididae</b>	x	x	x		x	x	5
<b>18. <i>Cerithideopsilla alata</i></b>	x		x		x	x	4
19. <i>Cerithideopsilla cingulata</i>			x		x	x	3
20. <i>Cerithidea obtusa</i>			x			x	2
<b>21. <i>Cerithidea quadrata</i></b>	x	x	x		x	x	5
22. <i>Cerithidea weyersi</i>			x		x	x	3
<b>23. <i>Telescopium telescopium</i></b>	x	x	x		x	x	5
<b>VIII. Thiaridae</b>	x			x	x	x	4'
24. <i>Melanoides tuberculata</i>	x					x	2
Suku / jenis	8 / 16	11 / 7	8 / 14	2 / 2	7 / 18	8 / 21	

Keterangan :

P = Primer, S = Sekunder

Nama suku/jenis yang ditulis tebal menandakan frekuensinya diatas 3 kali.

Tanda (\*) pada kolom jumlah menunjukkan proporsi yang sama antara dua jenis sumber data.

Apabila nama suku/jenis ditulis tebal, sementara pada kolom jumlah tanpa tanda (\*) menunjukkan rekaman data pada sumber primer lebih banyak dibandingkan sumber sekunder.

Tabel 1 diatas menginformasikan bahwa dengan semakin banyaknya jumlah rekaman data pada tiap dekade menandakan bahwa suku/jenis tersebut masih dapat dijumpai dalam rentang waktu 40 tahun terakhir. Suku/jenis yang paling dapat bertahan dengan perubahan lingkungan ditandai dengan semakin besarnya nilai jumlah rekaman data. Terdapat 8 suku dan 12 jenis yang memiliki jumlah rekaman data lebih dari 3 kali termasuk 3 jenis yang memiliki distribusi paling luas (*Neritina violacea* 10 lokasi, *Nerita planospira* 9 lokasi dan *Nerita balteata* 8 lokasi).

#### Tipe Makan

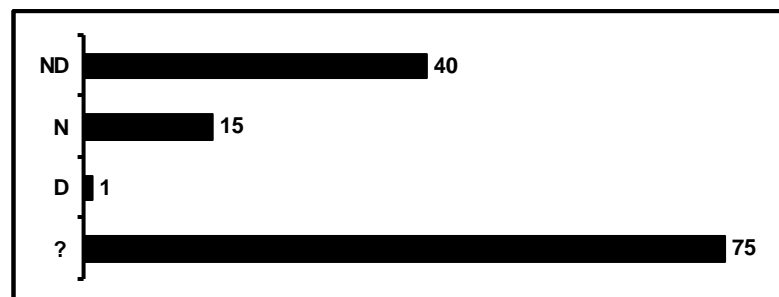
Komposisi gastropoda karnivora mencapai 31 jenis (23,6% dari total jenis, atau 44,3% dari herbivora). Dengan demikian proporsinya hampir 1 diantara 4 jenis, atau 1 diantara 2 jenis herbivora. Terdapat 12 suku dengan proporsi sebagai berikut : Nassariidae (7), Muricidae (6), Olividae (5), Naticidae (3), Babyloniidae, Buccinidae, Bursidae (2) dan Architectonidae, Haminoeidae, Lottiidae, Pyramidellidae, Tonnidae (1). Gastropoda karnivora memegang peranan penting, sebagai pemangsa ia berperan langsung dalam mengendalikan populasi gastropoda di kawasan tersebut.



Gambar 6. Komposisi jenis gastropoda berdasarkan tipe makannya

#### Potensi

Potensi pemanfaatan gastropoda masih banyak yang belum diketahui (57,2%), sementara itu yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi maupun benda dekorasi mencapai 30,5% dan untuk sumber nutrisi saja sebanyak 11,4%. Meskipun demikian, tetap perlu dimonitor pemanfaatan sumber daya gastropoda dikawasan tersebut, terutama yang dijadikan bahan dekorasi. Pusat penjualam souvenir dari bahan kerang gastropoda banyak terdapat di sekitar obyek wisata Teluk Penyu dengan sasaran utama wisatawan yang datang kesana. Sejauh ini belum ada data mengenai daftar jenis maupun volume perdagangannya dari tahun ke tahun.



Gambar 7. Komposisi jenis Gastropoda berdasarkan potensinya (N : nutrisi, D : dekorasi, ND : nutrisi & dekorasi).

#### Status Konservasi

Terdapat 7 suku dan 13 jenis gastropoda yang tercantum dalam daftar jenis IUCN Red List, semuanya dengan status least concern. Artinya jenis-jenis tersebut masih diperlukan studi lanjutan untuk mengkaji populasinya di alam. Sebanyak 8 jenis (no 1 s/d 8 pada tabel 2) diantaranya kemungkinan masih mudah dijumpai dengan populasi melimpah, hal ini dapat terlihat dari jumlah individu yang ada pada data primer maupun sekunder yang masih cukup banyak.

Tabel 2. Jenis gastropoda yang tercantum dalam IUCN Red List

SUKU / JENIS	STATUS	TREN POPULASI	PRIMER	SEKUNDER
<b>I. Cerithidae</b>				
1. <i>Cerithium coralium</i>	least concern	unknown	1 no, 2010, 6 ex	
2. <i>Clithon oualaniensis</i>	least concern	stable	2 no, 1976/1977, 146 ex	3 data, 2004/2009, 22 ex
<b>II. Ellobiidae</b>				
3. <i>Ellobium aurisjudae</i>	least concern	stable	3 no, 1977/2009/ 2010, 9ex	3 data, 1979/2004/ 2009, 7 ex
4. <i>Laemodonta punctigera</i>	least concern	unknown	3 no, 1988, 102 ex	
5. <i>Melampus singaporensis</i>	least concern	unknown	2 no, 1988, 45 ex	

<b>III. Iravadiidae</b>				
6. <i>Iravadia rohdei</i>	least concern	unknown		1 data, 2009
<b>IV. Neritidae</b>				
7. <i>Neritina violacea</i>	least concern	unknown	8 no, 1972/1988/ 2009/2010/ 98 ex	7 data, 1979/ <b>2004</b> / 2007/ <b>2009</b> , 3497 ex
8. <i>Neritina zigzag</i>	least concern	stable	1 no, 1977, 2 ex	2 data, 2009, 20 ex
<b>V. Pachychilidae</b>				
9. <i>Faunus ater</i>	least concern	unknown		1 data, 2009
<b>VI. Stenothyridae</b>				
10. <i>Stenothyra cf. glabrata</i>	least concern	unknown		1 data, 2009
11. <i>Stenothyra polita</i>	least concern	unknown		1 data, 2009
12. <i>Stenothyra ventricosa</i>	least concern	unknown		1 data, 2009
<b>VII. Thiaridae</b>				
13. <i>Sermyla riqueti</i>	least concern	unknown		1 data, 2009

Keterangan : status suatu takson digolongkan Least Concern jika telah dievaluasi terhadap kriteria dan tidak memenuhi syarat untuk Critically Endangered, Endangered, Vulnerable atau Near Threatened. Taksa yang tersebar luas dan melimpah termasuk dalam kategori ini. Tahun pada kolom sekunder yang ditulis **tebal** menunjukkan sumber dimana jumlah spesimen (ex) didapatkan. Sumber : IUCN (2013).

### KESIMPULAN

Berdasarkan data koleksi museum dan referensi diketahui terdapat sekitar 36 suku dan 131 jenis gastropoda di kawasan Teluk Penyau dan Segara Anakan, sebanyak 11 suku dan 24 jenis gastropoda adalah sama. Terdapat 4 titik lokasi yang sama dari 16 lokasi yang ada, urutan berdasarkan jumlah kesamaan komposisi jenisnya adalah Sungai Donan, Cilacap, Segara Anakan dan Sapuregel. Dalam rentang waktu 10 tahunan, terdapat 8 suku dan 12 jenis yang memiliki jumlah rekaman data lebih dari 3 kali termasuk 3 jenis yang memiliki distribusi paling luas (*Neritina violacea* 10 lokasi, *Nerita planospira* 9 lokasi dan *Nerita balteata* 8 lokasi). Sebagian besar gastropoda termasuk herbivora (53,4%) dan karnivora (23,6%), sebagian berpotensi untuk sumber nutrisi (11,4%), nutrisi dan dekorasi (30,5%) dan sisanya belum diketahui pemanfaatannya (57,2%). Sebanyak 7 suku dan 13 jenis gastropoda tercantum dalam daftar jenis IUCN Red List dengan status least concern, artinya jenis-jenis tersebut masih diperlukan studi lanjutan untuk mengkaji populasinya di alam.

### DAFTAR PUSTAKA

- Costa, K.S.M., M.M Costa & M.C. Lukas. 2009. Volcanic eruptions and the forgotten pearls. *Ocean & Coastal Management* 52 : 229 – 232.
- Djamali, A. & Soeroyo. 1989. Telaah ekologi terhadap kehadiran udang jerbung muda (*Penaeus merguensis*) di perairan sekitar mangrove Donan (Cilacap, Jawa Tengah). *Prosiding Temu Karya Ilmiah 'Dukungan Penelitian Bagi Program Nasional Pengembangan Udang'* Jakarta 16-17 Januari 1989 : 207-216.
- Djamali, A. Soeroyo & Sutomo. 1995. Komunitas Ikan di Perairan Mangrove Sungai Donan dan Sungai Sapuregel Cilacap. *Prosiding Simposium Perikanan Indonesia I Jakarta*, 25 - 27 Agustus 1993. Buku II. Bidang : Sumber Daya Perikanan dan Penangkapan. 632-644.
- Dsikowitzky, L., I. Nordhaus, T.C. Jennerjahn, P. Khrycheva, Y. Sivatharshan, E. Yuwono & J. Schwarzbauer. 2011. Anthropogenic organic contaminants in water, sediments and benthic organisms of the mangrove-fringed Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 62 : 851–862.
- Hinrichs, S., I. Nordhaus & S.J. Geist. 2009. Status, diversity and distribution patterns of mangrove vegetation in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia. *Regional Environmental Change* 9 : 275–289.
- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 21 August 2013.
- Jahan, M.S., M.S. Akter, M.M. Sarker, M.R. Rahman & M.N. Pramanik. 2001. Growth ecology of *Pila globosa* (Swainson) (Gastropoda: Piliidae) in simulated habitat. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4 (51): 581-584.

- Karyanto, P., Maridi, M. Indrowati. 2004. Variasi cangkang gastropoda ekosistem mangrove Cilacap sebagai alternatif sumber pembelajaran (moluska : gastropoda) Bioedukasi 1(I) : 1- 6.
- Manez, K.S. 2010. Java's forgotten pearls : the history and disappearance of pearl fishing in the Segara Anakan lagoon, South Java, Indonesia. *Journal of Historical Geography* 36 : 367 –376.
- Marwoto, R.M. & A.M. Shintosari. 1999. Pengelolaan koleksi Moluska. dalam Suhardjono, Y.R (ed). Buku Pegangan Pengelolaan Spesimen Zoologi. Balitbang Zoologi, Puslitbang Biologi. LIPI. 218 pp.
- Ngatno. 1999. Evaluasi Program Rehabilitasi Penyu, Kasus di Teluk Penyu Kabupaten Cilacap. Laporan Hasil Penelitian. FISIP Univ.Diponegoro. Semarang.
- Nordhaus, I., F.A. Hadipudjana, R. Janssen & J. Pamungkas. 2009. Spatio-temporal variation of macrobenthic communities in the mangrove-fringed Segara Anakan lagoon, Indonesia, affected by anthropogenic activities. *Regional Environmental Change* 9 : 291 – 313.
- Praseno. D.P. 1983. Kondisi fitoplankton di perairan sekitar Cilacap dan Segara Anakan. *Oseanologi di Indonesia*. 16 : 9 – 17.
- Pribadi, R., R.Hartati & C.A. Suryono. 2009. Komposisi jenis dan distribusi Gastropoda di kawasan hutan mangrove Segara Anakan Cilacap. *Ilmu Kelautan*14(2) : 102-111.
- Pulungsari, A.E. 2004. Komposisi spesies Gastropoda di Perairan hutan bakau Segara Anakan Cilacap. Thesis. Program Studi Biologi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 70 pp.
- Poutiers, J.M. 1998. Gastropods. In Carpenter, K.E & V.H. Niem. *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 1. Seaweeds, corals, bivalves and gas-tropods.* Rome, FAO. 1998. pp. 363-648.
- Ridzwan, B.H. & M.A. Kaswandi. 1995. Intertidal marine life as a source of food in Semporna district, Sabah. *Malaysian Journal of Nutrition* 1: 105–114.
- Roach A.C. & R.P.Lim. 2000. Variation in the population dynamics of the intertidal pulmonate gastropod *Salinator solida* Martens (Gastropoda: Amphibolidae) at Towra Point, NSW, Australia. *Wetlands Ecology and Management* 8: 53–69.
- Setyawan, A.D., K. Winarno & P.C Purnama. 2003. Ekosistem Mangrove di Jawa: 1. Kondisi Terkini. *Biodiversitas* 4(2) : 130-142.
- Setyawan, A.D. 2005. Keanekaragaman Tumbuhan Mangrove di Pantai Utara dan Selatan Jawa Tengah. Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta. 410 pp.
- Soedradjad, R. 2003. Fungsi model hidrodinamika estuari dalam pengelolaan ekosistem mangrove (studi kasus pencemaran minyak di estuari Sungai Donan Cilacap). *Berkala Penelitian Hayati* : 81 - 84.
- Suryono, C.A. 2006. Struktur populasi vegetasi mangrove di laguna Segara Anakan Cilacap, Jawa Tengah. *Ilmu Kelautan* 11(2) : 112 – 118.
- Sabar, F., M. Djajasasmita & A. Budiman, 1979. Susunan dan penyebaran Gastropoda dan krustasea pada beberapa hutan rawa payau : suatu studi pendahuluan. *Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove.* Jakarta, Indonesia 27 Februari-1 Maret 1978 : h. 120-126.
- Sutomo, A. Djamali & Suyarso. 1999. Kepadatan zooplankton di sekitar perairan muara sungai Serayu, Cilacap, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Tentang Oseanologi dan Ilmu Lingkungan Laut Dalam Rangka Penghargaan Kepada Prof.Dr. Aprilani Soegiarto Msc.Apu.* Puslitbang Oseanologi LIPI. 155-164.
- Suzuki, T., M. Nishihira & N. Paphavasit. 2002. Size structure and distribution of *Ovassimineia brevicula* (Gastropoda) in a Thai mangrove swamp. *Wetlands Ecology and Management* 10: 265–271.
- Todd, J. *Gastropod Diets.* 2001. [http://eusmilia.geology.uiowa.edu/database/mollusc/gastropod\\_diet.html](http://eusmilia.geology.uiowa.edu/database/mollusc/gastropod_diet.html). Diakses 26 Agustus 2013.
- Wei-dong, H., L. Jin-ke, H. Xiu-Ling, C. Ying-Ya, Y. Fu-liang, X. Li-qiang & Y. Ning. 2003. Shellfish and fish biodiversity of mangrove ecosystems in Leizhou Peninsula, China. *Journal of Coastal Development* 7(1) : 21–29.
- White, A.T., P. Martosubroto & M.S.M. Sadorra, editors. 1989. The coastal environmental profile of Segara Anakan-Cilacap, South Java, Indonesia. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. ICLARM Technical Reports 25, 82 pp.
- Yuniar A.T., H.W. Palm & T.Walter. 2007. Crustacean fish parasites from Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia. *Parasitology Research* 100 : 1193 – 1204.
- Yuwono, E., T.C. Jennerjahn, I. Nordhaus, E.A. Riyanto, M.H. Sastranegara & R. Pribadi. 2007. Ecological status of Segara Anakan, Indonesia : A Mangrove-fringed Lagoon Affected by Human Activities. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 4(1) : 61-70.
- Media Indonesia. Hilangnya Penyu di Teluk Penyu. 16 Desember 2009.
- Suara Merdeka, 27 Maret 2004. Tak Ada Tempat Bertelur, Penyu Hampir Punah  
<http://www.bagniliggia.it/WMSD/WMSDhome.htm> (WMSD - Worldwide mollusc species data base)  
<http://www.marinespecies.org/> (World Register of Marine Species)



Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
Ampullariidae	<i>Pila polita</i>	1977	Sungai Donan	2	MZB.Gst 8107	N	Jahan et al, 2001	Herbivora	Jahan et al, 2001
Architectonidae	<i>Architectonica laevigata</i>		Cilacap	3	MZB.Gst 880	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		2006	Teluk Penyu	1	MZB.Gst 13576	ND	Poutiers, 1999	Karnivora	Poutiers, 1999
Assimineidae	<i>Assiminea brevicula</i>	1988	Cilacap	11	MZB.Gst 9307	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		2009	Ciperet	7	MZB.Gst 14984	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		1988	Kampung Laut	15	MZB.Gst 9314	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		1972	Nusa Kambangan	175	MZB.Gst 7044	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		1977	Sungai Donan	25	MZB.Gst 8005	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
Babyloniidae	<i>Babylonia spirata</i>	2006	Teluk Penyu	5	MZB.Gst 13574	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
Bursidae	<i>Bufo rana</i>	2006	Teluk Penyu	2	MZB.Gst 13577	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	<i>Bursa scrobilator</i>	1972	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 7152	?		Karnivora	Todd, 2001
Cerithiidae	<i>Cerithium coralium</i>	2010	Segara Anakan	6	MZB.Gst 17103	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Clypeomorus batillariaeformis</i>	2009	Ciperet	5	MZB.Gst 14977	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
	<i>Rhinoclavis sinensis</i>	1972	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 7162	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
Conidae	<i>Conus buxeus</i>	2006	Teluk Penyu	1	MZB.Gst 13573	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
Cypraeidae	<i>Lyncina lynx</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7149	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
	<i>Mauritia arabica</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7148	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 8441	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
	<i>Mauritia mauritiana</i>	1972	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 7147	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
	<i>Monetaria amulus</i>	1982	Cilacap	4	MZB.Gst 12759	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
	<i>Monetaria caputserpentis</i>	1972	Nusa Kambangan	13	MZB.Gst 7150	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 8442	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		1973	Nusa Kambangan	2	MZB.Gst 8444	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
Ellobiidae	<i>Cassidula nucleus</i>	1988	Cilacap	1	MZB.Gst 9278	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	1	MZB.Gst 9310	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Kampung Laut	6	MZB.Gst 9308	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Kutowaru	7	MZB.Gst 14661	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	3	MZB.Gst 9271	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Cassidula triparietalis</i>	1988	Cilacap	2	MZB.Gst 9304	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	3	MZB.Gst 9312	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Kampung Laut	3	MZB.Gst 9316	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Ciperet	3	MZB.Gst 14979	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	1	MZB.Gst 8003	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sungai Grugu	5	MZB.Gst 15281	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
	<i>Laemodonta punctigera</i>	1988	Cilacap	16	MZB.Gst 9280	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	66	MZB.Gst 9301	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	20	MZB.Gst 9302	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Melampus fasciatus</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7041	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Melampus singaporensis</i>	1988	Cilacap	3	MZB.Gst 9285	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	42	MZB.Gst 9306	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Pythia pantherina</i>	1972	Nusa Kambangan	6	MZB.Gst 7040	?		Herbivora	Todd, 2001
Littorinidae	<i>Littoraria carinifera</i>	1988	Cilacap	1	MZB.Gst 9268	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	4	MZB.Gst 9319	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Ciperet	11	MZB.Gst 14976	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Kutowaru	2	MZB.Gst 14662	?		Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	1	MZB.Gst 17105	?		Herbivora	Todd, 2001
		1975	Sungai Donan	2	MZB.Gst 7438	?		Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	1	MZB.Gst 8009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sungai Grugu	1	MZB.Gst 17085	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	2	MZB.Gst 9295	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Littoraria scabra</i>	1988	Cilacap	1	MZB.Gst 9267	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	3	MZB.Gst 9317	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Kutowaru	11	MZB.Gst 14663	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	4	MZB.Gst 17104	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1975	Sungai Donan	6	MZB.Gst 7437	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	2	MZB.Gst 9270	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
Lottiidae	<i>Patelloida saccharina</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7157	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
Muricidae	<i>Chicoreus brunneus</i>	1977	Sungai Donan	28	MZB.Gst 8010	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	<i>Chicoreus capucinus</i>	1988	Cilacap	1	MZB.Gst 9276	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		1988	Cilacap	6	MZB.Gst 9293	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		2009	Ciperet	3	MZB.Gst 14981	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7155	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		2010	Sungai Grugu	1	MZB.Gst 17086	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		2010	Ujung Manik	11	MZB.Gst 17078	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	<i>Purpura bufo</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7151	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	<i>Purpura persica</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7160	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	<i>Purpura</i> sp.	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7153	?		Karnivora	Poutiers, 1998
Nassariidae	<i>Nassarius olivaceus</i>	1975	Sungai Donan	1	MZB.Gst 7439	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
		1975	Sungai Donan	2	MZB.Gst 7440	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	2	MZB.Gst 7994	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	10	MZB.Gst 8625	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	3	MZB.Gst 9290	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
Naticidae	<i>Glossaulax petiveriana</i>	2006	Teluk Penyu	2	MZB.Gst 13571	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Tanea lineata</i>	2006	Teluk Penyu	2	MZB.Gst 13572	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
Neritidae	<i>Clithon bicolor</i>	2010	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 16364	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Clithon oualaniensis</i>	1977	Sungai Donan	2	MZB.Gst 8555	?		Herbivora	Todd, 2001
		1976	Teluk Penyu	144	MZB.Gst 14022	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Nerita albicilla</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7161	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Nerita balteata</i>	1988	Cilacap	18	MZB.Gst 9287	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	3	MZB.Gst 9311	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	2	MZB.Gst 9318	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Ciperet	1	MZB.Gst 14982	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1980	Jeruk Legi	3	MZB.Gst 10686	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1981	Nusa Kambangan	3	MZB.Gst 15758	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1972	Nusa Kambangan	2	MZB.Gst 7163	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sapuregel	14	MZB.Gst 15843	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	9	MZB.Gst 15279	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	10	MZB.Gst 15841	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1982	Sungai Donan	15	MZB.Gst 12719	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	2	MZB.Gst 15759	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
		1977	Sungai Donan	15	MZB.Gst 7997	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	1	MZB.Gst 8001	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Ujung Manik	32	MZB.Gst 17076	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Nerita costata</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7154	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Nerita planospira</i>	1988	Cilacap	1	MZB.Gst 9277	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	10	MZB.Gst 9294	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	3	MZB.Gst 9309	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Ciperet	3	MZB.Gst 14978	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1980	Jeruk Legi	6	MZB.Gst 10690	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Kutowaru	1	MZB.Gst 14664	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2003	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 16873	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sapuregel	4	MZB.Gst 15845	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1982	Sungai Donan	8	MZB.Gst 10688	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	44	MZB.Gst 7995	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	3	MZB.Gst 9289	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Ujung Manik	3	MZB.Gst 17094	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Nerita signata</i>	1977	Sungai Donan	6	MZB.Gst 8639	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Nerita undata</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7165	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Neritina pulligera</i>	2002	Nusa Kambangan	13	MZB.Gst 14021	?		Herbivora	Todd, 2001
		1972	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 7034	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Neritina turrita</i>	2010	Segara Anakan	5	MZB.Gst 15842	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Neritina variegata</i>	2010	Nusa Kambangan	3	MZB.Gst 16363	?		Herbivora	Todd, 2001
		2010	Nusa Kambangan	11	MZB.Gst 16365	?		Herbivora	Todd, 2001
		2010	Nusa Kambangan	42	MZB.Gst 16366	?		Herbivora	Todd, 2001
		1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7033	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Neritina violacea</i>	1988	Cilacap	8	MZB.Gst 9283	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Ciperet	3	MZB.Gst 14980	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Kampung Laut	16	MZB.Gst 9315	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		1972	Nusa Kambangan	18	MZB.Gst 7032	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sapuregel	20	MZB.Gst 15844	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
		2010	Segara Anakan	16	MZB.Gst 15839	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sungai Grugu	11	MZB.Gst 16598	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	6	MZB.Gst 9273	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Neritina zigzag</i>	1977	Sungai Adireja	2	MZB.Gst 12729	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Neritodryas cornea</i>	2010	Segara Anakan	7	MZB.Gst 15838	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Neritodryas dubia</i>	2010	Segara Anakan	15	MZB.Gst 15840	?		Herbivora	Todd, 2001
Olividae	<i>Agaronia lutaria</i>	2006	Teluk Penyu	4	MZB.Gst 13570	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Agaronia sp.</i>	2006	Teluk Penyu	1	MZB.Gst 13567	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Oliva athenia</i>	2006	Teluk Penyu	1	MZB.Gst 13569	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Oliva tigrina</i>	2006	Teluk Penyu	1	MZB.Gst 13568	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Olivancillaria acuminata</i>		Cilacap	2	MZB.Gst 2781	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
Onchidiidae	<i>Onchidium chamaeleon</i>	2009	Ciperet	1	MZB.Gst 14987	?		Herbivora	Todd, 2001
Pachychilidae	<i>Sulcospira testudinaria</i>	2010	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 16367	?		?	
Patellidae	<i>Cellana testudinaria</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7164	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
	<i>Scutellastra exusta</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7158	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
Potamididae	<i>Cerithidea obtusa</i>	1988	Cilacap	3	MZB.Gst 9275	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	8	MZB.Gst 9305	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Kampung Laut	13	MZB.Gst 9303	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	4	MZB.Gst 9292	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Cerithidea quadrata</i>	2009	Ciperet	1	MZB.Gst 14985	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Kutowaru	1	MZB.Gst 14665	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	10	MZB.Gst 15280	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	1	MZB.Gst 17102	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1982	Sungai Dangal	4	MZB.Gst 16734	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	2	MZB.Gst 7999	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	36	MZB.Gst 8000	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sungai Grugu	2	MZB.Gst 17084	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Cerithidea sp.</i>	2010	Sungai Grugu	2	MZB.Gst 16155	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Cerithidea weyersi</i>	1988	Cilacap	4	MZB.Gst 9284	?		Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	6	MZB.Gst 17099	?		Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sungai Grugu	3	MZB.Gst 17083	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Cerithideopsis alata</i>	1988	Cilacap	11	MZB.Gst 9274	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	96	MZB.Gst 9281	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Cilacap	8	MZB.Gst 9320	?		Herbivora	Todd, 2001

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
		2009	Ciperet	14	MZB.Gst 14983	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Kampung Laut	11	MZB.Gst 9313	?		Herbivora	Todd, 2001
		1972	Segara Anakan	13	MZB.Gst 7167	?		Herbivora	Todd, 2001
		1977	Sungai Donan	19	MZB.Gst 8008	?		Herbivora	Todd, 2001
		2010	Sungai Grugu	13	MZB.Gst 17082	?		Herbivora	Todd, 2001
		1988	Tritih	187	MZB.Gst 9269	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Cerithideopsisilla cingulata</i>	2009	Ciperet	2	MZB.Gst 14986	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2010	Segara Anakan	2	MZB.Gst 17101	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		1982	Sungai Donan	44	MZB.Gst 16740	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Telescopium telescopium</i>	1988	Cilacap	9	MZB.Gst 9286	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		2009	Ciperet	4	MZB.Gst 14975	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		1988	Kampung Laut	1	MZB.Gst 9300	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		2010	Segara Anakan	10	MZB.Gst 15254	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		1981	Sungai Donan	3	MZB.Gst 10747	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		1977	Sungai Donan	2	MZB.Gst 7998	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
Ranelidae	<i>Septa rubecula</i>	1972	Nusa Kambangan	1	MZB.Gst 7156	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
Thiaridae	<i>Melanoides rustica</i>	1972	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 6688	?		?	
	<i>Melanoides tuberculata</i>	1972	Nusa Kambangan	17	MZB.Gst 7042	?		?	
	<i>Tarebia granifera</i>	2010	Segara Anakan	12	MZB.Gst 16120	?		?	
Tonnidae	<i>Tonna allium</i>	2006	Teluk Penyu	1	MZB.Gst 13575	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
Trochidae	<i>Trochus radiatus</i>	1972	Nusa Kambangan	14	MZB.Gst 7166	D	Poutiers, 1998	Detrivora	Poutiers, 1998
Turbinidae	<i>Turbo imperialis</i>	1972	Nusa Kambangan	4	MZB.Gst 7168	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
Amphibolidae	Salinator sp.	1983	Segara Anakan		Ecology Team, 1983	?		Detrivora	Roach & Lim, 2000
Assimineidae	Assimineae brevicula	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		2009	Klases	42	Pribadi et al, 2009	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		2009	Sapuregel	368	Pribadi et al, 2009	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		2004	Segara Anakan	78	Pulungsari, 2004	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
	Assimineae javana	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
	Assimineae sp.	1983	Segara Anakan		Ecology Team, 1983	?		Detrivora	Suzuki et al, 2002
Buccinidae	Cantharus sp.	2009	Klases	203	Pribadi et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	Pisania sp.	2009	Sapuregel	2	Pribadi et al, 2009	?		Karnivora	Todd, 2001
Columbellidae	Zafra sp.	2009	Segara		Nordhaus et	ND	Poutiers,	Herbivora	Todd,

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
Ellobiidae	Cassidula aurisfelis	2004	Anakan Cilacap		al, 2009		1998		2001
					Karyanto et al, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klaces	50	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	26	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klaces	14	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	3	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klaces	29	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Ellobium aurisjudae	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
2009		Sapuregel	7	Pribadi et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001	
1979		Sungai Donan		Sabar et al, 1979	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001	
2009		Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
2009		Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
2009		Klaces	9	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
2009		Sapuregel	12	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
1983		Segara Anakan		Ecology Team, 1983	?		Herbivora	Todd, 2001	
2009		Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
2004		Cilacap		Karyanto et al, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001	
Haminoeidae	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
	1983	Segara Anakan		Ecology Team, 1983	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2009	Klaces	24	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2009	Sapuregel	47	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001	
	2004	Segara Anakan	9	Pulungsari, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001	
Littorinidae	1979	Sungai		Sabar et al,	?		Herbivora	Todd,	

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
			Donan		1979				2001
	<i>Littoraria intermedia</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Littoraria scabra</i>	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klaces	14	Pribadi et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	12	Pribadi et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Littoraria sp. 1</i>	2009	Klaces	7	Pribadi et al, 2009	?	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	3	Pribadi et al, 2009	?	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	<i>Littoraria sp. 2</i>	2009	Klaces	271	Pribadi et al, 2009	?	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
Muricidae	<i>Chicoreus brunneus</i>	1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	<i>Chicoreus capucinus</i>	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		2009	Sapuregel	738	Pribadi et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Poutiers, 1998
	<i>Muricodrupa cf. fusca</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
Nassariidae	<i>Nassarius bimaculosus</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Nassarius castus</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Nassarius dorsatus</i>	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Nassarius olivaceus</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Nassarius pullus</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Nassarius sp.</i>	2009	Klaces	1	Pribadi et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
	<i>Nassarius sp. 1</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
Naticidae	<i>Notocochlis gualteriana</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Karnivora	Todd, 2001
Neritidae	<i>Clithon bicolor</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Clithon oualaniensis</i>	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2004	Segara Anakan	22	Pulungsari, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Clithon sp.</i>	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	<i>Nerita balteata</i>	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	798	Pribadi et al, 2009	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		2004	Segara	2	Pulungsari,	N	Ridzwan	Herbivora	Todd,



Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
			Anakan		2004		& Kaswandi, 1995		2001
		2007	Segara Anakan		Yuwono et al	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	N	Ridzwan & Kaswandi, 1995	Herbivora	Todd, 2001
	Nerita planospira	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	174	Pribadi et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	Nerita sp. 1	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Neritina labiosa	2004	Segara Anakan	4	Pulungsari, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
	Neritina sp.	2009	Klases	3	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Neritina turrita	2009	Klases	55	Pribadi et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	Neritina violacea	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klases	3279	Pribadi et al, 2009	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	21	Pribadi et al, 2009	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2004	Segara Anakan	197	Pulungsari, 2004	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2007	Segara Anakan		Yuwono et al	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
	Neritina waigiensis	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Neritina zigzag	2009	Klases	20	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Neritodryas cornea	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Neritodryas sp.	2009	Klases	79	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Septaria tessellata	2004	Segara Anakan	1	Pulungsari, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	?		Herbivora	Todd, 2001
Onchidiidae	Oncidium sp.	2009	Sapuregel	5	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
Pachychilidae	Faunus ater	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
Potamididae	Cerithidea obtusa	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klases	6755	Pribadi et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	43	Pribadi et al,	N	Poutiers,	Herbivora	Todd,

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
		2007	Segara Anakan		2009 Yuwono et al	N	1998 Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	Cerithidea quadrata	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		2004	Segara Anakan	48	Pulungsari, 2004	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Todd, 2001
	Cerithidea rhizoporum	2009	Klaces	18	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	147	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Cerithidea sp.	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klaces	388	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	85	Pribadi et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Cerithidea weyersi	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Cerithideopsilla alata	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Herbivora	Todd, 2001
	Cerithideopsilla cingulata	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Klaces	198	Pribadi et al, 2009	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Sapuregel	258	Pribadi et al, 2009	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	N	Wei-dong et al, 2003	Herbivora	Todd, 2001
	Telescopium telescopium	2004	Cilacap		Karyanto et al, 2004	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		2009	Klaces	26	Pribadi et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		2009	Sapuregel	111	Pribadi et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		2011	Segara Anakan		Dsikowitzky et al	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		2007	Segara Anakan		Yuwono et al	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
		1979	Sungai Donan		Sabar et al, 1979	N	Poutiers, 1998	Herbivora	Poutiers, 1998
Pyramidellidae	Kleinella sp.	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		Karnivora	Todd, 2001
Ringiculidae	Ringicula sp.	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
Rissoidae	Rissoina sp.	2009	Klaces	23	Pribadi et al, 2009	?		?	
Stenothyridae	Stenothyra cf. maculata	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
	Stenothyra cf. glabrata	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
	Stenothyra polita	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
	Stenothyra sp.	1983	Segara Anakan		Ecology Team, 1983	?		?	
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
	Stenothyra ventricosa	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
Thiaridae	Melanoides granifera	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
	Melanoides sp.	2009	Segara		Nordhaus et	?		?	

Suku	Jenis	Tahun	Lokasi	Jumlah	Sumber Data	Potensi	Pustaka	Tipe Makan	Pustaka
			Anakan		al, 2009				
	Melanoides tuberculata	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
		2004	Segara Anakan	146	Pulungsari, 2004	?		?	
	Sermyla riqueti	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
	Thiara rudis	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
	Thiara scabra	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
		2004	Segara Anakan	70	Pulungsari, 2004	?		?	
	Thiara sp.	1983	Segara Anakan		Ecology Team, 1983	?		?	
		2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
Tornidae	Pseudoliotia pulchella	2009	Segara Anakan		Nordhaus et al, 2009	?		?	
Turritellidae	Turritella sp.	2009	Klases	1	Pribadi et al, 2009	ND	Poutiers, 1998	Filter feeder	Todd, 2001

## Molecular Phylogeny of the Indonesian *Lymantria* (Lepidoptera: Erebidae) Based on CO I Gene Sequences

**Hari Sutrisno**

*Research Center for Biology, The Indonesian Institute of Sciences,  
Email: sutrisnohari@yahoo.com*

The phylogeny of Indonesian *Lymantria* (10 species) and other species from different regions in the world (36 species) was inferred from nucleotide sequence variation across a 516-bp region in the *CO I* gene. Over the entire 516-bp region, about 35% sites were informative. The results showed that the base composition of this region was high A+T biased. The results also showed that the monophyly of *Lymantria* was supported by high bootstrap test. The genus falls into several clades, however bootstrap support for each node of clade was low. More investigation is needed by involving other genes to clarify this study.

Keyword: *Lymantria*, Phylogenetic relationships, COI gene.

## Pengembangan Sistem Konservasi Ikan Endemik di Danau Towuti, Sulawesi Selatan

**Syahroma Husni Nasution dan Sulastri**

*Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Cibinong  
Email : uni@limnologi.lipi.go.id*

Danau Towuti merupakan salah satu danau terbesar di kompleks Malili, Sulawesi Selatan. mempunyai luas 560 km<sup>2</sup> dan kedalaman 203 m. Danau ini merupakan danau tektonik dan telah ditetapkan sebagai kawasan Taman Wisata Alam berdasarkan keputusan Mentan. Di perairan Danau Towuti terdapat biota endemik yang berpotensi ekonomis. Salah satu kekayaan sumberdaya fauna yang dapat ditemukan di danau tersebut adalah ikan. Dikhawatirkan populasi sumber daya ikan endemik mengalami penurunan karena penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan dan peningkatan penangkapan. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengembangan sistem konservasi agar sumber daya ikan endemik untuk sumber daya berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai sistem konservasi ikan endemik di Danau Towuti. Penelitian dikumpulkan melalui hasil penelitian terdahulu, pengambilan data primer, melalui *Focus group discussion* atau *Focus interfiew* yang dilakukan dari tahun 2011-2013. Pengembangan sistem konservasi adalah berdasarkan analisis integritas dan konektivitas ekologis zona disekitar Kawatang dan zona Tominanga memiliki kelimpahan keanekaragaman biota endemik yang tinggi dengan kondisi kualitas air yang lebih baik untuk mendukung kehidupan biota dan adanya aliran sungai yang masuk ke danau. Sistem kelembagaan berdasarkan analisis pemangku kepentingan di D.Towuti yaitu pemangku kepentingan utama meliputi pengguna sumber daya dan lembaga pengelola lokal); dan pemangku kepentingan lainnya. Hasil penelitian terdahulu menyatakan distribusi ikan dan habitat (berdasarkan distribusi ikan, integritas dan konektivitas telah ditetapkan zonasi KKK) serta peta zona penangkapan, zona ikan, zona pelayaran; Sistem kelembagaan (analisis *stake holder* dari pemerintah, masyarakat, pengguna SDP) dan hukum (menerapkan hukum UU No. perikanan, PP 60); Model pengelolaan (koo manajemen); Pengembangan ekonomi perikanan yaitu sistem pengembangan ekonomi masyarakat lokal (dari modalnya dari masyarakat lokal yang dikelola secara berkelompok), adanya KK, pengeloosec koo manajemen.

Kata kunci: konservasi, ikan endemik, Danau Towuti

## Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Lendir Kulit Katak Sawah (*Fejervarya cancrivora*) Lokal Muntilan pada Bagian Dorsal dan Ventral

Lela Susilawati<sup>\*1</sup>, Afrizka Premana Sari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi P.Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta <sup>2</sup>Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta  
Email : \*laylayahasukatma@gmail.com

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengetahui keragaman bakteri indigenous dari lendir kulit bagian ventral dan dorsal katak sawah (*F. cancrivora*) yang berasal dari daerah persawahan Muntilan, Jawa Tengah. Isolat yang diperoleh kemudian dikarakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis. Metode isolasi yang digunakan adalah *swab* dengan media Nutrient Agar (NA) sebagai media pertumbuhan. Isolat yang diperoleh selanjutnya dipurifikasi dan dikarakterisasi secara makroskopis meliputi bentuk, warna koloni, *margin*, *elevasi*, dan struktur dalam. Adapun pengamatan mikroskopis meliputi bentuk sel, cat Gram, susunan sel, dan motilitas. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bakteri sebanyak 20 isolat, 9 isolat dari lendir kulit ventral dan 11 dari lendir kulit dorsal. Dua puluh isolat tersebut dapat digolongkan ke dalam dua bentuk koloni yaitu *circular* dan *irregular*, dengan warna koloni bervariasi. Selanjutnya secara mikroskopik terdapat tiga bentuk sel yaitu *coccus*, oval, dan batang pendek. Sembilan isolat dari lendir kulit ventral termasuk kelompok Gram positif dengan 8 isolat memiliki bentuk sel *coccus* dan 1 berbentuk oval. Adapun 11 isolat dari lendir kulit bagian dorsal, 6 diantaranya termasuk ke dalam kelompok Gram positif dan 5 lainnya termasuk Gram negatif. Sebelas isolat bakteri dari bagian dorsal tersebut memiliki bentuk sel yang beragam yaitu oval, *coccus*, dan batang pendek. Berdasarkan pengamatan mikroskopis isolat bakteri dari lendir katak bagian dorsal lebih beragam dari pada isolat dari bagian ventral

*Key words* : *Fejervarya cancrivora*, isolasi, bakteri indigenous, lendir kulit katak

### PENDAHULUAN

Katak sawah merupakan hewan kosmopolitan. Habitat katak sawah biasanya di areal persawahan yang tergolong lembab. Kondisi tersebut berpotensi terpaparnya katak sawah oleh bakteri, jamur, dan virus patogen misal oleh water mold *Saprolegnia* sp dan virus *Ambystoma tigrinum* (Culp *et al.* 2007).

Katak memiliki mekanisme pertahanan diri dalam melawan berbagai mikroorganisme patogen tersebut yaitu dengan sekresi lendir pada permukaan kulitnya. Berdasarkan penelitian Barlian *et al.* (2011) ekstrak lendir kulit katak mengandung substansi antifungi yang mampu menghambat pertumbuhan *Candida albicans*, *Mycosporum gypseum* dan *Trychophyton mentagrophytes*. Culp *et al.* (2007), Lauer *et al.*, (2007) dan Harris *et al.*, (2008) melaporkan bahwa bakteri yang diisolasi dari lendir kulit katak mampu melawan bakteri dan fungi patogen.

Harris *et al.* (2006) dan Woodhams *et al.*, (2007) melaporkan bahwa bakteri indigenous dari lendir kulit amfibi dapat menghambat pertumbuhan *Batrachocytridium dendrobatidis* (Bd) penyebab penyakit *Cytridiomycosis* yang dilaporkan di beberapa negara seperti Spanyol, Venezuela (Bosch *et al.*, 2001), Australia dan Panama (Berger *et al.*, 1998) sebagai penyebab utama kepunahan beberapa jenis katak di dunia. *Janthinobacterium lividum* dan *Lysobacter gummosus* merupakan bakteri yang berhasil diisolasi berturut-turut dari kulit salamander dan *Plethodon cinereus* yang diketahui mampu melindungi katak (host) dari invasi fungi patogen Bd karena keduanya menghasilkan senyawa antifungi masing-masing adalah violacein dan 2,4-diacetylphloroglucinol (2,4-DAPG) (Brucker *et al.*, 2008a).

Sejumlah bakteri *indigenous* yang memiliki aktivitas antifungi telah berhasil diisolasi dari beberapa spesies amfibi seperti *Rana muscosa* (Woodhams *et al.*, 2007) antara lain bakteri *Cyanobacteria*, *Firmicutes* dan *Proteobacteria* (McKenzie *et al.*, 2011), *Pseudomonas* (Lam *et al.*, 2010). Senyawa yang dihasilkanpun bervariasi.

Pemanfaatan bakteri indigenous katak sawah lokal sebagai biofungisida merupakan inovasi baru karena belum secara maksimal dikaji. pemanfaatan katak hanya untuk dikonsumsi karena dagingnya kaya protein. Padahal banyak hal yang bisa dikaji lebih mendalam dari keberadaan katak sawah ini, salah satunya adalah potensi bakteri indigenous dari lendir katak sawah lokal Bantul sebagai agensia *biological control* penyakit antraknosa pada tanaman cabai yang dilaporkan sebelumnya oleh Susilawati *et al.*, (2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan isolasi dan karakterisasi bakteri indigenous dari lendir kulit katak sawah lokal Muntilan meliputi karakter makroskopis dan mikroskopis.

Bakteri indigenous yang diisolasi berasal dari bagian dorsal dan ventral katak sawah karena terkadang bakteri indigenous tidak tersebar merata di bagian dorsal maupun ventral. Perbedaan habitat dan lingkungan katak sawah Bantul dan Muntilan dimungkinkan bisa menghasilkan variasi mikrobia simbiotik dari lendir kulit katak sawah.

## BAHAN DAN METODA

### *Preparasi sampel*

Katak sawah (*F. cancrivora*) diperoleh dari areal persawahan Muntilan, Jawa Tengah. Katak dibersihkan dengan akuades steril sebanyak tiga kali untuk menghilangkan bakteri *transient*.

### *Isolasi bakteri indigenous*

Isolasi bakteri indigenous dilakukan dengan *swab methode* (Culp *et al.*, 2007, Harris *et al.*, 2006). Katak sawah yang sudah dibersihkan, diusap menggunakan alkohol 75%, kemudian *cotton bud* steril disapukan pada kulit katak bagian dorsal dan ventral. *Cotton bud* yang digunakan untuk menyapu kulit katak sesegera mungkin dicelupkan pada akuades steril sebanyak 10mL, suspensi dihomogenkan dengan vortex selanjutnya diencerkan ( $10^{-1}$ ) dengan cara mengambil 1mL suspensi lalu dituang ke 9mL akuades steril. Hasil pengenceran diinokulasikan pada media NA dengan teknik *spread plate* dan diinkubasikan selama 24 jam suhu 37°C.

### *Purifikasi bakteri indigenous*

Koloni yang menunjukkan karakter makroskopis berbeda selanjutnya dipurifikasi berkali-kali sehingga didapatkan koloni tunggal yang murni. Purifikasi dilakukan dengan metode *streak plate* pada media NA.

### *Karakterisasi isolat*

Karakterisasi isolat meliputi karakter mikroskopis dan makroskopis. Karakter makroskopis meliputi pengamatan warna koloni, bentuk, tepi, elevasi, dan struktur dalam koloni. Adapun karakter mikroskopis meliputi pengecaran Gram, motilitas, bentuk sel, dan susunan sel. Pengamatan mikroskopis dan makroskopis menggunakan metode Jutono *et al.*, (1973).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh sebanyak 20 isolat bakteri yang diisolasi dari lendir kulit katak sawah (*F. cancrivora*) lokal Muntilan, pada bagian dorsal dan ventral, masing-masing 11 isolat dan 9 isolat. Karakter makroskopis dan mikroskopis tampak berbeda (Tabel 1). Sebagian besar isolat baik yang diperoleh dari bagian dorsal maupun ventral memiliki bentuk koloni *circuler* dengan warna koloni dominan putih dan putih susu (Gambar 1). Sembilan isolat yang diisolasi dari lendir katak bagian ventral termasuk kelompok bakteri Gram positif dan 11 isolat dari bagian dorsal memiliki reaksi Gram berbeda, 6 isolat diantaranya termasuk Gram positif dan 5 isolat lainnya Gram negatif. Sebagian besar isolat bakteri memiliki bentuk sel *coccus* dengan susunan sel *single*. Semua isolat bersifat motil (Tabel 2). Keberadaan bakteri pada tubuh vertebrata dan avertebrata telah diungkap pada beberapa penelitian sebelumnya (Brucker *et al.*, 2008a; Brucker *et al.*, 2008b; Harris *et al.*, 2009). Simbiosis yang terjadi antara inang dengan bakteri yang menetap baik *resident* atau *epibiotic bacteria* merupakan simbiosis mutualisme. Keduanya memiliki keterikatan dalam melawan invasi mikrobia patogen (Dethlefsen *et al.*, 2007 *dalam*, Harris *et al.*, 2009).

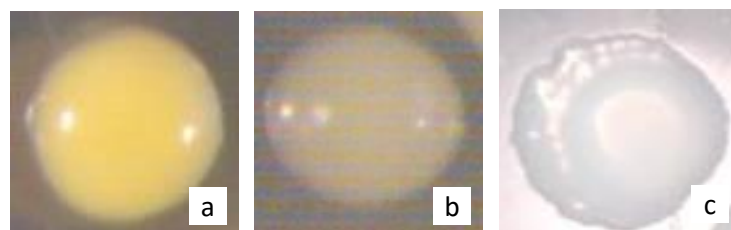
Tabel 1. Hasil pengamatan makroskopis isolat yang diisolasi dari lendir kulit katak sawah (*F. cancrivora*).

Kode isolat	Pengamatan Makroskopis				
	Bentuk koloni	Warna koloni	Tepi Koloni	Elevasi	Stuktur dalam
KSMD1	circular	krem	entire	raised	transparan
KSMD2	circular	Putih susu	entire	raised	opaque
KSMD3	circular	Putih	entire	raised	transparan
KSMD5kr	circular	krem	undulate	umbonate	translucent
KSMD5p	irregular	putih	entire	raised	opaque
KSMD7	circular	putih	entire	raised	opaque
KSMD9	circular	putih	entire	raised	opaque

Kode isolat	Pengamatan Makroskopis				
	Bentuk koloni	Warna koloni	Tepi Koloni	Elevasi	Stuktur dalam
KSMD10	circular	Putih	entire	raised	Transparan
KSMD12	circular	Putih susu	entire	raised	opaque
KSMD13	circular	Putih susu	entire	raised	opaque
KSMD19	circular	Putih susu	entire	raised	opaque
KSMV1	circular	Kuning tua	entire	raised	opaque
KSMV2	circular	oranye	entire	raised	opaque
KSMV3	circular	putih	entire	raised	opaque
KSMV4	circular	Krem	entire	raised	translucent
KSMV6	circular	kuning	entire	raised	opaque
KSMV11	circular	putih	entire	raised	translucent
KSMV12	circular	Kuning cerah	entire	raised	opaque
KSMV15	circular	Oranye	entire	raised	opaque
KSMV16	irregular	Oranye muda	undulate	crateriform	opaque

Tabel 2. Hasil pengamatan mikroskopis isolat yang diperoleh dari lendir kulit katak sawah (*F. cancrivoria*) Muntilan

Kode isolat	Pengamatan Mikroskopis			
	Bentuk Sel	Gram	Susunan Sel	Motilitas
KSMD1	oval	-	single	motil
KSMD2	oval	+	single	motil
KSMD3	Batang pendek	+	single	motil
KSMD5kr	coccus	-	single	motil
KSMD5p	coccus	+	single	motil
KSMD7	coccus	+	single	motil
KSMD9	coccus	+	single	motil
KSMD10	oval	-	single	motil
KSMD12	coccus	+	single	motil
KSMD13	coccus	-	single	motil
KSMD19	oval	-	single	motil
KSMV1	coccus	+	single	motil
KSMV2	coccus	+	single	motil
KSMV3	coccus	+	single	motil
KSMV4	coccus	+	single	motil
KSMV6	coccus	+	single	motil
KSMV11	coccus	+	single	motil
KSMV12	coccus	+	pair	motil
KSMV15	coccus	+	single	motil
KSMV16	oval	+	single	motil



Gambar 1. Kenampakan koloni (a) KSMV1; (b) KSMV12; (c) KSMD5p

Berdasarkan kemampuannya dalam menghasilkan pigmentasi warna maka isolat tersebut tergolong ke dalam bakteri *chromogenic* karena memiliki kemampuan dalam menghasilkan substansi ekstraseluler yang dikeluarkan ke permukaan koloni sehingga ada kemungkinan memiliki senyawa dengan bioaktivitas tinggi. Susilawati *et al.* (2012) melaporkan bahwa beberapa isolat bakteri indigen yang diisolasi dari lendir katak sawah lokal Bantul cukup potensial dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum acutatum* NC32 penyebab antraknosa cabai dengan prosentase hambatan tinggi. Isolat yang diperoleh dari lendir katak lokal Muntilan ini perlu dikaji lebih mendalam potensinya sebagai biofungisida karena ada kemungkinan habitat katak akan sangat berpengaruh pada potensi bakteri indigen yang hidup pada permukaan kulitnya.



Menurut Woodhams, *et al.*, (2007) bakteri indigenous yang bersimbiosis dengan kulit katak berkontribusi dalam pertahanan imunitas dari ancaman patogen. Isolat bakteri yang berhasil diisolasi sebagian besar berlendir. Ini menandakan bahwa sel bakteri mampu menghasilkan sejumlah lendir (substansi polimerik ekstraselular) yang berfungsi untuk menjaga kulit katak dari dehidrasi atau kekeringan dan berperan sebagai penghalang (*barrier*) dalam mencegah kolonisasi bakteri atau mikroorganisme patogen (Culp *et al.*, 2007) karena bersifat racun sehingga disebut kelenjer racun (*poison glands*) (Rollin-Smith *et al.*, 2005). Substansi tersebut dapat berupa alkaloid, biogenik amina, protein, dan steroid (Daly, 1997). Secara mikroskopis Isolat bakteri dari bagian dorsal lebih beragam dari pada isolat yang diperoleh dari bagian ventral. Sebagian besar isolat bakteri ventral memiliki bentuk sel *coccus* dan Gram positif, sedangkan isolat bakteri dorsal berbentuk oval, *coccus* hingga batang pendek dengan sifat Gram positif dan negatif. Meskipun jika dilihat dari pigmentasi koloninya maka isolat dari kulit ventral katak memiliki warna koloni mencolok seperti kuning hingga oranye.

## PUSTAKA

- Barlian, A., Kusnandar A., & Astuti K. (2011). Damage in fungal Morphology Underlies the Antifungal Effect of Lyophilisate of Granular Gland Secretion from *Duttaphrynus melanostictus* Frog. *Journal of Biological Sciences*. Vol (11), 282-287.
- Brucker R.M., Baylor C. M., Walters R. L., Lauer A., Harris R. N., & Minbiole K.P.C. (2008a). The Identification of 2,4-diacetylphloroglucinol as an Antifungal Metabolite Produce by Cutaneous Bacteria of Salamander *Plethodon cinereus*. *J Chem Ecol*. Vol (34), 39-43.
- Brucker R. M., Harris R. N., Schwantes C. R., Gallaher T. N., Flaherty D. C., & Lam B. A. (2008b). Amphibian Chemical Defense: Antifungal Metabolites of The Microsymbiont *Janthinobacterium lividum* on The Salamander *Plethodon cinereus*. *J Chem Ecol*. Vol (34): 1422-1429.
- Berger, L., R. Speare, P. Daszak, D.E. Green, A.A. Cunningham, C.L. Goggin, R. Slocombe, M.A. Ragan, A.D. Hyatt, K.R. McDonald, H.B. Hines, K.R. Lips, G. Marantelli & H. Parkes. 1998. Cytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proc. Natl. Acad. Sci*. Vol (95): 9031-9036
- Bosch, J., I. Martinez-Solano & M. Garcia-Paris. 2001. Evidence of chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain. *Biological Conservation*. Vol (97): 331-337
- Culp, C. E., Joseph O., Falkinham I., & Lisa K. B.. (2007). Identification of The Natural Bacterial Microflora on The Skin of Eastern Newts, Bullfrog Tadpoles and Redback Salamanders. *Herpetologica*. Vol (63): 66-71.
- Daly, W. John. 1997. *Biodiversity of alkaloids in amphibian skin: A dietary arthropod source*. Proceeding on International Conference on Biodiversity and Bioresources: conservation and utilization 23-27 Nov 1997. Phuket. Thailand
- Harris, R. N., Timothy Y. J., Antje L., Marry A. S., Amit P. (2006). Amphibian Pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* is Inhibited by Cutaneous Bacteria of Amphibian Species. *Ecohealth*. Vol (3): 53-56.
- Harris R. N., Robert M. B., Jenifer B. W., Matthew H. B., Christian R. S., Devon C. F., Brianna A. L., Douglas C. W., Cheryl J. B., Vance T. V., Kevin P. M., (2009). Skin Microbes on Frog Prevent Morbidity and Mortality Caused by a Lethal Fungus. *The ISME Journal*. Vol (3): 818-824.
- Jutono, Joedoro S., Sri H., Siti K., Suhadi D., Soesanto. (1973). *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum (untuk perguruan tinggi)*. Yogyakarta: Dept. Mikrobiologi Fak Pertanian UGM.
- Lauer, A., Mary A. S., Jenifer L. B., Brianna A. L., & Reid N. H. (2008). Diversity of Cutaneous Bacteria with Antifungal Activity Isolated from Female Four-Toed Salamanders. *The ISME Journal* Vol (2): 145-157.
- Lam, A.Brianna, J.B. Walke, V.T. Vredenburg & R.N. Harris. 2010. Proportion of individuals with anti-*Batrachochytridium dendrobatidis* skin bacteria is associated with population persistence in the frog *rana muscosa*. *Biological Conservation*. Vol (143): 529-531
- McKenzie, J.Valerie, R.M. Bowers, N. Fierer, R. Knight & C.L. lauber. 2011. Co-habiting amphibian species harbor unique skin bacterial communities in wild populations. *The ISME journal*. 1-9
- Rollin-Smith, L.A., L.K. Reinert, C.J. O'Leary, L.E. Houston & D.W.Woodhams. 2005. Antimicrobial peptide defense in amphibian skin. *Integr. Comp. Biol*. Vol (45): 137-142
- Susilawati, L., A. Khusnuryani, L. Solihah. 2012. seleksi dan identifikasi bakteri *indigenous* dari lendir kulit katak sawah (*rana cancrivora*) yang berpotensi sebagai agensia biofungisida. *Seminar Nasional Biodiversitas "Konservasi Keanekaragaman Hayati Berbasis Kearifan Lokal Masyarakat Indonesia"* UNS Surakarta. 10 November 2012
- Woodhams, D. C., Vance T. V., Mary A. S., Dean B., Bashar S., Yu S., Cheryl J. B., Louise A. R., & Reid N.H. (2007). Symbiotic bacteria contribute to innate immune defenses of the threatened mountain yellow-legged frog, *Fejervarya muscosa*. *Biological Conservation*. Vol (30): 1-9.

## Kajian Kehilangan Hasil Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Akibat Kehadiran Gulma Pada Sistem Tanam SRI dan Konvensional

**Merry Antralina , Endang Kantikowati**

*Fakultas Pertanian Universitas Bale Bandung, Bandung, Indonesia*

*Email : mantralina@yahoo.com*

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh kehadiran gulma terhadap kehilangan hasil tanaman padi sawah guna menentukan program pengendaliannya pada sistem tanam padi secara SRI dan Konvensional. Penelitian dilakukan 2 set, yang pertama merupakan penelitian untuk mengetahui kehilangan hasil akibat keberadaan gulma pada sistem tanam secara SRI (*The System of Rice Intensification*), yang kedua merupakan penelitian untuk mengetahui kehilangan hasil akibat kehadiran gulma pada sistem tanam secara konvensional. Kedua penelitian di atas menggunakan metode eksperimen, dengan Rancangan percobaan yang dipakainya adalah Rancangan Acak Kelompok, masing-masing dengan 8 perlakuan dan diulang 3 kali. Delapan perlakuan tersebut adalah : A = Bergulma sampai panen , B = Bergulma sampai umur 21 hari setelah tanam ( HST ) , C = Bergulma sampai umur 42 HST , D = Bergulma sampai umur 63 HST , E = Bebas gulma sampai umur 21 HST , F = Bebas gulma sampai umur 42 HST , G = Bebas gulma sampai umur 63 HST , H = Bebas gulma sampai panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : Pada kedua sistem tanam semakin lama gulma hadir di pertanaman padi sawah semakin besar penurunan hasil gabah kering gilingnya. Kehilangan hasil padi pada sistem SRI apabila gulma dibiarkan tumbuh pada areal pertanaman padi sampai panen adalah 98.02 % , sedangkan kehilangan hasil pada sistem konvensional pada kondisi yang sama adalah 74,55 % . Periode kritis tanaman padi sawah varietas Ciherang yang ditanam dengan sistem SRI dalam persaingan dengan gulma adalah dari awal tanam sampai berumur 63 hari setelah tanam , sehingga penyiangan perlu dilakukan pada rentang umur tanaman tersebut, sedangkan pada sistem tanam konvensional periode kritisnya adalah pada umur 0 - 21 hari setelah tanam.

Kata kunci : Kehilangan hasil, periode kritis, SRI, Konvensional

### PENDAHULUAN

Pulau Jawa saat ini masih merupakan wilayah sentra produksi padi di lahan sawah irigasi teknis. Padi masih menjadi sasaran pengadaan pangan dan tetap menjadi tolok ukur dan cermin keberhasilan pengadaan pangan secara nasional.

Sistem pertanian konvensional yang berperan penting dalam peningkatan kebutuhan pangan dan produktivitas tanaman ternyata sangat tergantung pada penggunaan pupuk an organik dan pestisida. Di beberapa daerah sistem pertanian konvensional ternyata menimbulkan masalah terhadap lingkungan dan kesehatan (Tu dkk. 2006).

*System of Rice Intensification* (SRI) merupakan salah satu alternatif pengelolaan padi sawah intensif di lahan irigasi yang dapat memanfaatkan sumberdaya alam secara optimal dan lestari. Menurut Uphoff dan Fernandes (2002), pada dasarnya SRI mencakup kombinasi : 1) Bibit muda, 2) menanam bibit segera dan hati-hati, 3) menanam dengan jarak tanam renggang, 4) penyiangan mekanik, 5) menjaga tanah agar tetap mempunyai drainase baik, dan 6) menambahkan hara terutama bahan organik atau kompos.

Dalam sistem persawahan konvensional, lahan lebih banyak digenangi air, akibatnya pasokan air yang cukup menjadi penting. Sebaliknya pada sistem SRI, kebutuhan air diperlukan hanya setengah hingga sepertiga dari cara konvensional. Lahan sawah dikondisikan lembap atau macak-macak tanpa digenangi. Hal ini menghemat penggunaan air sampai 60%.

Penyiangan pada metode SRI dilakukan lebih dari empat kali. Penyiangan ini dimaksudkan bukan saja untuk menghilangkan gulma tetapi juga untuk menjaga pasokan udara di dalam tanah, sehingga metode SRI diharapkan dapat menaikkan tingkat produktivitas padi juga meningkatkan struktur dan kondisi lahan sawah serta memperbaiki lingkungan biotik di persawahan.

Gulma sebagai organisme pengganggu tanaman (OPT) termasuk kendala penting yang harus diatasi dalam peningkatan produksi padi di Indonesia (Pitoyo, 2006), karena merupakan salah satu faktor pembatas produksi tanaman padi, oleh karena gulma dapat menyerap hara dan air lebih cepat dibanding tanaman pokok (Gupta, 1984). Pada tanaman padi, biaya pengendalian gulma mencapai 50% dari biaya total produksi (IRRI, 1992).

Jika dibandingkan dengan pengendalian hama dan penyakit, pengelolaan gulma sering terabaikan, karena dianggap tidak membahayakan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi. Padahal kenyataannya di lapangan gulma dapat menurunkan hasil. Menurut Madkar dkk. (1986) gulma dapat menurunkan hasil sawah sebesar 20 - 40 % apabila tidak disiangi. Fryer and

Matsunaka (1977) dalam Nawilda dkk., (2006) menyatakan bahwa penurunan hasil akibat adanya gulma di Jepang berkisar dari 10 sampai 70 %. Ditambah oleh Rahman (1995) bahwa besarnya persentase penurunan hasil pertanian karena adanya gulma berbanding lurus dengan kerapatan gulma per satuan luas tertentu, seperti *Echinochloa crusgalli* yang dapat menurunkan hasil tanaman padi sebesar 57 % per meter persegi.

Menurut Rijn (2000), gulma mengurangi hasil tanaman dalam persaingan mendapatkan cahaya, oksigen, dan CO<sub>2</sub>, serta makanan. Penurunan hasil tanaman tersebut diakibatkan karena gulma dapat menurunkan aktivitas pertumbuhan antara lain kerdilnya pertumbuhan tanaman, terjadi klorosis, kekurangan hara, serta terjadinya pengurangan jumlah dan ukuran organ tanaman. Gejala kekurangan unsur hara pada tanaman padi dapat mengakibatkan kegagalan pertumbuhan tanaman bibit, tanaman tumbuh kerdil, gejala-gejala pada daun yang bersifat khas, dan kelainan – kelainan yang timbul pada jaringan tanaman (Sukman dan Yakup, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh keberadaan gulma terhadap kehilangan hasil tanaman padi sawah guna menentukan program pengendaliannya pada sistem tanam padi secara SRI dan Konvensional .

### METODE PENELITIAN

Pelaksanaan percobaan dilakukan di lahan sawah Gabungan Kelompok Tani Sadang mukti Kampung Sadang Sari RT 01/04 Kelurahan Andir Kecamatan Baleendah Kabupaten Bandung Jawa Barat yang terletak pada ketinggian sekitar 668 m di atas permukaan laut, jenis tanah Latosol dan curah hujan rata-ratanya adalah 1911,9 mm, tipe iklim D<sub>4</sub> menurut Klasifikasi Oldeman (1975).

Penelitian dilakukan 2 set, yang pertama merupakan penelitian untuk mengetahui kehilangan hasil akibat keberadaan gulma pada sistem tanam secara SRI (The system of Rice Intensification), yang kedua merupakan penelitian untuk mengetahui kehilangan hasil akibat keberadaan gulma pada sistem tanam secara konvensional.

Kedua penelitian di atas menggunakan metode eksperimen, dengan Rancangan percobaan yang dipakai adalah Rancangan Acak Kelompok, masing-masing dengan 8 perlakuan dan diulang 3 kali. Delapan perlakuan tersebut adalah :

- A = Bergulma sampai panen
- B = Bergulma sampai umur 21 hari setelah tanam (HST)
- C = Bergulma sampai umur 42 HST
- D = Bergulma sampai umur 63 HST
  
- E = Bebas gulma sampai umur 21 HST
- F = Bebas gulma sampai umur 42 HST
- G = Bebas gulma sampai umur 63 HST
- H = Bebas gulma sampai panen

Variabel respons yang ditetapkan adalah bobot kering gulma, hasil gabah kering giling, dan kehilangan hasil.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Bobot Kering Gulma*

Hasil penelitian terhadap bobot kering gulma yang ditunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa waktu keberadaan gulma yang berbeda memberikan bobot kering gulma yang berbeda pula. Hal tersebut terjadi karena semakin awal saat kemunculan gulma, persaingan yang terjadi semakin hebat, pertumbuhan tanaman pokok semakin terhambat, dan hasilnya semakin menurun. Hubungan antara saat kemunculan gulma dan pertumbuhan atau hasil tanaman pokok merupakan suatu korelasi positif.

Pada umur 84 HST, bobot kering gulma tertinggi pada system SRI adalah 106.9 g sedang pada sistem konvensional adalah 102,67 g, bobot kering gulma yang relatif sama pada kedua system tanam tersebut menunjukkan bahwa pada budidaya tanaman padi sawah baik metode SRI maupun metode konvensional masih diperlukan penyiangan. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Utomo dan Nazaruddin (1996) yang mengatakan bahwa pada teknologi budidaya padi tindakan penyiangan masih perlu dilakukan karena herbisida yang diberikan dalam hal ini adalah dititik beratkan untuk memudahkan pengolahan pengolahan tanah.

Tabel 1. Bobot Kering Gulma Akibat Kehadiran Gulma Pada Sistem Tanam SRI dan Konvensional Pada Umur 84 HST

Perlakuan	Rata-Rata Bobot Kering Gulma (g)	
	Sistem SRI	Sistem Konvensional
A	106,90 b	102,67 b
B	0,00 a	0,00 a
C	0,00 a	0,00 a
D	0,00 a	0,00 a
E	10,73 a	1,60 a
F	3,61 a	3,23 a
G	1,60 a	1,50 a
H	0,00 a	0,00 a

Keterangan : Angka rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada taraf pengujian lima persen menurut Uji Jarak Berganda Duncan.

Perlakuan yang lain pada kedua sistem tanam padi menunjukkan bobot yang lebih ringan. Hal ini terjadi karena lama hidup dari gulma pada perlakuan yang ada, berbeda-beda sesuai dengan saat penyiangan, karena pada perlakuan bergulma sampai panen gulmanya terus ada maka bobot keringnya juga menunjukkan bobot terberat dibanding perlakuan yang lain. Hal ini sesuai dengan pendapat Christin Juliana (2010) yang menyatakan bahwa semakin lama gulma tumbuh bersama dengan tanaman pokok, semakin besar persaingannya, pertumbuhan tanaman pokok semakin terhambat, dan hasilnya akan semakin menurun.

Terbatasnya persyaratan tumbuh mengakibatkan terjadinya persaingan dalam memperoleh unsur-unsur hara di dalam tanah (Mercado, 1979). Yang paling diperebutkan antara pertanaman dan gulma adalah unsur nitrogen, dan karena nitrogen dibutuhkan dalam jumlah yang banyak, maka unsur hara ini lebih cepat habis terpakai. Gulma memiliki kemampuan menyerap lebih banyak unsur hara daripada pertanaman. Pada bobot kering yang sama, gulma mengandung kadar nitrogen dua kali lebih banyak daripada jagung ; fosfat 1,5 kali lebih banyak; kalium 3,5 kali lebih banyak; kalsium 7,5 kali lebih banyak dan magnesium lebih dari 3 kali. Jadi dalam hal ini terlihat bahwa gulma lebih banyak membutuhkan unsur hara daripada tanaman yang dikelola manusia (Christin Juliana, 2010). Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Yandianto (2003) , menyatakan bahwa gulma akan menyerap mineral dan hara yang diperlukan oleh tanaman padi, karena sebagian besar gulma termasuk golongan rumput-rumputan, yang menurut Noeriwan dan Noerizal (2004) golongan tersebut mempunyai perakaran yang melekat kuat pada tanah dan sangat kompetitif serta sangat efisien dalam penyerapan unsur hara sehingga pertumbuhan tanaman padi terganggu dan menjadi tidak sempurna. Selain itu pertumbuhan tanaman padi yang berkompetisi dengan gulma akan terhambat karena gulma lebih banyak menyerap unsur hara dibandingkan dengan tanaman padi, hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Haryatun (2008) yang menyatakan bahwa hasil analisis jaringan beberapa species gulma yang diperoleh di tiga kabupaten yang disurvei menunjukkan bahwa kandungan hara N, P, dan K umumnya cukup tinggi.

#### **Hasil Gabah Kering Giling (Kg per hektar) , Persentase Kehilangan Hasil**

Hasil biji didasarkan pada jumlah pati (asimilat) yang terakumulasi dalam “*spikelet*”, yang sangat ditentukan selama fase pengisian biji. Ada tiga faktor penting selama proses pengisian biji, yaitu : 1) Produksi fotosintat yang dihasilkan oleh organ tanaman yang berperan sebagai source, 2) Sistem translokasi dari source ke sink, dan 3) akumulasi fotosintat pada sink. Hasil dari proses pengisian biji pada padi adalah keseimbangan dari ketiganya (Khush, 1996 dalam Sumardi dkk., 2007)

Pada Tabel 2 terlihat bahwa hasil tanaman padi pada kedua system tanam, baik yang SRI maupun yang konvensional semakin menurun dengan semakin lamanya periode bergulma berlangsung. Pada sistem SRI hasilnya 5976,19 Kg/Ha sedang pada sistem konvensional hasilnya 6160 Kg/Ha pada perlakuan yang keberadaan gulmanya bersih sampai panen, sedang pada perlakuan yang lainnya pada sistem SRI hasilnya berbeda-beda tergantung keberadaan gulmanya, pada system konvensional hampir seluruh perlakuan yang dicoba mempunyai hasil yang sama, kecuali pada perlakuan yang keberadaan gulmanya sampai panen . Berkurangnya hasil disebabkan karena fotosintat yang ditranslokasikan untuk pembentukan dan pengisian malai berkurang. Hal ini terjadi karena laju fotosintesis menurun akibat terjadinya persaingan dengan gulma dalam memperoleh sarana tumbuh, sesuai dengan pendapat Madkar, dkk (1986) yang menyatakan bahwa

hasil pertanaman padi menurun apabila gulma tidak disiangi dengan baik, yaitu menurun sebesar 20 – 40 %.

Hasil gabah kering giling pada sistem SRI lebih sedikit dibanding pada system konvensional, hal ini terjadi karena pada sistem SRI gulmanya tumbuh lebih banyak dan lebih padat populasinya, sehingga bobot kering gulma pada sistem SRI lebih berat dibanding sistem konvensional. Hal ini sesuai dengan pendapat Madkar, dkk (1986), yang menyatakan bahwa pada lahan kering, gulma tumbuh lebih banyak dan padat populasinya, sehingga seringkali menimbulkan masalah yang utama selain faktor air.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Tanaman Padi Sistem SRI dan Konvensional Pada Keberadaan Gulma Yang Berbeda

Perlakuan	Hasil Gabah Kering Giling (Kg/Ha) SRI	Hasil Gabah Kering Giling (Kg/Ha) Konvs
A	119,05 a	1600,00 a
B	2571,43 cde	4906,67 bc
C	1785,71 bc	4693,33 bc
D	714,29 ab	2693,33 ab
E	2309,52 cd	4026,67 bc
F	3190,48 de	4880,00 bc
G	3761,90 e	5013,33 bc
H	5976,19 f	6160,00 c

Keterangan : Angka rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbede nyata pada taraf pengujian lima persen menurut Uji Jarak Berganda Duncan

Faktor-faktor kesuburan tanah dan jarak tanam juga mempengaruhi jumlah anakan yang menghasilkan malai. Jumlah gabah permalai tergantung pada kegiatan fotosintesis tanaman selama fase reproduktif. Zat pati pada gabah berasal dari 2 buah sumber, yaitu : dari hasil fotosintesis sebelum pembungaan, yang disimpan di dalam jaringan batang dan daun, yang kemudian diubah menjadi zat-zat gula dan diangkut ke buah / gabah dan dari hasil fotosintesis selama fase pemasakan (Departemen Pertanian, 1973). Selain itu kondisi tanaman yang baik akan memaksimalkan proses pengisian bulir melalui kecukupan hara, cahaya dan air, hal tersebut ditunjang oleh pendapat Cassanova (2002) yang menyatakan bahwa panjang periode pertumbuhan terutama pada stadia pengisian bulir sangat menentukan hasil akhir dan temperature sangat berperan penting dalam hal ini, karena menurut Takai dkk., (2006) tingginya radiasi surya selama periode pengisian bulir dapat meningkatkan produksi biomass yang berakibat terhadap tingginya bulir yang masak yang selanjutnya akan meningkatkan hasil tanaman padi.

Pertumbuhan tanaman padi secara umum dipengaruhi oleh kompetisi gulma dimana indikator besar kecilnya hasil tanaman padi ditunjukkan oleh bobot gabah kering giling yang dihasilkan.

Hubungan antara periode bersih gulma dan bergulma terhadap hasil gabah kering giling menunjukkan hubungan yang menggambarkan semakin lama periode bersih gulma maka semakin tinggi nilai hasil gabah kering giling dan begitu pula sebaliknya.

Pada sistem SRI berdasarkan periode bergulma, bobot gabah kering giling perlakuan yang bergulma sampai umur 63 HST (D) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A, walaupun jika dibandingkan dengan perlakuan bergulma sampai 42 (C), dan 21 HST (B) juga terlihat tidak berbeda nyata pengaruhnya, hal ini berarti bahwa keberadaan gulma di areal pertanaman sawah mulai dari 21 hari sejak tanam sudah dapat menurunkan hasil secara nyata.

Pada sistem konvensional berdasarkan periode bergulma, bobot gabah kering giling pada keberadaan gulma sampai 21 HST (B) mulai berbeda nyata dengan perlakuan yang bergulma sampai panen (A), sedangkan perlakuan yang bersih gulma sampai panen (F), tidak berbeda nyata dengan seluruh perlakuan yang dicoba, kecuali perlakuan yang bergulma sampai panen (A). Hal ini berarti bahwa keberadaan gulma baru menurunkan hasil secara nyata jika gulma tersebut berada di areal pertanaman padi sawah dari tanam sampai panen.

#### *Persentase Kehilangan Hasil*

Keadaan yang paling umum dijumpai dari pengaruh keberadaan gulma terhadap pertumbuhan dapat tercermin dari pengurangan hasil panen. Sebagian besar tanaman budidaya

hanya dapat bertahan hidup bersama gulma dalam waktu yang relatif singkat, tergantung dari jenis gulma dan tanaman budidayanya. Sebagai contoh, gulma campuran semusim yang dibiarkan tumbuh lebih dari 3 minggu di ladang jagung akan menyebabkan penurunan hasil panen jagung yang cukup besar (Sastroutomo, 1990).

Pada Tabel 3 terlihat bahwa kehadiran gulma sampai panen pada kedua sistem tanam akan menimbulkan penurunan hasil yang nyata, karena akan menghambat pertumbuhan vegetatif serta pembentukan dan pengisian malai, karena pada fase pembentukan malai dan pengisian biji tanaman padi membutuhkan ketersediaan air yang cukup, dan pada saat yang sama gulma yang tumbuh juga menggunakan air tersebut untuk pertumbuhannya.

Ketersediaan sarana tumbuh seperti air yang mencukupi akan meningkatkan translokasi dan akumulasi fotosintat pada bulir padi. Hadirnya gulma sampai panen akan mengurangi pasokan air dan translokasi unsur hara sehingga pertumbuhan vegetatif dan hasil gabah akan menurun.

Tabel 3. Kehilangan Hasil Tanaman Padi Sistem SRI Pada Keberadaan Gulma Yang Berbeda

Perlakuan	Kehilangan Hasil Gabah Kering Giling (%) Pada Sistem SRI	Kehilangan Hasil Gabah Kering Giling (%) Pada Sistem Konvensional
A	98,02 f	74.03 d
B	56,11 bcd	18.61 ab
C	69,15 de	23.81 ab
D	88,91 ef	56.28 cd
E	61,99 cd	34.63 bc
F	44,29 bc	20.78 ab
G	37,93 b	20.35 ab
H	0,00 a	0,00 a

Keterangan : Angka rata-rata yang ditandai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 % menurut Uji Jarak Berganda Duncan.

Pada sistem konvensional penurunan hasilnya relatif tidak berbeda hampir pada seluruh perlakuan, hal ini terjadi karena pada sistem konvensional gulmanya relatif tertekan dengan adanya penggenangan yang kontinyu hampir seumur hidupnya, sehingga persaingan yang terjadi antara gulma dan tanaman padi juga tidak begitu besar sehingga tanaman padinya menjadi dominan dalam pertumbuhannya, akibatnya kehilangan hasilnya juga tidak begitu nyata untuk semua perlakuan yang dicoba. Hal ini sesuai dengan pendapat Madkar, dkk, (1986) yang menyatakan bahwa pengaturan air dapat digunakan untuk menekan perkecambah atau pertumbuhan gulma tanpa berpengaruh buruk terhadap tanaman padi, Chozin M.A (2006) juga menyatakan bahwa kondisi an aerob akibat penggenangan dapat membatasi perkecambahan dan pertumbuhan gulma, dimana penggenangan menyebabkan kerusakan gulma melalui hambatan proses respirasi di daerah perakaran akibat berkurangnya oksigen di daerah perakaran. Menurut Soerjani, dkk, (1977) penggenangan 5-15 cm dapat menekan perkecambahan biji-biji gulma teki dan rumput, sementara bobot *Monochoria vaginalis* menurut Rusyadi (1993) dalam Chozin M.A (2006) dapat ditekan dengan penggenangan 2,5 cm.

Kehilangan hasil panen apabila keberadaan gulma dibiarkan berada di areal pertanaman padi sistem SRI dari awal tanaman sampai panen adalah 98,02 %, sedang pada sistem konvensional pada keberadaan gulma yang sama kehilangan hasilnya adalah 74,03 %, kehilangan tersebut ternyata lebih besar dibanding perlakuan yang lain, hal ini sesuai dengan pendapat Chozin M.A (2006) yang menyatakan bahwa keberadaan gulma menentukan besar kecilnya daya kompetisi gulma terhadap tanaman. Pertumbuhan awal tanaman yang berlangsung bersamaan dengan gulma yang jumlahnya sedikit tidak akan menurunkan hasil panen, demikian sebaliknya.

Pada pertanaman dengan system SRI, dari perlakuan bersih gulma diketahui bahwa tanaman padi sawah membutuhkan penyiangan selama 63 hari agar dominasi tanaman padi tercapai sehingga kehilangan hasil menjadi tidak nyata dibanding perlakuan yang bersih gulma sampai panen. Jika dilihat dari perlakuan periode bergulma selama 21 HST, keberadaan gulma sudah menurunkan hasil lebih dari 50 % secara nyata jika dibandingkan dengan perlakuan bersih gulma sampai panen. Dengan demikian periode kritis tanaman padi terhadap kompetisi dengan gulma adalah pada umur tanaman sebelum 21 HST sampai panen.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada kedua sistem tanam semakin lama gulma hadir di pertanaman padi sawah semakin besar penurunan hasil gabah kering gilingnya.
2. Kehilangan hasil padi pada sistem SRI apabila gulma dibiarkan tumbuh pada areal pertanaman padi sampai panen adalah 98,02 %, sedangkan kehilangan hasil pada sistem konvensional pada kondisi yang sama adalah 74,55 %.
3. Periode kritis tanaman padi sawah varietas Ciherang yang ditanam dengan sistem SRI dalam persaingan dengan gulma adalah dari awal tanam sampai berumur 63 hari setelah tanam, sehingga penyiangan perlu dilakukan pada rentang umur tanaman tersebut, sedangkan pada sistem tanam konvensional periode kritisnya adalah pada umur 0 - 21 hari setelah tanam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Casanova, D.J. Gourdian, M.M.C. Former and J.C.M. Withangen, 2002. Rice Yield Prediction From Yield Component and Limiting Factors. *Europ. J. Agronomy* 17 : 41-61.
- Christin Juliana, 2010. Persaingan antara Tanaman dan Gulma. <http://christinejulianahakim.blogspot.com/2010/02/persaingan-antara-tanaman-dan-gulma.html>
- Chozin, M.A. 2006. Peran Ekofisiologi Tanaman Dalam Pengembangan Teknologi Budidaya Pertanian. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Agronomi. Faperta IP. Bogor
- Departemen Pertanian. 1973. Pedoman Praktis Bercocok Tanam Padi Sawah. Badan Pengendali BIMAS. Jakarta.
- Gupta, O.P. 1984. Scientific Management. Today and Tomorrows. Printers and Pub. New Delhi, India. p. 102.
- Haryatun, 2008. Teknik Identifikasi Jenis Gulma Dominan dan Status Ketersediaan Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium Beberapa Jenis Gulma di Lahan Rawa Lebak. *Buletin Teknik Pertanian* Volume 13 No.1
- IRRI. 1992. Gogoranchah: a Farmer's Dry Seeded Rice Practice in Indonesia. Survey Report, Collaborated CRIFC-IRRI, Bogor and Los Banos.
- Madkar, O.R, T.Kuntohartono, dan S Mangoensoekardjo. 1986. Masalah Gulma dan cara Pengendalian. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia.
- Mercado B, L, 1979. Introduction to Weed Science Shouth East Asia Regional. Cent. For Grad Study and Res in Agric. Manila, Philippines.
- Nalwida Rozen, Musliar Kasim, Marlis Rahman, dan Irfan Suliansyah, 2006. Pengujian Tingkat Toleransi Kultivar Padi Sawah Terhadap Gulma. *Jurnal Akta Agrosia* Vol. 9 No.2, hlm 86-93 Juli – Desember 2006.
- Noeriwani, B.S, Noerizal. 2004. Teknik Pelaksanaan Percobaan Pengaruh Aplikasi Pupuk N Terhadap Populasi Tiga Jenis gulma. *Buletin Teknik Pertanian* Vol.9, Nomor 2, 2004
- Oldeman, L.R, 1975 An Agroclimatic Map of Java. CRIA (LP3) Bogor.
- Pitoyo, J. 2006. Mesin Penyiangan Gulma Padi Sawah Bermotor. *Sinar Tani*. Edisi 5-11 Juli 2006. <http://www.pustaka-deptan.go.id>. Akses tanggal 9 juli 2007
- Rahman, M. 1995. Peranan Ekologi dalam Pengendalian Gulma Berwawasan Lingkungan. Pidato Pengukuhan sebagai Guru Besar Madya Tetap Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas Padang.
- Rijn, P.J.V. 2000. Weed Management in The Humid ang Sub Humid Tropics. Royal Tropical Institute Amsterdam, The Netherlands.
- Sastroutomo, S.S, 1990. Ekologi Gulma. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 217 hal.
- Sukma, Y dan Yakup. 2002. Gulma dan Teknik Pengendaliannya. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Sumardi, Kasli, M.Kasim, A. Syarif, dan N. Akhir, 2007. Aplikasi ZPT untuk Meningkatkan Kekuatan Sink Tanaman Padi Sawah. *Jurnal Akta Agrosia* Edisi Khusus. No. 1 hlm 26-35.
- Takai, T., S Matsura., T Nishio., A Ohsumi., T Shiraiwa and T Horie, 2006. Rice Yield Potential is Closely Related to Crop Growth Rate During Late Reproductive Period. *Field Crop Res* 96 : 328-329.
- Tu, Chong., F.J.Lows., N.G.Creamer., J.P. Mueller., C.Brownie., K Fager., M.Bell and S Hu. 2006. Response of Soil Microbial Biomass and N availability to Transition Strategies from Conventional to Organic Farming System. *Agri.Ecosyst.Environ.* 113 : 206-215.
- Uphoff, N and E. Fernandes. 2002. What is The System of Rice Intensification? Proceeding of an International Conference on Assessment of The System of Rice Intensifications (SRI), Sanya, China, April 1-4 2002.
- Utomo, M dan Nazaruddin. 1996. Bertanam Padi sawah Tanpa Olah Tanah. *Penebar Sawdaya*. Jkt. pp. 177.
- Yandianto, 2003. Bercocok Tanam Padi. Penerbit M2S, Bandung.

## Isolasi dan Pencirian Xilanase dari Bakteri asal Tanah Hutan Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi, Indonesia

**Kurrataa'yun, Anja Meryandini, Yopi**

*Institut Pertanian Bogor*  
*Email : ayoensqt@yahoo.com*

Xilanase merupakan enzim pendegradasi xilan yang berguna dalam penyempurnaan biokonversi biomassa lignoselulosa menjadi produk bermanfaat. Aplikasi xilanase yang luas belum dioptimalkan karena kurang tersedianya mikroba unggul. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri asal tanah hutan Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi dan mencirikan xilanasenya yang meliputi parameter pH optimum, suhu optimum, serta stabilitasnya. Sebanyak 28 isolat potensial telah berhasil diisolasi dari tanah hutan Taman Nasional Bukit Dua belas, Jambi dan tiga di antaranya berhasil dicirikan xilanasenya (isolat 10, 18, dan 27). Isolat 10 memproduksi xilanase ekstraseluler tertinggi pada jam ke-12 dan jam ke-36 inkubasi kultur dengan aktivitas optimum pada pH 6 di suhu 40°C dan 90°C. Waktu produksi xilanase tertinggi isolat 27 tercapai pada jam ke-12 dan jam ke-30 inkubasi kultur. Kondisi optimum xilanase isolat 27 terjadi pada pH 5 di suhu 90°C dan 50°C, sementara xilanase isolat 18 mencapai waktu optimum produksi pada jam ke-18 dan jam ke-36 inkubasi kultur. Kondisi optimum xilanase isolat 18 tercapai pada pH 5 dan suhu 90°C. Enzim isolat 18 memiliki waktu paruh 1 jam 7 menit pada pH dan suhu optimumnya.

Kata kunci : Xilanolitik, Xilanase, Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi



## Kemelimpahan dan Distribusi *Polygonum chinense* Linn. di Gunung Lawu

**Yudha Noviana, Muhammad Ridwan, Dea Astuti, Dinar Larasati**

*Kelompok Studi Biodiversitas Jurusan Biologi FMIPA  
Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta  
Email: pnophe@gmail.com*

*Polygonum chinense* Linn. merupakan tanaman herba yang banyak tumbuh liar di Gunung Lawu (3265 m dpl). Tanaman ini sudah banyak dimanfaatkan sebagai obat tradisional di negara lain seperti India dan China. Di Indonesia sendiri *Polygonum chinense* Linn. belum dimanfaatkan dengan baik sebagai tanaman obat sehingga belum banyak studi yang mengulas informasi mengenai tanaman ini khususnya tentang kemelimpahan dan distribusinya di Gunung Lawu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemelimpahan dan distribusi *Polygonum chinense* Linn. di Gunung Lawu. Penelitian ini dilakukan pada Desember 2012 dengan menggunakan metode transek kuadrat di sepanjang jalur pendakian Cemoro Sewu, Gunung Lawu. Data dikoleksi dari 7 stasiun berdasarkan ketinggian yakni 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000 dan 3200 m dpl dengan 4 kali ulangan tiap stasiun. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *Polygonum chinense* Linn. memiliki nilai kemelimpahan tertinggi di stasiun 5 (2.800 mdpl) yaitu sebesar 99,75 individu/m<sup>2</sup>. Distribusi tanaman ini merata di sepanjang stasiun pengamatan dengan pola distribusi mengelompok.

Kata kunci: *Polygonum chinense* Linn., kelimpahan, distribusi, Gunung Lawu

### PENDAHULUAN

Gunung Lawu merupakan bentuk habitat yang sangat eksotis (Steenis, 1972 dalam Setyawan dan Sugiyarto, 2001), memiliki potensi kekayaan flora dan fauna yang sangat menarik. Selain itu memiliki keragaman faktor lingkungan yang tinggi, sehingga diduga memiliki daya dukung lingkungan yang beragam terhadap pertumbuhan jenis-jenis tumbuhan yang mampu beradaptasi di tempat tersebut (Setyawan, 1999). Potensi flora di kawasan Gunung Lawu sangat beragam antara lain sebagai tanaman obat. Setyawan (2005) dalam penelitiannya melaporkan terdapat  $\pm 11$  jenis tumbuhan di lereng Gunung Lawu yang mempunyai manfaat dan kandungan fitokimia untuk bahan baku obat-obatan.

Salah satu tanaman yang diduga berpotensi obat adalah *Polygonum chinense*. Beberapa spesies tanaman dari genus *Polygonum* (Polygonaceae) digunakan sebagai obat rakyat di berbagai belahan dunia untuk mengobati berbagai penyakit seperti infeksi kulit, disentri, gigitan ular, wasir, insomnia, penyakit jantung, perlindungan hati, dan dispepsia (Chevallier, 1996; WHO<sup>1</sup>, 1989; WHO<sup>2</sup>, 1989; WHO<sup>1</sup>, 1989; WHO<sup>2</sup>, 1998).

*Polygonum chinense* merupakan herba yang tumbuh memanjat atau merambat dan dapat mencapai panjang 3-6 meter. Batangnya bulat, licin, beruas-ruas, sedikit berkayu, berwarna hijau atau merah kehijauan. Tipe daun tunggal, tersebar, pelepahnya memeluk batang dengan daun penumpu. Helaian daun berbentuk lonjong sampai lanset, ujungnya dan pangkalnya runcing dengan tepi rata. Ukuran daun memiliki panjang 5-15 cm dan lebar 3-7 cm. Pertulangan daun menyirip dengan permukaan berkerut, licin, dan warna hijau keunguan. Bunganya adalah bunga majemuk berbentuk payung, terletak di ketiak daun, berkelompok atau di ujung batang, merupakan bunga tak sempurna, berkelamin ganda, benang sari duduk di atas pangkal buah, mahkota bentuk bintang, berlepasan, panjang 3-6 mm, dan berwarna putih. Buahnya berbentuk kotak palsu atau bulat telur, berusuk 3, kulitnya lunak, permukaan licin, panjang 3-5 mm, dan berwarna ungu kebiruan. Bijinya berbentuk bulat telur, ujung runcing, tajam, kecil, keras, berwarna cokelat kehitaman (Biojana, 2012).

*P. chinense* dapat tumbuh di lembah basah, lereng berumput, hutan campuran, lembah bersemas, lereng pegunungan, pada ketinggian sampai 3000 m dpl (Li dkk., 2003). Spesies ini tersebar luas di daerah beriklim sub-tropis dan hangat di wilayah Asia, serta bersifat polimorfik (Chevallier, 1996). Distribusi tanaman ini tersebar, mulai dari India timur ke Jepang dan sebagian besar tumbuh di dataran tinggi atau hutan terbuka, perkebunan kopi. Di Indonesia, *P. chinense* merupakan salah satu gulma yang tumbuh di antara perkebunan teh di Jawa Barat tetapi belum pernah dilaporkan sebagai masalah serius (Harada dkk., 1987).

Menurut Maharajan dkk., (2012) ekstrak etanol dan kloroform dari tanaman *P. chinense* memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus*, serta aktivitas antifungi yang signifikan terhadap *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Aspergillus niger*. Selain itu, menurut Ismail dkk., (2012) daun dari tanaman ini memiliki aktivitas gastroprotektif pada tikus putih.

Penelitian mengenai potensi dari *P. chinense* di Indonesia khususnya Gunung Lawu masih belum banyak dilakukan, sehingga belum banyak informasi mengenai tanaman ini khususnya tentang kemelimpahan dan distribusinya di Gunung Lawu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemelimpahan dan distribusi *Polygonum chinense* Linn. di Gunung Lawu.

## BAHAN DAN METODA

### *Waktu dan tempat penelitian*

Penelitian lapangan dilakukan di sepanjang jalur pendakian Gunung Lawu bagian selatan (Cemoro Sewu - Argo Dumilah) dengan ketinggian tempat 2000-3200 m dpl pada bulan Desember 2012.

### *Alat dan bahan*

Perlengkapan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, kamera, tali rafia, *thermohigrometer*, *barometer*, *lux meter*, GPS dan berbagai perlengkapan pendakian gunung.

### *Cara kerja*

Pengamatan tanaman *P. chinense* dilakukan dengan metode kuadrat di sepanjang jalur pendakian dari Cemoro Sewu hingga puncak Hargo Dumilah. Stasiun pengamatan ditentukan dengan interval ketinggian 200 m mulai ketinggian 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000 hingga 3200 m dpl. Kuadrat dibuat dengan distribusi sistematis sepanjang kiri-kanan jalur transek secara bergantian, masing-masing 4 kuadrat pada tiap stasiun. Cacah individu/luas penutupan tumbuhan yang ditemukan dihitung (Barbour dkk., 1987).

### *Analisis data*

Hasil pengamatan ditabulasi dan dilakukan analisis kemelimpahan dan pola distribusinya. Kemelimpahan tumbuhan dinyatakan dengan nilai rata-rata cacah individu tumbuhan per satuan luas area. Distribusi tumbuhan di sepanjang jalur pendakian dinyatakan dengan frekuensi relatif spesies, sedangkan pola distribusinya ditentukan dengan nilai Indeks Morista, yaitu:

$$I = \frac{(N \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2}{\sum X^2 - \sum X}$$

I = Indeks Morista

N = jumlah seluruh stasiun sampel

X = jumlah individu per stasiun sampel

Jika:

I = 1 menunjukkan pola distribusi acak/random

I > 1 menunjukkan pola distribusi berkelompok

I < 1 menunjukkan pola distribusi beraturan

(Oosting, 1956; Cox, 1972; Barbour *et al.*, 1987; Djufri, 2002)

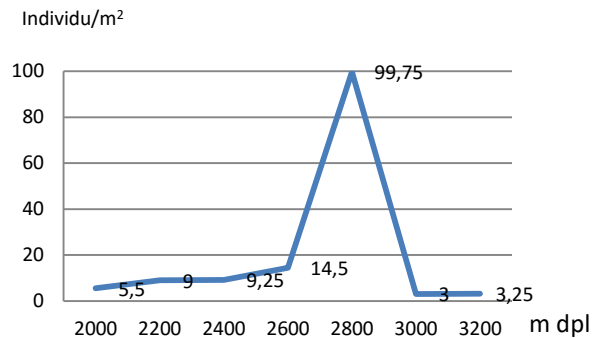
Selain pengambilan data distribusi dan kemelimpahan *P. chinense* diambil juga data faktor klimatik berupa suhu udara, intensitas cahaya, kelembaban udara dan tekanan udara setiap plot tempat pengambilan sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kemelimpahan tanaman P. chinense*

Hasil pengamatan dan penghitungan cacah individu tanaman *P. chinense* pada berbagai ketinggian tempat di sepanjang jalur pendakian bagian selatan Cemoro Sewu, Gunung Lawu disajikan pada grafik 1. Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa kemelimpahan tanaman *P. chinense* di lereng selatan Gunung Lawu berbeda tergantung ketinggian tempat. Tanaman ini sudah dapat ditemukan pada ketinggian 2000 m dpl, terus meningkat sampai ketinggian 2600 m dpl dan mencapai titik kemelimpahan tertinggi pada ketinggian 2800 m dpl yang mencapai 99,75 individu/m<sup>2</sup>

Grafik 1. Kemelimpahan *P. chinense* di Gunung Lawu



Namun, pada ketinggian 3000 dan 3200 m dpl terjadi penurunan. Adanya perbedaan kemelimpahan pada berbagai ketinggian tersebut dimungkinkan karena perbedaan intensitas cahaya pada masing-masing stasiun pengamatan.

Dari hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa *P. chinense* dapat tumbuh baik pada habitat dengan intensitas cahaya yang tinggi.

Tabel 1. Faktor klimatik dan edafik *P. chinense* di Gunung Lawu

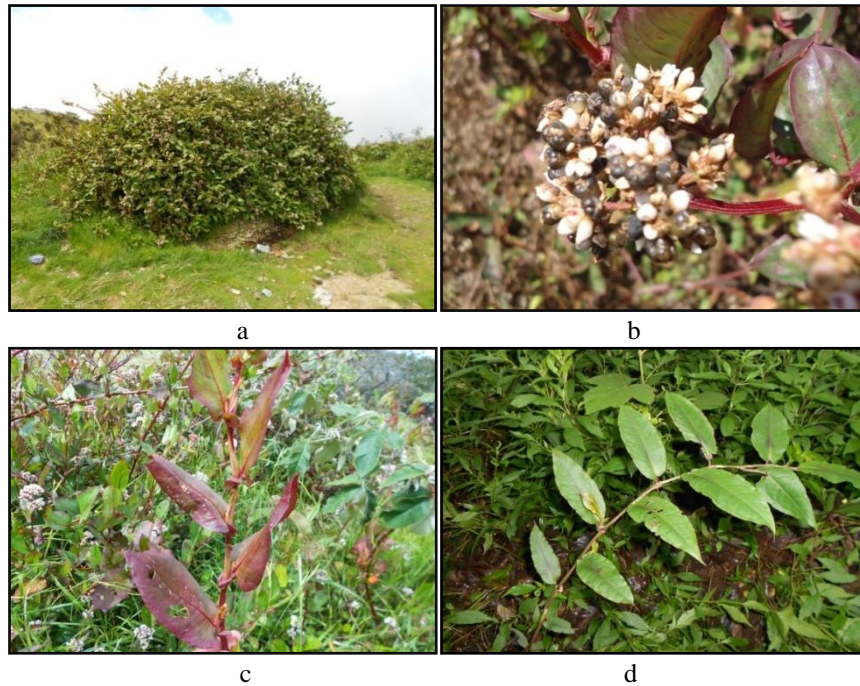
Stasiun	Faktor Klimatik			
	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tekanan Udara (HpA)
	4129	19	97,25	798
2	77575,3	26,25	64,25	782
3	14750	20	67,25	764,75
4	6206,68	16,25	77,25	746
5	129058,3	26,75	58	729
6	80816,66	22,25	61	712,75
7	110716,65	21,75	58	694,5
<b>Rata-rata</b>	<b>60464,66</b>	<b>21,75</b>	<b>69</b>	<b>746,71</b>

Pada stasiun 5 terlihat memiliki intensitas cahaya dan suhu tertinggi, yaitu 129058,3 dan 26,75 °C. Menurut Sugiyarto dkk., (2006) beberapa jenis tanaman obat selama ini diketahui tumbuh di habitat dengan karakter lingkungan yang ekstrim, misalnya suhu ekstrim rendah atau tinggi, tanah kekurangan air, pH tinggi atau rendah dan lain-lain.

Perbedaan elevasi menyebabkan morfologi tanaman tersebut berbeda. Pada tempat dengan elevasi tinggi, batang dan daun terlihat berwarna merah-ungu (Gambar 1). Warna tersebut diakibatkan oleh tingginya kadar antosianin pada batang dan daun. Salah satu karakteristik spesies subalpine adalah tingginya kandungan antosianin di dalam daun-daunnya. Kombinasi antosianin dengan klorofil membuat warna daun menjadi berwarna ungu gelap atau hitam sebagai adaptasi terhadap suhu udara yang rendah di puncak gunung. Warna gelap pada daun akan mengabsorpsi radiasi matahari lebih besar sehingga suhu udara daun menjadi lebih tinggi daripada suhu udara di sekitarnya. Selain itu, pada lingkungan yang ekstrim tumbuhan akan beradaptasi dengan memproduksi asam giberelat yang tinggi sehingga dapat menghasilkan saponin yang tinggi juga (Harborne, 1988).

Tanaman ini mengandung senyawa bioaktif saponin, antraknon, dan glikosida. Menurut analisis GC-MS yang dilakukan oleh Ezhilan dan Neelamegam (2012), ekstrak ethanol *P. chinense* senyawa fitokimia yang paling besar squalene, triterpene, 1,2-benzenedikarbokzylic acid, mono (2-1 ethylhexyl) ester, dan senyawa plasticizer. Empat diantaranya memiliki aktivitas antimikroba.

Selain aktivitas antimikroba, squalene memiliki aktivitas antikanker, antioksidan, kemopreventif, pestisida, antitumor, dan tabir surya, serta senyawa kumarin (8-methyloctahydrocoumarin) yang memiliki aktivitas antioksidan dan anti inflamasi. Squalene (triterpene) adalah senyawa fenolik dan bahwa terpinen ditemukan dalam lateks dan resin beberapa tanaman dan fungsi fisiologis senyawa ini umumnya diyakini kimia dalam pertahanan terhadap patogen tertentu yang menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan (Ezhilan dan Neelamegam, 2012).



**Gambar 1.** a. warna daun hijau pada elevasi 2.000 m dpl,  
b. warna daun merah-ungu pada elevasi 3.200 m dpl.

Tanaman ini mengandung senyawa bioaktif saponin, antraknon, dan glikosida. Menurut analisis GC-MS yang dilakukan oleh Ezhilan dan Neelamegam (2012), ekstrak etanol *P. chinense* senyawa fitokimia yang paling besar squalene, triterpene, 1,2-benzenedikarbokzylic acid, mono (2-1 ethylhexyl) ester, dan senyawa plasticizer. Empat diantaranya memiliki aktivitas antimikroba.

Selain aktivitas antimikroba, squalene memiliki aktivitas antikanker, antioksidan, kemopreventif, pestisida, antitumor, dan tabir surya, serta senyawa kumarin (8-methyloctahidrocoumarin) yang memiliki aktivitas antioksidan dan anti inflamasi. Squalene (triterpene) adalah senyawa fenolik dan bahwa terpinen ditemukan dalam lateks dan resin beberapa tanaman dan fungsi fisiologis senyawa ini umumnya diyakini kimia dalam pertahanan terhadap patogen tertentu yang menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan (Ezhilan dan Neelamegam, 2012).

#### *Distribusi tanaman P. chinense*

Berdasarkan hasil pengamatan, distribusi tanaman *P. chinense* yang ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat bahwa hingga ketinggian 2800 m dpl, frekuensi ditemukannya *P. major* pada masing-masing kuadrat mencapai 100%, sedangkan untuk lokasi dengan ketinggian 3000 dan 3200 m dpl frekuensi ditemukannya tanaman ini masing-masing hanya sebesar 75% dan 25%.

Tabel 2. Kemelimpahan dan frekuensi ditemukannya tumbuhan *P. chinense* di Gunung Lawu.

Stasiun	Ketinggian tempat (mdpl)	Kemelimpahan (individu/m <sup>2</sup> )	Frekuensi (%)
1.	2000	5,5	100
2.	2200	9	100
3.	2400	9,25	100
4.	2600	14,5	100
5.	2800	99,75	100
6.	3000	3	75
7.	3200	3,25	25

Dari perhitungan Indeks Morista didapatkan nilai 3,5 ( $> 1$ ) sehingga pola distribusi *P. chinense* di Gunung Lawu adalah mengelompok (Cox, 1972; Oosting, 1956 dalam Sugiyarto dkk., 2006). Pola distribusi mengelompok menandakan terjadinya interaksi positif antara individu tanaman tersebut atau sistem regenerasinya cenderung dilakukan secara vegetatif atau kemampuan penyebaran bijinya terbatas (Barbour, 1987; Djufri, 2002 dalam Sugiyarto dkk., 2006).

*P. chinense* merupakan salah satu tanaman pakan burung Jalak Lawu Gading (*Turdus poliocephalus stressemanni* Bartels.) yang endemik di Gunung Lawu dan berbuah sepanjang tahun, sehingga distribusi tanaman ini terbantu oleh kotoran yang dikeluarkan oleh burung tersebut (Ridwan, 2013).

Di Indonesia, selain di Gunung Lawu tanaman *P. chinense* ini juga dapat ditemukan di Gunung Papandayan, (Sulistiyawati dkk., 2006), Rawa Bento (Putra, 2011), dan Situ Lembang (Kusdianti dkk., 2008). Sedangkan di luar Indonesia tanaman ini dapat ditemukan di China, Bhutan, India, Jepang, Malaysia, Myanmar, Nepal, Philipina, Sikkim, Thailand, dan Vietnam (Li dkk., 2003).

### KESIMPULAN

Kemelimpahan *Polygonum chinense* Linn. tertinggi terdapat di stasiun 5 (2.800 mdpl) yaitu sebesar 99,75 individu/m<sup>2</sup>. Tanaman ini terdistribusi merata di sepanjang stasiun pengamatan dengan pola distribusi mengelompok yang ditunjukkan dengan Nilai Indeks Morista yang mencapai 3,5.

### PUSTAKA

- Barbour, M.G., J.H. Burk, and W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., San Fransisco.
- Biojana, 2012. Khasiat Daun Tanaman Aseman. <http://biojana.com/khasiat-daun-tanaman-aseman/>. Diakses: 25 Agustus 2013.
- Chevallier, A. 1996. *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Dorling Kindersley, London.
- Cox, G.W. 1972. *Laboratory Manual of General Ecology*. WMC Brown Company Publishers, Iowa.
- Djufri. 2002. Penentuan pola distribusi, asosiasi dan interaksi spesies tumbuhan khususnya padang rumput di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *Biodiversitas*. Vol. 3 (1): 181-188.
- Ezhilan, B.P. dan R. Neelamegam. 2012. GC-MS analysis of phytochemicals in the ethanol extract of *Polygonum chinense* L. *Pharmacognosy Res*. Vol. 4 (1): 11-14.
- Ismail, I.F., S. Golbabapour, P. Hassandarvish, M. Hajrezaie, N.A. Majid, F.A. Kadir, F. Al-Bayaty, K. Awang, H.Hazni, dan M.A. Abdulla. 2012. Gastroprotective activity of *Polygonum chinense* aqueous leaf extract on ethanol-induced hemorrhagic mucosal lesions in Rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Vol. 2012: 1 – 9.
- Harborne, J.B. 1988. *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press, London.
- Kasno, S., Tjitrosemito dan Sun Jay A. 1990. The role of *Haltica* Sp. (Coleoptera: Halticidae) as biological control agent of *Polygonum chinense*. *Biotropia*. (4): 41–48.
- Kusdianti, T.N. Nilawati, dan L. Sheba. 2008. Tumbuhan Obat di Legok Jero Situ Lembang.
- Li A., Bao B., A.E. Grabovskaya-Borodina, S.P Hong, J. McNeil, S.L. Mosyakin, H. Ohba, dan C.W. Park. 2003. Polygonaceae. *Flora of China*. Vol. 5: 277-350.
- Maharajan, M., A. Rajendran, B. Thomas dan V. Aravindhan. 2012. Antibacterial and antifungal activities of *Polygonum chinense* Linn. *Asian Journal of Plant Science and Research*. Vol. 2 (5): 577–580.
- Oosting, H.J. 1956. *The Study of Plant Communities: an Introduction to Plant Ecology*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Putra, R.E. 2011. Valuasi ekonomi keanekaragaman hayati Rawa Bento kecamatan Gunung Tujuh kabupaten Kerinci provinsi Jambi. *Artikel*. Universitas Andalas, Padang.
- Ridwan, M. 2013. Studi Keragaman Tumbuhan Pakan Jalak Gading (*Turdus poliocephalus stressemanni* Bartels) di Gunung Lawu. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Setyawan, A.D. 1999. Distribusi dan kemelimpahan *Rubus* di Gunung Lawu. *Biosmart*. Vol. 1 (2): 34–41.
- Setyawan, A.D. 2005. UNS prakarsai pelestarian Gunung Lawu: Libatkan delapan daerah. <http://www.suaramerdeka.com>. Diakses: 26 Agustus 2013.
- Setyawan, A.D. dan Sugiyarto. 2001. Keanekaragaman flora hutan Jobolarangan Gunung Lawu; 1. Cryptogamae. *Biodiversitas*. Vol. 2 (1): 115-122.
- Steenis, C.G.G.J. van. 1972. *The Mountain Flora of Java*. E.J. Brill, Leiden.
- Sugiyarto, Setyawan, A.D., dan Pitoyo, A. 2006. Estimasi kemelimpahan dan distribusi *Plantago major* L. di Gunung Lawu. *Biodiversitas*. Vol. 7 (2): 143-146.

- Sulistiyawati, E., R.M. Sungkar, E. Maryani, M. Aribowo, dan D. Rosleine. 2006. The biodiversity of Mount Papandayan and the threats. Paper presented on International Interdisciplinary Conference Volcano International Gathering. Yogyakarta, Indonesia. 106-113
- WHO<sup>1</sup>. 1989. Medicinal Plants in China. Western Pasific Series 2: (227–229)
- WHO<sup>2</sup>. 1989. Medicinal Plants in China. Western Pasific Series 3: (307–309)
- WHO<sup>1</sup>, 1998. Medicinal Plants in China. Western Pasific Series 19: (153)

# Status Resistensi Populasi *Brevipalpus phoenicis* Geijskes Terhadap Fungisida Kocide 77wp Yang Digunakan Di Perkebunan Teh Ptpn Ix Kaligua Bumiayu

**Bambang Heru Budianto**

*Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto*  
*Email : bhbudianto@gmail.com*

Teh sebagai tanaman budidaya juga tidak lepas dari serangan berbagai hama salah satunya adalah tungau. Penanganan tungau hama yang selama ini dilakukan adalah dengan penggunaan pestisida. Penggunaan pestisida yang terus menerus dapat menyebabkan beberapa akibat antara lain timbulnya resistensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat resistensi tungau hama *Brevipalpus phoenicis* terhadap fungisida kocide yang digunakan di perkebunan teh. Materi yang digunakan adalah tungau hama *Brevipalpus phoenicis* dan fungisida kocide 77WP. Pengambilan sampel dan penelitian dilaksanakan di perkebunan teh PTPN IX Kaligua Bumiayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya nilai LC50 yang dianalisis dengan program probit-logit (POLO) diperoleh nilai LC50 sebesar 1,6012. Selain nilai LC50/24 jam, diperoleh pula nilai  $\chi^2$  hitung yang lebih besar dibandingkan dengan nilai  $\chi^2$  tabel. Nilai  $\chi^2$  ini menunjukkan bahwa fungisida Kocide 77 WP belum mampu menggeser komposisi tungau-tungau *B. phoenicis* rentan yang merupakan penyusun mayoritas populasi tersebut. Masih lebih dominannya tungau hama rentan dibandingkan yang resisten, dapat pula dilihat dari nilai slope yang menunjukkan gambaran garis curam apabila diplotkan (nilai slope = 1,596 ± 1,645).

Kata kunci : *Brevipalpus phoenicis*, resistensi, fungisida kocide 77 WP

## PENDAHULUAN

Perkebunan teh PTPN IX Kaligua, Bumiayu juga tidak lepas dari serangan berbagai hama dan penyakit dalam proses pemeliharaan tanaman teh. Hama yang banyak menyerang di perkebunan Kaligua adalah serangan tungau. Sudoi *et al* (1994), menyatakan bahwa berbagai tungau hama menghisap cairan daun sehingga daun menjadi klorosis bahkan menjadi rontok. Kerugian yang disebabkan oleh serangan tungau meliputi kerusakan areal perkebunan mencapai sekitar 50% dan menurunnya pertumbuhan pucuk daun teh sampai 30%.

Pracaya (1983) menyatakan bahwa tungau biasanya membuat jaring pengaman yang luas dan hidup dibawahnya. Perkembangan tungau akan pesat bila udara panas dan kering. Hujan yang lebat dapat mengurangi populasi dalam waktu yang singkat. Tungau banyak hidup di bagian yang terlindungi di balik daun. Tungau banyak merusak daun, batang dan buah, yang mengakibatkan perubahan warna dan bentuk, timbul bisul-bisul dan daun rontok sebelum waktunya.

Adisewodjo (1982), menyatakan bahwa ada enam jenis tungau yang terdapat di kebun teh yaitu, *Epietranikus bimakulatus* (red spider, rode myt, tungau merah), *Brevipalpus phoenicis* (tenuipalpus, cranja myt, tungau jingga), *Eriophyes theae* Watt (tungau merah daging), *Eriophyes karinatus* (tungau ungu), dan *Tarsonomus translukens* (gele myt, tungau kuning). Di Indonesia tungau jingga (*Brevipalpus phoenicis*) merupakan tungau yang paling sering menimbulkan banyak kerusakan dibandingkan tungau yang lain. Daerah penyebarannya terutama di kawasan Asia Tenggara. Tungau jingga terutama terdapat di perkebunan teh yang letaknya antara 1000-1800 meter diatas permukaan laut.

Tungau jingga disebut “orange mite” atau “red and black flat mite” atau “fals spider mite”. Stadium dewasa pada betina panjangnya mencapai 0,012 inci dan lebar 0,064 inci. Tubuhnya berbentuk lonjong pipih berwarna oranye kemerahan. Terdapat empat buah kaki yang memanjang ke depan, sedangkan empat buah kaki yang lain memanjang ke belakang. Jantan dewasa berwarna kemerahan dan bentuknya lebih tipis dari betinanya (Nurbaya, 2000).

Penanganan hama yang selama ini dilaksanakan di perkebunan teh adalah penggunaan pestisida baik akarisida, fungisida maupun insektisida. Pestisida adalah substansi kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama. (Sudarmo, 1990).

Green (1979), mengatakan bahwa definisi pestisida menurut The United States Federal Environmental Pesticide Control Act adalah semua zat atau campuran zat yang khusus untuk memberantas atau mencegah gangguan hama atau semua zat atau campuran zat yang dimaksudkan untuk digunakan sebagai pengatur pertumbuhan tanaman atau pengering tanaman.

Jenis pestisida yang digunakan di perkebunan teh Kaligua termasuk dalam kelompok “residual killing action”. Jenis pestisida tersebut meliputi insektisida, fungisida, akarisida dan herbisida. Pestisida tersebut berbeda dalam hal cara kerja untuk membasmi hama (Osborne, 1997).

Pestisida yang digunakan untuk membasmi gangguan jamur di perkebunan teh Kaligua adalah fungisida kocide 77wp. Penggunaan pestisida di perkebunan Kaligua tergantung dari jenis serangan yang menyerang tanaman teh. Menurut Sudarmo (1990), fungisida adalah pestisida yang berperan membunuh cendawan dapat bersifat fungitoksik (membunuh cendawan) atau fungistatik (menekan pertumbuhan cendawan).

Kocide 77WP adalah fungisida protektan yang bersifat racun kontak berbentuk tepung berwarna biru muda yang dapat disuspensikan, untuk mengendalikan penyakit busuk daun pada tanaman kentang, penyakit cacar pada daun teh, penyakit karat pada kopi dan busuk buah pada kakao. Bahan aktif yang terkandung didalamnya yaitu tembaga hidroksida ini merupakan fungisida cooper generasi terakhir yang bersifat racun kontak dengan cara kerja yang efektif dan efisien (Tjionger's, 2001).

Ion-ion tembaga hidroksida akan terurai sedemikian rupa saat fungisida dilarutkan dalam air sehingga dapat bergerak dengan cepat untuk masuk dan menembus jamur maupun bakteri penyebab penyakit. Keunggulan dari fungisida Kocide 77WP ini diantaranya : partikelnya sangat kecil sehingga mudah masuk sampai ke pusat penyakit dengan hanya menggunakan dosis yang rendah, lebih mudah larut dalam air dan tidak mudah mengendap, larutan yang terbentuk menjadi lebih merata, daya rekat lebih lama lebih baik, tidak mudah tercuci, tidak mudah mengendap dan menggumpal (Jhony, 2002).

Hasil survei pendahuluan menunjukkan bahwa penggunaan merk pestisida selalu mengalami perubahan begitu juga dengan fungisida yang digunakan. Perubahan merk pestisida yang digunakan akan berpengaruh terhadap organisme hama yang hidup pada tanaman teh. Pengaruh yang terjadi antara lain semakin meningkatnya resistensi hama.

Penggunaan pestisida yang berlebih dan tidak sesuai dosis memberi dampak yang negatif bagi lingkungan. Urech *et al* (1997), menyatakan bahwa pengendalian tungau hama di perkebunan teh dengan menggunakan pestisida akan mencemari produk teh itu sendiri sehingga akan berbahaya bagi lingkungan. Dampak lain yang terjadi apabila pemakaian pestisida kurang bijaksana adalah terjadinya resistensi dan resurgensi tungau hama. Akibatnya pada suatu saat tertentu dapat terjadi peledakan populasi hama maupun hama sekunder lain (yaitu hama potensial yang sebelumnya bukan hama, karena pemberian pestisida maka akan menjadi hama).

Definisi resistensi pada suatu hama adalah kesanggupan hama untuk memakan racun yang berdosisi lebih tinggi dari biasanya atau dengan kata lain resistensi adalah kemampuan hama untuk mentolerir dosis yang toksid dari suatu pestisida yang akan mematikan sebagian besar populasi pada keadaan normal (Kertasaputra, 1993).

Resistensi menyebabkan suatu jenis jasad pengganggu dapat menjadi tahan atau kebal atau tidak mempan lagi terhadap pestisida yang digunakan. Keadaan ini biasanya timbul sebagai akibat penggunaan sejenis pestisida secara terus menerus dalam waktu yang cukup lama. Akibat dari timbulnya resistensi ini maka anggaran belanja yang dibutuhkan untuk mengendalikan jasad pengganggu menjadi meningkat karena dosis yang biasa digunakan harus ditingkatkan atau senyawa kimianya harus diganti untuk mencegah terjadinya resistensi lebih lanjut (Sastroutomo, 1992).

Pengukuran tingkat toksisitas pestisida untuk mengetahui besarnya tingkat resistensi biasanya menggunakan LC50 yang artinya besarnya nilai konsentrasi yang mematikan sebanyak 50% organisme dari populasinya. Pemberian dapat secara oral (mulut), dermal (kulit), atau melalui pernafasan (Kertasaputra, 1993).

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan yang diangkat dalam usulan penelitian ini meliputi :

1. Bagaimanakah pengaruh pemberian Kocide 77WP terhadap *Brevipalpus phoenicis*?
2. Bagaimana status resistensi dari *Brevipalpus phoenicis* terhadap Kocide 77WP?

Tujuan yang ingin dicapai dengan dilakukan penelitian adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh pemberian Kocide77WP terhadap *Brevipalpus phoenicis*
2. Mengetahui status resistensi *Brevipalpus phoenicis* terhadap Kocide77WP

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam mendapatkan tungau *Brevipalpus phoenicis* adalah metode survey yaitu dengan mengambil sejumlah daun teh di perkebunan teh Kaligua Bumiayu dengan teknik pengambilan sampel "purposive sampling". Untuk pengujian status resistensi tungau tersebut terhadap fungisida Kocide dipergunakan uji toksisitas Lethal Concentration 50 (LC<sub>50</sub>).



Percobaan terdiri atas 2 tahap. Pada tahap pertama, uji status resistensi dilakukan dengan mendedahkan 5 individu tungau terhadap beberapa konsentrasi bertingkat dari Kocide, setiap konsentrasi yang didedahkan diulang sebanyak 4 kali. Konsentrasi bertingkat Kocide terdiri atas konsentrasi 0 (kontrol), 0,01; 0,1; 1; dan 10 gram/liter. Hasil pendedahan terhadap konsentrasi bertingkat tersebut, akan diperoleh nilai konsentrasi letal 50 ( $LC_{50}$ ). Selanjutnya, percobaan tahap ke dua dilakukan berdasarkan kisaran nilai  $LC_{50}$  yang akan ditentukan setelah diperoleh hasil percobaan tahap pertama.

## CARA KERJA

### *Uji konsentrasi bertingkat*

1. Sampel daun teh yang diambil diamati di bawah mikroskop atau dengan menggunakan lup untuk mencari ada tidaknya tungau jingga (*Brevipalpus phoenicis*).
2. Media yang berupa nampan berisi busa disiapkan. Diatas busa ditancapkan ranting teh yang berisi kurang lebih 4 daun dan telah dibersihkan dari semua serangga yang ada.
3. Ranting teh diberi lem tangle foot untuk menghindari agar tungau tidak lari saat dipindah dari sampel atau saat disemprot pestisida.
4. Daun pada ranting teh tersebut disemprot dengan beberapa konsentrasi Kocide yang telah ditentukan. Ditunggu sampai kering.
5. Tungau yang ditemukan dari daun sampel dipindahkan ke daun baru yang telah disediakan kurang lebih 5 tungau dengan menggunakan kuas
6. Setelah kering dicatat tungau yang mati setelah 24 jam masa pendedahan dengan konsentrasi bertingkat (0, 0,01%, 0,1%, 1% dan 10%)

### *Uji status resistensi*

1. Sampel daun teh yang diambil diamati di bawah mikroskop atau dengan menggunakan lup untuk mencari ada tidaknya tungau jingga (*Brevipalpus phoenicis*).
2. Media yang berupa nampan berisi busa disiapkan. Diatas busa ditancapkan ranting teh yang berisi kurang lebih 4 daun dan telah dibersihkan dari semua serangga yang ada.
3. Ranting teh diberi lem tangle foot untuk menghindari agar tungau tidak lari saat dipindah dari sampel atau saat disemprot pestisida.
4. Daun pada ranting teh tersebut disemprot dengan rentang konsentrasi Kocide berdasarkan percobaan sebelumnya yaitu uji konsentrasi bertingkat. Rentang konsentrasi dimulai dari di bawah, sama dan di atas nilai  $LC_{50}$  hasil uji konsentrasi bertingkat. Ditunggu sampai kering.
5. Tungau yang ditemukan dari daun sampel dipindahkan ke daun baru yang telah disediakan kurang lebih 5 tungau dengan menggunakan kuas
6. Setelah kering dicatat tungau yang mati setelah 24 jam masa pendedahan dengan rentang konsentrasi sebagaimana dijelaskan pada point 4.

### *Metode analisis*

Data hasil pengamatan yang diperoleh dihitung secara statistik dengan menggunakan program komputasi probit dan logit (POLO) untuk mengetahui besarnya nilai  $LC_{50}$  fungisida Kocide/24 jam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi fungisida berpengaruh terhadap tingkat kematian tungau *Brevipalpus phoenicis* (tabel 1). Meningkatnya konsentrasi serta lamanya waktu pemaparan yaitu 24 jam, berkaitan dengan meningkatnya jumlah tungau yang mati.

Tabel 1. Data hasil uji toksisitas fungisida kocide terhadap *B. phoenicis*

Periode	Konsentrasi	Jumlah organisme	% mortalitas
24 jam	0	20	30
	0,01	20	45
	0,1	20	55
	1	20	60
	10	20	95

Hal ini sesuai dengan pendapat Fostner dan Wittman (1983) yang menyatakan bahwa tingkat toksisitas logam berat ditentukan oleh jenis logam berat dan lamanya waktu kontak hewan uji dengan logam berat tersebut.

Berdasarkan perhitungan nilai LC50 dengan menggunakan metode analisis POLO diperoleh nilai LC50 per 24 jam yaitu 1,6012%. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi fungisida sebesar 1,6012% dapat menyebabkan kematian 50% hewan uji dalam kurun waktu pemaparan 24 jam (tabel 2).

Tabel 2. Nilai LC50 *Brevipalpus phoenicis* terhadap fungisida kocide per 24 jam

Periode	Nilai LC	Konsentrasi (%)
24 jam	LC10%	0,25215
	LC50%	1,60120
	LC95%	10,16805

Selain nilai LC50/24 jam, diperoleh pula nilai  $\chi^2$  hitung yang lebih besar dibandingkan dengan nilai  $\chi^2$  tabel. Nilai  $\chi^2$  ini menunjukkan bahwa fungisida Kocide 77 WP belum mampu menggeser komposisi tungau-tungau *B. phoenicis* rentan yang merupakan penyusun mayoritas populasi tersebut. Masih lebih dominannya tungau hama rentan dibandingkan yang resisten, dapat pula dilihat dari nilai slope yang menunjukkan gambaran garis curam apabila diplotkan (nilai slope =  $1,596 \pm 1,645$ , lampiran 1).

Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Widiastuti (2005, belum dipublikasikan) maka tungau *B. phoenicis* yang dipergunakan dalam penelitian ini jauh lebih resisten terhadap fungisida Kocide 77 WP dibandingkan tungau predator *Amblyseius deleoni*. McMurty dan Croft (1997) mengemukakan hal yang sama bahwa tungau jingga (tungau hama) memiliki kemampuan mentoleransi pestisida dan tingkat resurgensi yang sangat tinggi.

Fungisida yang digunakan termasuk kedalam kelompok tembaga oksida yang menyebabkan gangguan permeabilitas kutikula. Fungisida tembaga oksida bersifat akumulatif yang nantinya akan berdisosiasi dan menghasilkan ion kupri yang bebas. Ion bebas ini akan mengendapkan atau mendenaturasi protein (Mc Murty, 1997). Sifat akumulatif yang dimiliki fungisida tembaga oksida, ditunjukkan dengan adanya ketidakseimbangan antara laju ekskresi logam guna melawan jumlah logam yang masuk ke dalam tubuh dan tertumpuknya logam dalam jaringan tubuh mengakibatkan terjadinya gejala keracunan pada hewan. Logam yang masuk seharusnya dapat didetoksifikasi, namun karena adanya ketidakseimbangan menyebabkan hewan uji keracunan dan mati (Timmermans, 1983).

Setiap makhluk hidup mempunyai toleransi yang berbeda terhadap logam berat dan logam berat juga mempunyai tingkat toksisitas yang tidak sama. Menurut Morris et al (1992), toksisitas logam berhubungan dengan afinitasnya terhadap agen pengkhelat sejak logam berinteraksi dengan sel hidup. Makhluk hidup yang resisten Cu dapat melakukan detoksifikasi. Lebih lanjut dinyatakan detoksifikasi yang biasa dilakukan adalah dengan mengakumulasikan tembaga dalam sel. Selama terjadi induksi Cu akan terjadi transport Cu ke dalam sitoplasma dengan bantuan protein pengikat substrat periplasma. Sintesis protein akan meningkat untuk menanggapi tingginya konsentrasi Cu, sehingga akan mempermudah transport tembaga ke sitoplasma.

Tembaga pada konsentrasi tinggi berada dalam bentuk  $\text{Cu}^{2+}$  bersifat toksik. Toksisitas terjadi karena tembaga bertindak sebagai oksidator dan berikatan dengan molekul asam organik seperti DNA dan protein. Tembaga di dalam sel berikatan dengan protein seluler menyebabkan denaturasi protein. Tembaga terikat pada gugus sulfhidril protein dan mengubah struktur protein menjadi in aktif (Irawati et al, 1997).

Logam berat seperti Cu dan Zn adalah elemen esensial yang sedikit dibutuhkan untuk kehidupan organisme, tetapi akan menjadi toksik saat berada pada konsentrasi tinggi, sehingga hal ini akan cenderung menyebabkan pencemaran lingkungan (Abel, 1989). Menurut Fostner dan Wittmann (1983), logam berat (Cu, Zn) akan menjadi beracun jika konsentrasi logam yang masuk ke dalam tubuh melebihi konsentrasi yang dibutuhkan yaitu 40 sampai 200 kali lipat. Diduga kematian tungau disebabkan senyawa logam berat yang masuk ke dalam tubuh tungau telah melampaui konsentrasi yang dibutuhkan.

Adanya kematian pada kontrol kemungkinan besar disebabkan karena adanya residu fungisida yang berterbangan di udara saat penyemprotan berlangsung. Uap dari fungisida yang disemprot terbang ke udara dan menempel pada daun kontrol. Hal tersebut menyebabkan hewan yang diletakkan pada daun kontrol terpengaruh dan akhirnya mati walaupun dalam jumlah sedikit.

Selain komposisi logam yang menyusun suatu fungisida, toksisitas senyawa tersebut juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban (Tabel 3. 2). Diduga, temperatur yang rendah dan kelembaban yang tinggi yaitu pada hari ke tiga (saat penelitian), sesuai bagi tingkat toksisitas fungisida Kocide 77 WP. Ahn *et al.* (1997) mengemukakan bahwa herbisida glufosinate-ammonium sangat toksik pada kisaran temperatur 10 sampai 32<sup>0</sup> C terhadap tungau *Tetranychus urticae*

Tabel. 3.2. Pengukuran Temperatur Dan Kelembaban

Hari	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
I	19-21	77-79
II	16-21	75-89
III	17-17,5	94

## KESIMPULAN DAN SARAN

### *Kesimpulan*

*Brevipalpus phoenicis* sangat rentan terhadap fungisida Kocide 77 WP, meskipun demikian pendedahan fungisida tersebut belum mampu menggeser komposisi individu-individu yang rentan yang merupakan bagian terbesar dari populasi.

### *Saran*

Perlu dilakukan pendedahan terhadap generasi-generasi selanjutnya menggunakan fungisida yang sama

## DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P. D. 1989. Water Pollution Biology. John Willey and Sons, New York
- Adisewodjo, R. S. 1982. Bercocok Tanam Teh. Penerbit Sumur, Bandung
- Fostner, U and Wittmann, G. T. W. 1983. Metal Pollution in The Aquatic Environment, New York, 11-29 pp
- Green, M. B. 1979. Chemical for Crop Protection and Pest Control. Pergamon Press Ltd, England
- Irawati, W., Joetono, dan H. Hartiko. 1997. Profil Bakteri Pengikat Tembaga setelah Penginduksian Tembaga. Jurnal Pasca Sarjana UGM, Jogjakarta
- Jhony, A. 2002. Kocide atasi penyakit Bawang Merah. <http://www.tanindo.com/abdi17/hal2501.htm>
- Kertasaputra, A. G. 1993. Hama Tanaman dan Perkebunan. Radar Jaya Offset, Jakarta
- Mc Murty, J.A and J.A. Jacas. 1995. Pesticides and Phytoseiid Mites : Strategies For Risk Assessment, Ecotoxicology and Environmental Safety 32, 58-67
- Morris, A.L, Soidler, R.J., and M.R. Rogul. 1992. Microbial Ecology. Principles, Methods and Application. Mc Graw Hill, New York
- Nurbaya, S. 2000. Kelimpahan dan Distribusi Tungau Perusak Daun Teh di Perkebunan Teh Tanjung Sari Wonosobo. Skripsi. Fakultas Biologi Unsoed, Purwokerto
- Opeke, L. K. 1982. Tropical Tree Crops John Willey and Sons, Chichester
- Osborne, L. S; L. E. Ehler; and J. R. Nechols. 1997. Biological Control of Twospotted Spider Mite in Greenhouses. Central Florida Research and Education Center. University of Florida, Florida
- Pracaya. 1983. Hama dan Penyakit Tanaman. Penebar Swadaya, Jakarta
- Sastroutomo, S. S. 1992. Pestisida : Dasar-Dasar dan Dampak Penggunaannya. Gramedia, Jakarta
- Sudarmo, S. 1990. Pestisida Tanaman. Kanisius, Yogyakarta
- Sudoj, V; B. M. Khaenya; and F. M. Wanjala. 1994. Screening of Kenyan Tea Clones for Their Resistance to *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (Acari, Tenuipalpidae) Attack, Tea
- Tjonger's, M, Ir. 2002. Kocide 77wp Lipat Gandakan Hasil Kakao. <http://www.tanindo.co.id/abdi10/hal1901.htm>
- Urech, P. A; T. Stub; G. Voss. 1997. Resistance as A Concomitant of Modern Crop Protection. Pesticide Science

## Potensi Tanaman Peneduh Jalan Sebagai Penjerap Pb Udara Ambien di Kota Purwokerto Berdasarkan Respon Anatomis dan Kadar Klorofilnya

**Slamet Santoso, Sri Lestari, dan Siti Samiyarsih**

*Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman  
Email : antounsoed@gmail.com*

Tanaman peneduh jalan mampu menyerap dan menjerap polutan Pb udara ambien. Penelitian dilakukan dengan metode survei dengan teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* terhadap 5 jenis tanaman yang dijadikan peneduh jalan di kota Purwokerto yaitu: Glodogan Tiang (*Polyalthea longifolia*), Angsana (*Pterocarpus indicus*), Kirai Payung (*Filicium decipiens*), Kupu-kupu (*Bauhinia tomentosa*), dan Ketapang (*Terminalia catappa*). Variabel bebas berupa kadar Pb daun, sedangkan variabel tergantungan berupa respons anatomis dan fisiologis daun tanaman akibat jerapan Pb. Karakter anatomis tanaman yang diamati meliputi: kerapatan stomata dan ukuran stomata, sedangkan karakter fisiologis yang diamati berupa kadar klorofil. Kadar Pb daun dianalisis dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), sedangkan kadar klorofil dianalisis dengan alat Spektrofotometri. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar Pb daun tertinggi terdapat pada tanaman Glodogan Tiang yaitu sebesar  $0,81 \pm 0,16$  ppm, sedangkan yang terendah pada tanaman Ketapang yaitu  $0,53 \pm 0,18$  ppm. Kadar klorofil-a tertinggi terdapat pada tanaman Kirai Payung yaitu sebesar  $3,90 \pm 0,74$  mg/l, sedangkan yang terendah pada tanaman Ketapang yaitu  $2,81 \pm 0,47$  mg/l. Kadar klorofil-b tertinggi terdapat pada tanaman Glodogan Tiang yaitu sebesar  $1,96 \pm 0,53$  mg/l, sedangkan yang terendah pada tanaman Ketapang yaitu  $1,33 \pm 0,30$  mg/l. Kadar klorofil-Total tertinggi terdapat pada tanaman Kirai Payung yaitu sebesar  $5,77 \pm 1,20$  mg/l, sedangkan yang terendah pada tanaman Ketapang yaitu  $4,13 \pm 0,65$  mg/l. Kerapatan stomata tertinggi pada tanaman Kirai Payung yaitu sebesar  $60,15 \pm 15,52/\text{mm}^2$ , sedangkan kerapatan stomata terendah pada tanaman Angsana yaitu  $15,90 \pm 4,51/\text{mm}^2$ . Panjang stomata tertinggi pada tanaman Angsana yaitu sebesar  $28,32 \pm 2,98$   $\mu\text{m}$ , sedangkan panjang stomata terendah pada tanaman Kirai Payung yaitu  $18,72 \pm 3,27$   $\mu\text{m}$ . Lebar stomata tertinggi pada tanaman Glodogan Tiang yaitu sebesar  $18,56 \pm 4,59$   $\mu\text{m}$ , sedangkan yang terendah pada tanaman Kirai Payung yaitu  $13,08 \pm 3,77$   $\mu\text{m}$ .

Kata kunci: respon anatomis, klorofil, timbal, tanaman peneduh jalan, udara ambien

# Kajian Akumulasi Logam Berat Kadmium Pada Kepiting Bakau Di Segara Anakan Cilacap

Hernawati<sup>1</sup> dan Moh. Husein Sastranegara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman  
Email : herna.minuscula@gmail.com

Logam berat mempunyai sifat mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan, sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air. Hal ini mengakibatkan organisme yang mencari makan di dasar perairan termasuk kepiting memiliki peluang yang besar untuk terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kadar logam berat kadmium (Cd) pada sedimen dan kepiting di Segara Anakan Cilacap. Penelitian dilakukan pada bulan Februari - April 2013. Pengambilan sampel dilakukan pada enam stasiun dengan tiga kali ulangan. Penentuan Stasiun sampling berdasarkan letak yaitu dekat daerah industri (SA-3-5 dan SA-3-16), daerah mangrove berkanopi sedang (SA-2-24 dan SA-1-10) dan daerah mangrove berkanopi tinggi (SA-2-28 dan SA-3-46). Kadar logam berat Cd pada sedimen dan kepiting diukur dengan AAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar logam berat Cd pada sedimen berkisar antara 3,2 - 31,7 ppb (masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan oleh IADC/CEDA sebesar 800 ppb). Kadar logam berat Cd pada kepiting berkisar antara 2,6 - 32,4 ppb (masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan oleh SNI-7387-2009 dan BPOM yaitu sebesar 1000 ppb). Rata-rata kadar logam berat disetiap stasiun berbeda-beda, dengan kecenderungan daerah mangrove berkanopi tinggi memiliki kadar logam berat Cd lebih tinggi dari pada daerah mangrove berkanopi sedang dan daerah dekat industri. Kadar logam berat Cd pada sedimen tertinggi ditemukan pada stasiun SA-3-5 dan terendah ditemukan pada stasiun SA-1-10, sedangkan kadar logam berat Cd pada kepiting tertinggi ditemukan pada stasiun SA-2-28 dan terendah pada stasiun SA-2-46.

Kata kunci : Logam Berat Cd, Sedimen, Kepiting bakau

## PENDAHULUAN

Hutan mangrove memiliki peran sebagai habitat yang kompleks (Macintosh *et al.*, 2002), dan termasuk dalam ekosistem daerah tropis yang memiliki produktivitas tinggi (Kathiresan dan Bingham, 2001), sehingga tingkat kelimpahan komunitas kepiting dan mikroba dekomposer cukup tinggi di daerah ini (Kristensen dan Alongi, 2006). Krustasea yang mendiami ekosistem hutan mangrove adalah kepiting lumpur (*mud crab*) (Moosa *et al.*, 1985). Kepiting dikenal juga sebagai spesies kunci (*keystone species*) (Thongtham dan Kristensen, 2005; Alongi, 2009). Sebagai penghuni tetap kawasan hutan mangrove, kepiting bakau sangat bergantung pada kondisi hutan mangrove dalam menjalani hidupnya. Kepiting memiliki mobilitas yang rendah, sehingga sangat sensitif terhadap gangguan dan tidak dapat menghindari dari perubahan lingkungan yang terjadi seperti perubahan kualitas air dan sedimen (Salas *dalam* Nordhaus *et al.*, 2009).

Segara Anakan merupakan suatu laguna yang dikelilingi hutan mangrove dan dataran yang berlumpur (Herawati, 2008). penelitian Sastranegara dan Winarni (2009) menyatakan bahwa perairan di Segara Anakan sudah tercemar oleh berbagai macam logam berat antara lain kadmium (Cd), Merkuri (Hg), Boron (B), Timbal (Pb), Cuprum (Cu), dan Klor (Cl). Cd termasuk salah satu bahan pencemar yang telah melebihi ambang batas yang dipersyaratkan.

Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik, mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 1991). Hal ini menyebabkan organisme yang mencari makan di dasar perairan (krustasea) memiliki peluang yang besar untuk terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan (Rahman, 2006), sehingga menyebabkan krustasea dijadikan sebagai indikator yang baik untuk pencemaran logam berat (Novianto *et al.*, 2012).

Logam berat Cd merupakan salah satu jenis logam non esensial yang bersifat toksik bagi manusia, meskipun dalam kadar yang rendah (Asmysari, 2010). Tingkat resiko karsinogen masyarakat pesisir Sungai Donan akibat pencemaran logam berat Cd adalah sebesar  $5 \times 10^{-3}$  atau 5 dari 1000 orang berisiko terkontaminasi karsinogen akibat pencemaran logam berat Cd di Sungai Donan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa resiko karsinogen akibat kontaminasi logam Cd pada ikan di perairan Donan melebihi standar yang ditentukan USEPA yaitu  $1 \times 10^{-6}$  (Hartoyo dan Mahdiana, 2006). Keracunan Cd dapat menyebabkan penyakit lumbago yang berlanjut kearah kerusakan tulang akibat tulang retak. Organ tubuh yang menjadi sasaran keracunan Cd adalah

ginjal dan hati, apabila kadar mencapai 200  $\mu\text{g Cd/g}$  (berat basah) dalam cortex ginjal, akan mengakibatkan kegagalan ginjal dan berakhir pada kematian (Herman, 2006).

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran logam berat di badan perairan sangat berbahaya, sehingga informasi mengenai nilai ambang batas dari kadar logam berat Cd yang direkomendasikan untuk masuk dan berada di lingkungan perairan sangat diperlukan, seperti yang tercantum dalam UU No. 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, pasal 13 bahwa pengendalian pencemaran atau kerusakan lingkungan perlu dilaksanakan dalam rangka pelestarian fungsi lingkungan hidup. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kadar logam berat kadmium (Cd) pada sedimen dan kepiting di Segara Anakan Cilacap

## METODE PENELITIAN

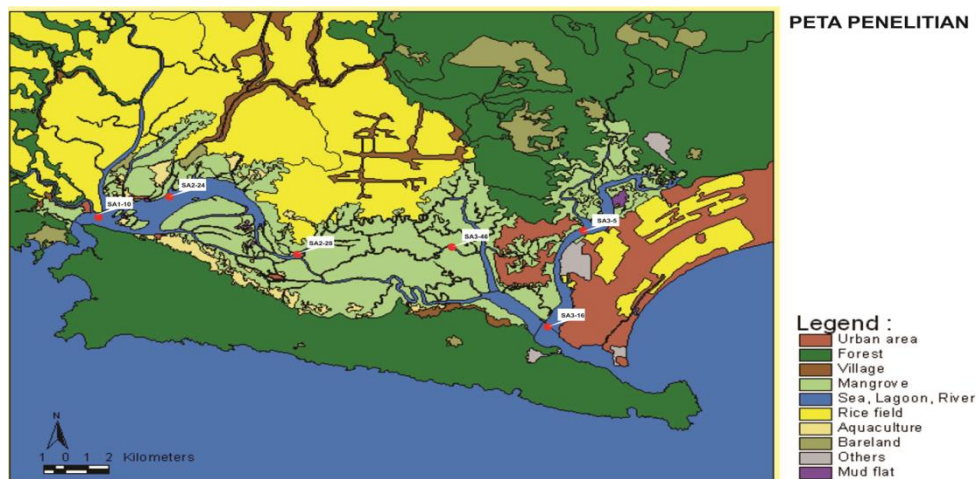
### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian dilakukan sekitar bulan Februari-April 2013, dilaksanakan pada saat bulan purnama ketika air laut berada pada posisi *low tide*. Penentuan posisi bulan ini menggunakan program WXTide 32 version 4.0. Tempat penelitian yaitu hutan bakau di daerah Segara Anakan Cilacap dengan koordinat  $8^{\circ}35' - 8^{\circ}48' \text{ LS}$  dan  $108^{\circ}46' - 109^{\circ}3' \text{ BT}$ . Penentuan stasiun mengacu pada stasiun SPICE (Sastranegara dan Winarni, 2009) dengan jumlah sebanyak 6 stasiun yang terletak di dekat daerah industri (SA-3-5 dan SA-3-16), daerah mangrove berkanopi sedang (SA-2-24 dan SA-1-10) dan daerah mangrove berkanopi tinggi (SA-2-28 dan SA-3-46) (Gambar 1).

### *Pengambilan Sampel*

Metode pengambilan sampel yaitu *purposive sampling*. Sampel yang diambil adalah sampel sedimen, kepiting dan sampel air. Setiap sampel diambil pengulangan sebanyak 3 kali dengan frekuensi pengambilan sampel tiap stasiun dilakukan setiap 1 bulan, sehingga total jumlah sampel yaitu 18 sampel. Kadar logam berat Cd pada sedimen dan kepiting diukur di laboratorium menggunakan ASS.

Sedimen diambil sesuai dengan metode yang digunakan oleh Hutagalung *et al.* (1997). Sedimen diambil dengan menggunakan alat pengambil sedimen (*Eckman grab*) dan dimasukkan dalam kantong plastik. Sampel sedimen yang diperoleh didinginkan dengan es dan disimpan di dalam *cool box* sebelum dianalisis di laboratorium. Logam berat Cd pada sedimen diukur dengan cara menimbang 5 g sampel sedimen, kemudian ditambahkan 1 ml asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan 5 ml asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat. Larutan didestruksi pada suhu  $400 - 450^{\circ}\text{C}$  sampai semua bahan organik hilang (endapan menjadi putih dan larutan jernih). Endapan putih didinginkan, kemudian dilarutkan dengan HCl 5 N. Endapan diencerkan dengan aquades 50 ml, setelah larutan menjadi jernih, diukur dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotography*) (Rochyatun *et al.*, 2006).



Gambar 1. Peta stasiun penelitian

Kepiting diambil dari setiap stasiun ketika kondisi *low tide* (Sastranegara *et al.*, 2003) dengan menggunakan perangkat “bubu” (Skilleter dan Warren, 2000). Analisis kadar logam berat Cd pada kepiting bakau dilakukan dengan cara memisahkan daging kepiting dengan karapaknya, kemudian sampel dioven pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  (Rahman, 2006). Sampel homogen yang telah

dikeringkan dalam oven ditumbuk sampai halus, ditimbang 3 g dan dimasukkan ke dalam labu destruksi, setelah itu dilakukan penambahan  $H_2SO_4$  95 - 97% sebanyak 10 ml dan asam nitrat 65% sebanyak 5 ml. Sampel didestruksi menggunakan digestion system (DS) sampai asap kuning dari sampel habis dan diganti dengan asap putih. Sampel didinginkan dan ditambahkan perklorat 70 - 72% sebanyak 5 ml. Sampel kemudian diletakkan dalam DS. Sampel diangkat setelah berwarna jernih. Sampel dimasukkan ke dalam labu 50 ml dan volume ditepatkan menggunakan HCl 1 N kemudian dianalisis menggunakan AAS.

Sampel air diambil menggunakan alat *water sampler* (Nansen). Parameter yang diukur adalah parameter fisik kimia yang meliputi kualitas air (pH, suhu, salinitas, TSS dan DO). Parameter kualitas air yang diukur mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan air dan pengendalian pencemaran air (Presiden RI, 2001). Data suhu, pH, DO, dan salinitas diukur langsung di lokasi (*in situ*)

### **Analisis Data**

Kadar Cd pada sedimen dan keping dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan oleh IADC/CEDA (1997) mengenai kadar logam yang dapat ditoleransi keberadaannya dalam sedimen, serta baku mutu SNI-7387-2009 dan BPOM tentang kadar logam berat Cd pada biota laut. Perbedaan kadar Cd di masing-masing stasiun dianalisis menggunakan uji ANOVA (*Analisis of Variance*). Jika berbeda maka, uji akan dilanjutkan dengan menggunakan Uji Beda Nyata.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kondisi Umum Lokasi Penelitian**

Laguna Segara Anakan merupakan muara dari beberapa sungai besar seperti Sungai Citanduy, Cibeureum, Cimeneng, Cikonde, dan beberapa sungai lainnya (Sukardi, 2006). Kondisi tersebut membawa konsekuensi pada melimpahnya pasokan air, sedimen dan limbah yang terbawa ke dalam laguna. Secara umum, kondisi perairan Segara Anakan sekarang ini masih tergolong baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran beberapa parameter fisik kimia lingkungan di setiap stasiun yang belum melebihi baku mutu.

Suhu air berpengaruh terhadap kelangsungan hidup organisme estuaria termasuk keping bakau. Menurut Nybakken (1992), variasi suhu yang tinggi pada daerah estuari terjadi karena volume air yang lebih kecil, sedangkan luas permukaan lebih besar, sehingga air lebih cepat panas dan dingin. Suhu juga dipengaruhi oleh masukan air tawar (sungai) yang lebih dipengaruhi oleh suhu musiman dibandingkan dengan air laut. Kepiting bakau dapat mentolerir perairan dengan kisaran suhu antara 12 - 35°C. Menurut Kuntinyo (1994), suhu optimum untuk keping bakau adalah 26 - 32°C. Suhu air dapat mempengaruhi pertumbuhan, aktivitas dan nafsu makan keping bakau (Zakaria dan Kakati, 2004). Berdasarkan hasil pengukuran, suhu air di lokasi penelitian berkisar antara 29 - 33°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu lingkungan masih dalam batas yang dapat mendukung kehidupan keping bakau.

Secara umum, kisaran salinitas yang dapat ditolerir oleh keping bakau sangat luas. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa keping dapat hidup pada kisaran salinitas antara 0 - 50‰. Salinitas lingkungan perairan pada lokasi penelitian masih dapat mentolerir kehidupan keping bakau yaitu berkisar antara 3 - 25 ‰. Stasiun (SA-3-5) dan (SA-3-16) memiliki salinitas yang tinggi karena terletak di alur Sungai Donan yang berdekatan dengan laut. Stasiun (SA-2-28) dan (SA-3-46) memiliki salinitas yang cukup rendah karena terletak di tengah kawasan Segara Anakan (daerah mangrove berkanopi tinggi) dan jaraknya jauh dari laut. Stasiun (SA-2-24) dan (SA-1-10) terletak di Pelawangan Barat (mangrove berkanopi sedang). Di daerah ini masih terjadi pencampuran antara air sungai dan air laut.

Salinitas berpengaruh terhadap kehidupan keping bakau karena tiap fase dari siklus hidup keping bakau membutuhkan kisaran salinitas yang berbeda (Hill *et al.*, 1989). Kepiting bakau dewasa ditemukan pada daerah mangrove dengan salinitas rendah, kemudian beruaya ke laut untuk memijah. Kepiting bakau pada tingkat zoea berada di laut dan toleran terhadap salinitas tinggi. Seiring perkembangannya, larva keping akan tumbuh dan kembali ke daerah mangrove (Soim, 1999). Salinitas juga dapat mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan. Salinitas memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kadar logam berat yang ada. Jika terjadi penurunan salinitas karena proses desalinasi, maka menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar (Erlangga, 2007).

Kadar DO masih dalam kisaran nilai baku mutu sesuai PPRI No.82 Tahun 2001 untuk Kelas II yaitu berkisar antara 4 - 6,9. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi perairan di Segara Anakan masih cukup baik. Stasiun (SA-3-5) memiliki kadar DO yang terendah karena letak stasiun berada di dekat daerah industri. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah logam berat yang ada di tempat tersebut.

Jumlah TSS bervariasi di setiap stasiun. Jumlah TSS yang tertinggi terdapat pada stasiun (SA-3-16) dan yang terendah pada stasiun (SA-1-10). Jumlah TSS dipengaruhi oleh adanya pasokan air tawar dari sungai-sungai yang membawa sedimen dan bermuara ke Segara Anakan. Stasiun SA-3-46, SA-3-5 dan SA-3-16 memiliki jumlah TSS yang melebihi ambang batas baku mutu.

pH dapat mempengaruhi kecepatan reaksi kimia dalam air dan reaksi biokimia dalam tubuh keping bakau. Kisaran pH yang dapat mendukung kehidupan keping bakau yaitu 6 - 8. Nilai pH di semua stasiun penelitian berkisar 7. Hal ini menunjukkan bahwa pH perairan Segara Anakan tergolong baik karena masih dalam kisaran yang optimal bagi pertumbuhan keping bakau dan dalam ambang batas baku mutu yaitu minimal 6 dan maksimal 9.

#### ***Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Sedimen***

Sedimen pada perairan mempunyai peranan yang penting sebagai tempat berkumpulnya berbagai bahan pencemar, termasuk logam berat beracun (Sudaryanto, 2001). Logam berat yang larut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen ketika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan terjadi penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Wilson, 1988 dalam Rahmawatie 2009). Kadar Cd tertinggi terdapat pada stasiun SA-3-5 sebesar 19,4 ppb, dan terendah terdapat pada stasiun SA-1-10 yaitu sebesar 11,26 ppb (tabel 1). Pada stasiun SA-3-5 kadar logam berat Cd cukup tinggi karena stasiun ini terletak di daerah dekat industri. Logam berat Cd yang terdapat di daerah ini berasal dari limbah industri yang terdapat di sepanjang Sungai Donan (bersifat *point source*). Beberapa industri yang terdapat di sebelah timur sepanjang aliran Sungai Donan adalah pabrik penyulingan minyak bumi, unit pengantongan Pupuk, pabrik Semen, dan bengkel kapal.

Kadar logam berat Cd yang tinggi di temukan juga pada stasiun SA-2-28 (daerah mangrove berkanopi tinggi) sebesar 17,8 ppb diikuti oleh stasiun SA-3-16 (daerah industri) sebesar 15,8 ppb. Kadar logam berat Cd pada stasiun SA-2-28 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun yang lainnya walaupun terletak di daerah mangrove berkanopi tinggi karena adanya pola hidrodinamik air sungai yang memusat ke tengah Segara Anakan, sehingga materi dan bahan pencemar yang dibawa oleh aliran air tertinggal dan mengendap di daerah mangrove. Selain itu juga, di dekat stasiun ini terdapat pemukiman penduduk, sehingga perairan tercemar logam berat yang berasal dari limbah rumah tangga.

Kadar logam berat Cd pada sedimen di semua stasiun relatif sama ( $p=0,646$ ). Kadar logam berat Cd pada sedimen di Segara Anakan belum melebihi baku mutu, sehingga dapat dinyatakan masih aman. Baku mutu logam berat dalam sedimen di Indonesia belum ditetapkan, sehingga sebagai acuan digunakan baku mutu yang dikeluarkan oleh IADC/CEDA (1997) mengenai kadar logam yang dapat ditoleransi keberadaannya dalam sedimen berdasarkan standar kualitas Belanda.

Tabel 1. Kadar Logam Berat Cd pada Sedimen

No	Stasiun	Sampling			Rata2	SD
		1	2	3		
1	SA-2-28	7,8	32,4	25,8	22,0	12,7
2	SA-3-46	5,2	11,4	11,3	9,3	3,6
3	SA-2-24	14,3	3,9	12,8	10,3	5,6
4	SA-3-5	9,0	16,4	23,0	16,1	7,0
5	SA-1-10	2,7	6,6	21,6	10,3	10,0
6	SA-3-16	3,2	2,6	23,7	9,8	12,0

#### ***Kadar logam Berat Kadmium (Cd) pada Kepiting***

Kadar logam berat Cd pada krustasea bersumber dari makanan dan lingkungan perairan yang sudah terkontaminasi oleh logam berat. Kontaminasi makanan dan lingkungan perairan tidak terlepas dari aktivitas manusia di darat maupun di perairan (Rahman, 2006). Hasil pengukuran kadar logam berat Cd pada keping berkisar antara 9,3 - 22 ppb (Tabel 2). Kadar logam berat Cd



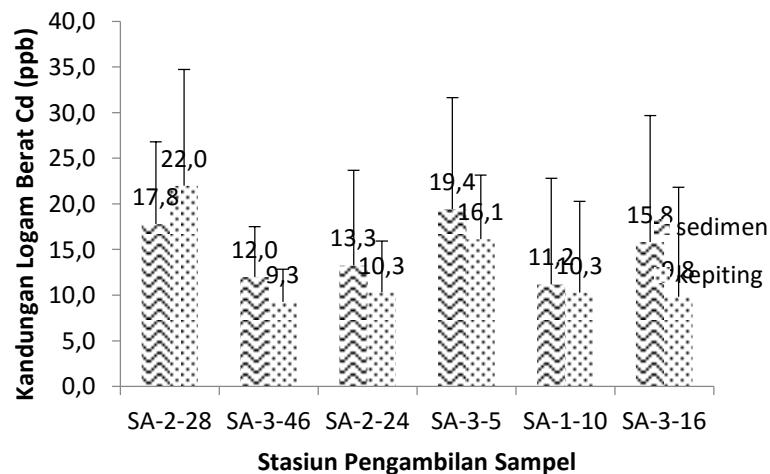
pada kepiting yang ada di perairan Segara Anakan masih tergolong rendah karena berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh SNI-7387-2009 dan BPOM yaitu sebesar (1000 ppb).

Tabel 2. Kadar Logam Berat Cd Pada kepiting

No	Stasiun	Sampling			Rata2	SD
		1	2	3		
1	SA-2-28	21,3	7,5	24,5	17,8	9,0
2	SA-3-46	15,5	5,6	14,9	12,0	5,5
3	SA-2-24	10,3	4,7	24,9	13,3	10,4
4	SA-3-5	26,8	5,3	26,1	19,4	12,2
5	SA-1-10	3,2	5,9	24,5	11,2	11,6
6	SA-3-16	31,7	6,0	9,8	15,8	13,9

Kadar logam berat Cd tertinggi terdapat pada stasiun SA-2-28 yaitu sebesar 22 ppb, dan terendah pada stasiun SA-3-46 sebesar 9,3 ppb. Kadar logam berat Cd yang tinggi ditemukan pada kepiting yang tertangkap di stasiun SA-2-28. Hal ini karena kadar logam berat Cd pada sedimen yang ada di daerah tersebut juga tinggi. Lu (2001) menyatakan bahwa perbedaan kadar logam berat kadmium pada biota tergantung dari jenis spesies, umur biota, habitat, kadar logam berat pada lingkungan, kondisi fisik dan ukuran tubuh. Berdasarkan hasil penelitian, kepiting bakau yang tertangkap ada 2 jenis yaitu *Scylla serrata* dan *Scylla olivacea* dengan jenis dominan yaitu *Scylla serrata*. *S. serrata* sering tertangkap di Segara Anakan karena jenis kepiting ini memiliki pertumbuhan yang cepat dan toleran terhadap perbedaan salinitas (Sukardi *et al.*, 2006). Hal ini didukung oleh hasil penelitian Sastranegara (2004) yang menemukan 3 jenis kepiting bakau di Segara Anakan yaitu *S. serrata*, *S. olivacea*, dan *S. paramamosain*.

Berdasarkan ukuran tubuh (lebar karapaks), tingkat perkembangan kepiting dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kepiting juwana dengan lebar karapaks 2 - 8 cm, kepiting menjelang dewasa dengan lebar karapaks 7 - 17 cm, dan kepiting dewasa dengan lebar karapaks 15 - 20 cm (Soim, 1999). Kepiting bakau yang tertangkap di Segara Anakan termasuk kepiting menjelang dewasa karena lebar karapaks berkisar antara 7 - 8,5 cm. Kadar logam berat Cd pada kepiting di semua stasiun relatif sama ( $p=0,545$ ). Hal ini disebabkan oleh ukuran tubuh setiap kepiting di masing-masing stasiun relatif sama, sehingga kadar logam berat Cd pada kepiting juga tidak berbeda.



Gambar 2. Kadar logam berat Cd pada sedimen dan kepiting

### **Hubungan antara Logam Berat pada Sedimen dengan Kepiting**

Hubungan antara kadar logam berat pada sedimen dengan kepiting dianalisis secara deskriptif. Kadar logam berat Cd pada kepiting memiliki kecenderungan lebih rendah dibandingkan dengan kadar logam berat Cd pada sedimen. Perbandingan kadar logam berat pada sedimen dengan kepiting dapat dilihat pada gambar 2.

Logam berat Cd yang semula terlarut dalam air diadsorbsi oleh partikel halus dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara sungai atau daerah mangrove. Pada umumnya, muara sungai

mengalami proses sedimentasi, sehingga logam yang sukar larut di kolom air lama kelamaan akan turun ke dasar, mengendap dan terakumulasi dalam sedimen. Hal ini menyebabkan kadar logam berat pada sedimen umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan logam berat pada air (Rochyatun, 2006). Hasil penelitian Sastranegara dan Winarni (2009) menunjukkan bahwa kadar logam berat Cd pada air laguna Segara Anakan telah melebihi ambang batas, namun seiring dengan perubahan waktu terjadi penurunan kadar logam berat pada air laguna Segara Anakan. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian Nuryanto dan Sastranegara (2011) yang menyatakan bahwa kadar logam berat Cd pada air di bawah baku mutu.

Perubahan kadar logam berat Cd pada air menunjukkan bahwa logam berat Cd mengalami pengendapan di sedimen. Keberadaan logam berat Cd pada sedimen akan mempengaruhi organisme yang mencari makan di dasar perairan seperti kepiting, rajungan dan udang (Rahman, 2006). Logam berat dalam sedimen dibagi menjadi dua tipe yaitu fraksi resisten dan non resisten. Fraksi resisten merupakan fraksi logam berat dalam sedimen yang tidak dapat diserap oleh organisme, sedangkan fraksi non-resisten merupakan fraksi logam berat dalam sedimen yang mampu diserap dan diakumulasi oleh organisme.

Logam berat yang terdapat dalam biota perairan pada umumnya tidak akan dikeluarkan lagi, sehingga akan terakumulasi dalam tubuh biota tersebut (Siregar dan Murtini, 2008) dan selanjutnya akan mengalami biomagnifikasi yaitu penyerapan dan perpindahan komponen dari level tropik yang lebih rendah ke tingkat yang lebih tinggi pada rantai makanan. Berdasarkan hasil penelitian, kadar logam berat Cd pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan logam berat Cd pada kepiting. Hal ini karena kepiting bakau yang tertangkap selama penelitian merupakan kepiting bakau yang menjelang dewasa, sehingga akumulasi logam berat Cd pada kepiting masih sedikit. Pada stasiun SA-2-28, kadar logam berat Cd pada kepiting lebih tinggi dari pada kadar logam berat Cd pada sedimen. Hal ini karena kepiting yang tertangkap pada stasiun ini merupakan kepiting yang memiliki ukuran lebar karapaks yang paling lebar yaitu rata-rata 8,5 cm, sedangkan pada stasiun yang lain lebar karapaks kepiting rata-rata 7 - 8 cm. Ukuran lebar karapaks dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan umur kepiting.

Kadar logam berat Cd pada sedimen dan kepiting yang tertangkap di Segara Anakan masih dibawah ambang batas, sehingga masih aman untuk di konsumsi dan tidak membahayakan, tetapi jika terus menerus terjadi pencemaran logam berat, maka tidak menutup kemungkinan kadar logam berat pada sedimen maupun kepiting akan semakin tinggi dan dapat melebihi baku mutu. Oleh karena itu, sumber pencemar dan bahan pencemar (logam berat) perlu dikendalikan agar tidak merusak lingkungan. Alternatif pengendalian pencemaran logam berat yang dapat ditempuh yaitu dengan mempertahankan keberadaan hutan mangrove yang ada di Segara Anakan. Mangrove merupakan tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam berat, sehingga dengan adanya mangrove, limbah dan bahan pencemar akan diserap oleh mangrove dan tidak terakumulasi pada biota.

## KESIMPULAN

Kadar logam berat Cd pada sedimen dan kepiting di Segara Anakan masih di bawah batas baku mutu yang ditetapkan. Kadar logam berat Cd pada sedimen dan kepiting di setiap stasiun relatif sama baik itu di daerah dekat industri, daerah mangrove berkanopi tinggi maupun daerah mangrove berkanopi sedang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D. 2009. Coastal Wetlands an Intergrated Ecosystem Aproach. Elsevier, pp 616-640.
- Asmysari, A.S. 2010. Kadar Pb, Cd dan Hg dalam Ikan Julung – Julung (*Hyporhamphus affinis*) di Pantai JawaTimur serta Batas Aman Konsumsinya. Tesis. Program Studi Magister Biologi. Universitas Airlangga, Surabaya.
- Hartoyo dan A. Mahdiana. 2006. Analisis Resiko Kontaminasi Cadmium Pada Ikan Terhadap Masyarakat Pesisir Sungai Donan Kabupaten Cilacap. *Sains Akuatik*, 10(2): 96- 104
- Herawati, V.E. 2008. Analisis Kesesuaian Perairan Segara Anakan Kabupaten Cilacap Sebagai Lahan Budidaya Kerang Totok (*Polymesoda erosa*) Ditinjau dari Aspek Produktifitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Herman, D.Z. 2006. Tinjauan Terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(1): 31-36.
- Kuntiyo, Z. Arifin dan T. Supratomo. 1994. Pedoman Budidaya Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Tambak. Direktorat Jenderal Perikanan. Balai Budidaya Air Payau. Jepara.

- Kathiresan K. and B.L. Bingham. 2001. *Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems*. *Advances in Marine Biology*, 40: 81-251.
- Lu, F.C. 1995. *Toksikologi Dasar*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Macintosh, D.J., E. C. Ashtona and S. Havanonb. 2002. Mangrove Rehabilitation and Intertidal Biodiversity: a Study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 331-345.
- Moosa, M.K., I. Aswandi, dan A. Kasry. 1985. *Kepiting Bakau, Scylla serrata (Forsk., 1775) Dari Perairan Indonesia*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Nordhaus, I., F.A. Hadipudjana, R. Janssen, and J. Pamugnkas. 2009. Spatio-Temporal Variation of Macrobenthic Communities in the Mangrove-Fringed Segara Anakan Lagoon, Indonesia, Affected by Anthropogenic Activities. *Reg Environ Change*, 9: 291-313.
- Novinato, R.T.W.D., F. Rahmadiarti, dan Raharjo. 2012. Analisis Kadar Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Udang Putih (*Penaeus marginatus*) di Pantai Gesek Sedati Sidoarjo. *LenteraBio*, 1(2): 63-66.
- Rahmawatie, R., Z. Hidayah, dan I. W. Abida. 2009. Analisis Kadar Merkuri (Hg) Dan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. *Jurnal Kelautan*, 2(2): 42-52.
- Rochyatun, E., M.T. Kaisupy, dan A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*, 10(1): 35-40.
- Sastranegara, M.H., H. Fermon, and M. Mühlenberg. 2003. *Diversity and Abundance of Intertidal Crabs at the East Swamp- Managed Areas in Segara-Anakan Cilacap, Central Java, Indonesia*. Deutscher Tropentag, Göttingen.
- Sastranegara, M.H. dan Winarni. 2009. *Dampak Kerusakan Hutan Bakau Terhadap Komunitas Krustasea yang Dapat Dimakan di Segara Anakan Cilacap*. Universitas Jenderal Sudirman, Purwokerto.
- Sukardi, P., E. Yuwono, dan M.H. Sastranegara. 2006. Kepiting Dari Segara Anakan Cilacap dan Pemanfaatannya Menuju Participatory Integrated Coastal Zone Management. *Jurnal Alami*, 11(3): 31-34.

## Keragaman *Bifidobacterium* spp. Hasil Isolasi dari Feses Bayi dengan Proses Kelahiran Berbeda

**P. Maria Hendrati, Dyah Fitri Kusharyati, Dini Ryandini, Lestanto Unggul Widodo, dan Oedjijono**

*Fakultas Biologi Universitas Jenderal soedirman, Purwokerto  
Email : maria.hendrati@gmail.com*

*Bifidobacterium* spp. merupakan salah satu komponen mikroorganisme dominan pada saluran pencernaan bayi. Keberadaan bakteri ini digunakan sebagai indikator tingkat kesehatan pada saluran cerna. Keragaman *Bifidobacterium* spp. pada bayi, salah satunya tergantung pada proses kelahiran. Penelitian bertujuan untuk mengetahui jenis keragaman *Bifidobacterium* spp. hasil isolasi dari feses bayi dengan proses kelahiran normal dan caesar. Penelitian dilakukan dengan metode survey dan data dianalisis secara deskriptif analitik. Karakter *Bifidobacterium* spp. yang diamati mencakup pengamatan morfologi, uji kimia dan uji gula. Hasil isolasi diperoleh 25 isolat yang diduga terdiri dari spesies *B.infantis*, *B.dentium*, *B. mongoliense*, *B.thermophilum*, *B. longum*, dan *Bifidobacterium* sp.

Kata kunci : keragaman, *Bifidobacterium*, proses kelahiran

## Kualitas Air Ditinjau dari Keanekaragaman Makrobenthos di Sungai Pekalongan, Pekalongan

Syafiq Naqsyabandi, Endang Widyastuti, Indarmawan

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto  
Email : an\_naqsyabandi@yahoo.co.id

Sungai merupakan ekosistem perairan lotik yang berperan penting dalam daur hidrologi. Pembuangan limbah dari aktivitas industri maupun limbah rumah tangga ke perairan akan meningkatkan beban pencemaran sungai yang selanjutnya mengakibatkan penurunan kualitas air sungai. Penelitian mengenai kualitas air ditinjau dari keanekaragaman makrobenthos di Sungai Pekalongan telah dilaksanakan di lapangan pada bulan Februari dan April 2012. Penelitian bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman makrobenthos yang terdapat di Sungai Pekalongan, dan untuk mengetahui kualitas air Sungai Pekalongan ditinjau dari keanekaragaman makrobenthos. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling* pada enam stasiun pengamatan dan ulangan sebanyak dua kali. Variabel yang digunakan adalah variabel bebas berupa stasiun pengamatan dan variabel tergantung berupa keanekaragaman makrobenthos. dan parameter yang diukur adalah jumlah spesies dan jumlah individu tiap spesies makrobenthos. Metode analisis yang digunakan adalah kriteria tingkat keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) menurut Krebs (1985) dan kriteria kualitas air menurut Wilhm (1975). Didapatkan lima klas dari sembilan genera makrobenthos yang ditemukan, yaitu *Pseudocloeon* sp. dari klas Insecta, *Parathelphusa convexa* dari klas Crustacea, *Tubifex* sp. dari klas Oligochaeta, *Goniobasis* sp., *Juga plicifera*, *Lymnaea auricularia*, *Pyrgulopsis* sp., dan *Cerithidea* sp. dari klas Gastropoda, dan *Cyclocardia* sp. dari klas Bivalvia. Keanekaragaman makrobenthos di Sungai Pekalongan tergolong rendah dengan nilai  $H'$  sebesar 0 - 1,33, karena adanya dominasi spesies tertentu yaitu *Tubifex* sp. yang merupakan indikator perairan tercemar. Indeks Keanekaragaman paling rendah terdapat pada stasiun yang terletak setelah Sentra Industri Batik Kauman dengan nilai 0. Kualitas air Sungai Pekalongan ditinjau dari keanekaragaman makrobenthosnya secara umum termasuk tercemar berat.

*Key words* : Keanekaragaman, makrobenthos, Shannon-Wiener, kualitas air, Sungai Pekalongan.

### PENDAHULUAN

Air sangat diperlukan baik dari segi kuantitas maupun kualitas (Kodoatie & Sjarief, 2010). Kualitas air mencakup keadaan fisika, kimia dan biologi (Asdak, 1995). Kualitas air dapat mengalami degradasi yang disebabkan oleh adanya aktivitas pembuangan limbah ke badan perairan. Perairan merupakan satu kesatuan (perpaduan) antara komponen-komponen fisika, kimia dan biologi dalam suatu media air pada wilayah tertentu (Basmi, 2000).

Salah satu bentuk perairan mengalir adalah sungai (Odum, 1993). Sungai tidak dapat terhindarkan dari masalah penurunan kualitas perairan (Rudiyanti, 2009). Pengukuran parameter fisik dan kimia hanya dapat menggambarkan kualitas lingkungan pada waktu tertentu. Organisme perairan dapat digunakan untuk memantau secara kontinyu dan merupakan petunjuk yang mudah untuk memantau terjadinya pencemaran. Menurut Handayani *et al.* (2001), salah satu organisme perairan yang dapat digunakan sebagai parameter biologi dalam menentukan kondisi suatu perairan adalah makrobenthos. Menurut Vernberg *et al.* (1981), makrobenthos adalah organisme yang hidup di dasar perairan dan tersaring oleh saringan yang berukuran mata saring 1,0 x 1,0 mm, pada pertumbuhan dewasanya dapat berukuran 3,5 mm.

Menurut Fachrul (2007), daya tahan dan adaptasi antar suatu jenis makrobenthos dengan yang lainnya berbeda. Sehingga keberadaan makrobenthos tertentu dapat dijadikan petunjuk dalam menilai kualitas perairan tersebut. Hellowell (1986) menyatakan bahwa penggunaan makrobenthos sebagai indikator akan mempermudah dalam penafsiran keadaan lingkungan perairan.

Faktor lain yang mendasari penggunaan makrobenthos sebagai organisme indikator kualitas perairan adalah karena sifat makrobenthos yang relatif diam atau memiliki mobilitas yang rendah. Kondisi makrobenthos yang demikian banyak mendapat pengaruh dari lingkungan (Hawkes, 1979) karena tidak dapat menghindar. Wardhana (1999) menyatakan bahwa makrobenthos relatif mudah dikoleksi dan diidentifikasi.

Menurut Hawkes (1979), komunitas makrobenthos dipengaruhi secara langsung oleh faktor fisika dan kimia air, yang berupa padatan tersuspensi, temperatur, substrat dasar, kecepatan arus, kedalaman, oksigen terlarut, derajat keasaman (pH), kesadahan, bahan-bahan beracun dan nutrisi. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi jumlah spesies makrobenthos dan jumlah individu makrobenthos di suatu perairan.

Kaitan antara jumlah spesies dengan jumlah individu disebut sebagai keanekaragaman. Suatu komunitas dinyatakan mempunyai keanekaragaman yang tinggi apabila terdapat banyak

spesies dengan jumlah individu masing-masing spesies yang relatif merata. Apabila suatu komunitas hanya terdiri atas sedikit spesies dengan jumlah individu yang tidak merata, maka komunitas tersebut mempunyai keanekaragaman yang rendah (Barus, 2002). Fachrul (2007) berpendapat bahwa perairan yang berkualitas baik biasanya memiliki keanekaragaman makrobenthos yang tinggi dan sebaliknya pada perairan yang buruk atau tercemar memiliki keanekaragaman makrobenthos yang rendah. Dengan demikian, kriteria kualitas air dapat ditentukan berdasarkan indeks keanekaragaman ( $H'$ ).

Sungai Pekalongan terletak di daerah rendah pantai utara Pulau Jawa, sekitar 100 km dari kota Semarang (Nurdiyanto *et al.*, 2004). Sungai Pekalongan melalui Kabupaten Batang, Kabupaten Pekalongan, dan Kota Pekalongan. Sungai Pekalongan oleh penduduk sekitar sering dikenal dengan Sungai Kupang atau Sungai Loji (Zahidin, 2008), mempunyai panjang 11 km, lebar rata-rata 30 m dan kedalaman antara 1 s/d 2 m (Kantor Lingkungan Hidup, 2010). Sungai Pekalongan mendapatkan beban pencemaran berupa limbah batik karena melewati daerah sentra batik Pekalongan. Beban pencemaran ini berpengaruh terhadap kualitas air Sungai Pekalongan, terutama pada parameter fisika, kimia air, dan keanekaragaman makrobenthos di dalam sungai.

Penelitian sebelumnya oleh Zahidin (2008) di muara Sungai Pekalongan, didapatkan nilai indeks keanekaragaman makrobenthos berturut-turut 1,311 di mulut muara sungai, 1,574 di dekat muara sungai menuju hulu sungai, 1,025 di dekat kolam pelabuhan menuju muara sungai, dan 0,626 di kolam pelabuhan. Makrobenthos yang didapatkan di muara Sungai Pekalongan adalah *Gammarus* sp, *Glycera* sp, *Prinospio* sp, *Nereis* sp, *Macoma* sp, dan *Hydropia* sp.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman makrobenthos dan kualitas air Sungai Pekalongan ditinjau dari keanekaragaman makrobenthos. Penelitian ini bermanfaat memberikan informasi yang bisa dijadikan dasar pengelolaan Sungai Pekalongan pada masa mendatang.

## BAHAN DAN METODA

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah makrobenthos yang ada di Sungai Pekalongan, dan air Sungai Pekalongan. Penelitian dilakukan menggunakan metode survai dengan pengambilan sampel hewan makrobenthos dan faktor fisika dan kimia air secara *purposive sampling* pada enam stasiun pengamatan, satu stasiun mewakili daerah hulu, satu stasiun setelah ada bendungan, dua stasiun mewakili daerah perkotaan dan sentra batik, satu stasiun mewakili daerah hilir dan satu stasiun mewakili daerah muara yang dipengaruhi air laut. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali dengan interval waktu dua minggu.

Sampel makrobenthos diidentifikasi menggunakan buku identifikasi *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WPCF, 1992), *The Freshwater Molluscs of Canada* (Clarke, 1981), *Oligochaeta* (Goodnight, 1966), *Polichaeta* (Hartman, 1966), *Hirudinea* (Moore, 1966), *Malacostrata* (Mackin *et al.*, 1966), *Ephemeroptera* (Edmunds, 1966), *Odonata* (Gloyd & Wright, 1966), *Plecoptera* (Ritcher, 1966), *Hemiptera* (Hungerford, 1966), *Neuroptera* (Gurney & Parfin, 1966), *Coleoptera* (Leech, & Sanderson, 1966), *Tricoptera* (Ross, 1966), *Lepidoptera* (Welch, 1966), *Diptera* (James, 1966), *Acari* (Newell, 1966), dan *Mollusca* (Clench, 1966).

Kepadatan individunya dihitung dengan menggunakan rumus (Odum, 1993):

$$\text{Kepadatan (Individu/m}^2\text{)} = \frac{S \times 10000}{a \times n}$$

Keterangan :

S = Jumlah individu suatu spesies

a = Luas Eckman grab (20cm x 20cm) / Jala Surbur (30cm x 30cm)(cm<sup>2</sup>)

n = jumlah cuplikan

10000 = nilai konversi cm<sup>2</sup> menjadi m<sup>2</sup>

Perbandingan antara kepadatan suatu jenis dengan jenis yang lain, dihitung dengan kepadatan relatif (Michael, 1984) dengan rumus :

$$KR = \frac{\text{Kepadatan suatu jenis}}{\text{Kepadatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

Makrobenthos yang didapatkan dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Odum 1993), yaitu :

$$H' = - \sum pi \ln pi$$

Keterangan :

H' = indeks keanekaragaman

Pi = ni / N

S = jumlah jenis

ni = jumlah individu masing-masing jenis ke-i

N = jumlah total individu

Nilai indeks keanekaragaman (H') yang didapatkan kemudian dianalisis menurut kriteria Krebs (1985) dalam Barus (2002) untuk menentukan tingkat keanekaragaman benthos. Pengambilan keputusan mengenai tingkat keanekaragaman makrobenthos diputuskan dengan pedoman seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Keanekaragaman makrobenthos berdasarkan nilai indeks keanekaragaman (H')

Nilai H'	Tingkat Keanekaragaman	Pustaka
0 < H' < 2,302	Keanekaragaman rendah	Krebs (1985) dalam Barus (2002).
2,302 < H' < 6,907	Keanekaragaman sedang	
H' > 6,907	Keanekaragaman tinggi	

Keputusan untuk menyatakan kondisi kualitas air didasarkan kriteria Wilhm (1975) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria kualitas air berdasarkan nilai indeks keanekaragaman (H')

Nilai H'	Kualitas Air	Pustaka
0 < H' < 1	Tercemar berat	Wilhm (1975) dalam Fachrul (2007).
1 < H' < 3	Tercemar sedang	
H' > 3	Air bersih	

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian di Sungai Pekalongan diperoleh 5 kelas makrobenthos, yaitu Insecta, Oligochaeta, Crustacea, Gastropoda, dan Bivalvia, terdiri atas 9 spesies dari 9 genera yaitu *Pseudocloeon*, *Tubifex*, *Parathelphusa*, *Goniobasis*, *Juga*, *Lymnaea*, *Cerithidea*, *Pyrgulopsis*, dan *Cyclocardia* (lampiran 1).

Kelas Insecta yang ditemukan adalah *Pseudocloeon* sp., termasuk ordo Ephemeroptera, ditemukan di Stasiun I dan Stasiun II. Stasiun I yang mewakili daerah hulu dengan lingkungan sekitarnya masih berupa hutan, lahan pertanian dan sedikit pemukiman. Stasiun II terletak setelah Bendung Kali Asem Siketek yang daerah sekitarnya berupa lahan pertanian dan pemukiman. Pengamatan menunjukkan *Pseudocloeon* sp. hanya mampu hidup pada daerah yang mempunyai substrat dasar berupa batu, kecepatan arus yang deras dan kandungan oksigen terlarut yang relatif tinggi. Hal ini sependapat dengan pernyataan Giller & Malmqvist (1998), bahwa hewan-hewan dari ordo Ephemeroptera berhabitat di sungai berarus deras. Handayani *et al.* (2001) menambahkan bahwa Ephemeroptera hanya mampu hidup pada lingkungan dengan kadar oksigen terlarut yang tinggi dan biasanya ditemukan di daerah yang substratnya berupa batu. Hasil pengukuran didapatkan nilai oksigen terlarut 5,9-5,4 mg/l (lampiran 2).

Makrobenthos berikutnya yang ditemukan adalah *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta, ditemukan sangat melimpah pada Stasiun III dan Stasiun IV. Stasiun III terletak di daerah pemukiman penduduk yang juga digunakan sebagai tempat produksi batik skala rumah tangga. Stasiun IV terletak di daerah perkotaan yang tercatat sebagai salah satu sentra industri batik meliputi Sentra Batik Kauman di sebelah timur sungai dan Sentra Batik Medono di sebelah barat sungai. Limbah dari pemukiman penduduk, perkotaan dan industri merupakan pencemar yang membebani Sungai Pekalongan pada daerah ini.

Kondisi Stasiun III dan Stasiun IV sangat mendukung untuk kehidupan *Tubifex* sp. yang berhabitat di substrat lumpur karena *Tubifex* sp. mempunyai pola adaptasi yang spesifik dalam menunjang kehidupan di lumpur. Menurut Reid & Wood (1976) *Tubifex* sp. membentuk semacam tabung dalam lumpur. *Tubifex* sp. juga dikenal sebagai organisme indikator pada sungai yang tercemar. Giller & Malmqvist (1998) menyatakan bahwa organisme dari Tubificidae merupakan makrobenthos yang sangat baik untuk memantau kualitas air sungai yang tercemar. *Tubifex* sp.

tidak ditemukan di Stasiun V dan Stasiun VI karena organisme ini merupakan organisme air tawar yang peka terhadap salinitas.

Makrobenthos lainnya yang ditemukan adalah *Parathelphusa convexta* dari kelas Crustacea. Jenis kepiting ini ditemukan di Stasiun III dengan kepadatan hanya 1 ind/m<sup>2</sup>. Kepiting mempunyai toleransi yang rendah terhadap polutan dibandingkan organisme makrobenthos lainnya. Menurut Quynh *et al.* (2001) organisme dari ordo Decapoda dan classis Insecta mempunyai toleransi yang lebih rendah terhadap polusi daripada Gastropoda dan Bivalvia.

Kelas Gastropoda yang ditemukan terdiri atas lima spesies yaitu *Goniobasis* sp., *Juga plicifera*, *Lymanea auricularia*, *Ceritidhea* sp., dan *Pyrgulopsis* sp.. Gastropoda ini ditemukan di Stasiun I yang terletak di dekat hulu, Stasiun II yang terletak setelah Bendung Kali Asem Siketek, Stasiun V yang terletak di daerah hilir dan Stasiun VI yang terletak di muara sungai. Hal ini menunjukkan bahwa makrobenthos ini mampu hidup di segala jenis substrat dasar. Fakta ini sesuai dengan pendapat Handayani *et al.* (2001) bahwa Gastropoda merupakan organisme yang mempunyai kisaran penyebaran yang luas di substrat berbatu, berpasir maupun berlumpur.

Pada Stasiun I dan Stasiun II hanya ditemui Gastropoda dari spesies *Goniobasis* sp.. Pada Stasiun V ditemukan lebih banyak spesies Gastropoda yaitu dari spesies *Goniobasis* sp., *Juga plicifera*, *Lymanea auricularia*, dan *Pyrgulopsis* sp.. Hal ini berhubungan dengan nilai kesadahan pada Stasiun V yang relatif tinggi. Gastropoda menyukai kondisi perairan yang sadah karena kalsium karbonat akan digunakan sebagai bahan pembentuk cangkang. Kondisi ini sesuai dengan pendapat Giller & Malmqvist (1998) bahwa jenis siput menyukai sungai dengan kadar kalsium karbonat yang tinggi karena kalsium karbonat merupakan materi esensial bagi penyusunan cangkang. Gastropoda dari spesies *Ceritidhea* sp. ditemukan di Stasiun VI. Kesadahan pada Stasiun VI merupakan yang paling tinggi akan tetapi jumlah gastropodanya hanya 1 spesies. Hal ini disebabkan tingginya bahan pencemar di Stasiun VI yang terlihat dari tingginya nilai COD, TSS, fenol dan minyak. Kondisi ini semakin buruk dengan kandungan oksigen terlarut dan pH yang relatif rendah. Tidak ditemukannya Gastropoda pada Stasiun III dan Stasiun IV dapat dianggap sebagai penegasan bahwa makrobenthos ini tidak mampu hidup di daerah yang mendapat beban pencemaran yang relatif lebih tinggi.

Makrobenthos terakhir yang ditemui adalah *Cyclocardia* sp. dari kelas Bivalvia yang hanya ditemui pada Stasiun VI. Keberadaan bivalvia pada lokasi ini erat kaitannya dengan pola makan bivalvia yang memakan zat organik yang tersuspensi dalam air. Menurut Giller & Malmqvist (1998) beberapa spesies bivalvia memakan zat organik yang tersuspensi dari dasar sungai. Proses perputaran zat organik dari dasar perairan disebabkan oleh putaran air akibat pencampuran air tawar dan air laut. Hal ini dijelaskan oleh Odum (1993) bahwa pencampuran antara air tawar yang lebih ringan dengan air laut menimbulkan perangkap sehingga nutrisi berputar-putar di dalam estuaria. Perangkap ini pula yang menyebabkan zat pencemar mempunyai konsentrasi yang tinggi pada Stasiun VI.

Makrobenthos yang didapatkan di Sungai Pekalongan menunjukkan adanya dominasi jenis oleh *Tubifex* sp. sebesar 95 %. Dominasi jenis menyebabkan keanekaragaman menjadi rendah. Hal ini dinyatakan oleh Odum (1993) bahwa nilai keragaman yang tinggi menyatakan konsentrasi dominan yang rendah begitu pula sebaliknya. Kondisi ini menyebabkan indeks keanekaragaman (H') yang didapatkan di Sungai Pekalongan rendah yaitu berkisar dari 0 – 1,33. (Tabel 3)

Stasiun IV merupakan lokasi yang memiliki nilai indeks keanekaragaman (H') terendah yakni 0 yang disebabkan oleh hanya ditemukan satu spesies. Menurut Ludwig & Reynolds (1988) nilai H' bisa menjadi 0 jika dan hanya jika hanya terdapat satu spesies dalam sampel.

Tabel 3. Tingkat keanekaragaman makrobenthos Sungai Pekalongan

Stasiun	Nilai H'	Kriteria Krebs (1985) dalam Barus (2002).	Tingkat keanekaragaman
I	0,63	0 < H' < 2,302	Rendah
II	0,64	0 < H' < 2,302	Rendah
III	0,03	0 < H' < 2,302	Rendah
IV	0	0 < H' < 2,302	Rendah
V	1,33	0 < H' < 2,302	Rendah
VI	0,69	0 < H' < 2,302	Rendah

Tingkat keanekaragaman yang rendah menunjukkan bahwa komunitas makrobenthos mengalami tekanan. Odum (1993) menyatakan keanekaragaman yang rendah menunjukkan bahwa suatu komunitas mengalami tekanan. Tekanan terhadap komunitas makrobenthos berupa



pencemaran perairan berasal dari aktifitas pemukiman penduduk, pertanian, penambangan batu kali, dan industry yang ada di sekitar Sungai Pekalongan. Pemukiman penduduk menghasilkan air limbah dari kotoran manusia, air bekas mandi, kegiatan mencuci, dan kegiatan dapur. Menurut Brahmana & Hidayat (2008) air limbah rumah tangga terdapat dalam dua bentuk. Pertama adalah *black water*, yaitu berupa kotoran manusia yang bersumber dari kakus. Kedua adalah *grey water*, yaitu limbah non-kakus dari bekas mandi, cuci, dan kegiatan dapur. Pertanian menghasilkan air limbah berupa sisa penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk yang berlebihan. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Yuliasuti (2011) bahwa kegiatan pertanian yang menghasilkan limbah adalah penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk kimia yang berlebihan. Limbah industri yang paling dominan mencemari Sungai Pekalongan adalah industri batik. Limbah industri batik mempunyai sifat berwarna, berbusa, mengandung lemak, fenol, dan logam berat. Menurut Siregar (2005) dalam Muljadi (2009), limbah cair industri batik mempunyai karakteristik berwarna keruh, berbusa, pH tinggi, dan zat warna yang mengandung logam berat.

Salah satu parameter yang menunjukkan tekanan pada makrobenthos adalah nilai COD (24-116mg/l), juga didapatkannya fenol, minyak/lemak dan chrom. Ketiga zat pencemar tersebut berasal dari limbah industri batik yang banyak terdapat di Kota Pekalongan dan Kabupaten Pekalongan. Brahmana & Hidayat (2008) dan Yuliasuti (2011) menyatakan bahwa industri batik menghasilkan cemaran berupa senyawa fenol, minyak/lemak, dan chrom.

Kadar fenol yang didapatkan berkisar antara 1,34 – 11,96 mg/l, minyak/lemak berkisar antara 6,63 – 12,60 mg/l. Minyak/lemak berpengaruh secara langsung dengan menghambat reaksi enzimatik pada organisme. Selain itu minyak/lemak mempengaruhi kondisi perairan dengan mengambang dan melapisi permukaan air sehingga menghambat penetrasi cahaya dan pertukaran gas. Hal ini seperti yang dinyatakan Jamil (2001) bahwa senyawa hidrokarbon diketahui menghambat sejumlah reaksi enzimatik. Minyak/lemak juga mengambang dan melapisi permukaan air sehingga menghambat penetrasi cahaya dan menghalangi pertukaran gas. Kadar chrom yang didapatkan di Sungai Pekalongan berkisar antara 0,021 – 0,041 mg/l. Chrom yang ada di Sungai Pekalongan menyebabkan hilangnya organisme dari perairan termasuk benthos. Jamil (2001) menyatakan bahwa gangguan yang disebabkan oleh chrom pada makrobenthos berupa gangguan pertumbuhan yang mengakibatkan pengurangan masa hidup. Gangguan lainnya yang diakibatkan oleh chrom adalah gangguan terhadap metabolisme sebagai pengaruh subletal. Menurut Connel & Miller (2006) pengaruh subletal toksisitas logam berat seringkali dihubungkan dengan proses metabolik.

Berdasarkan kriteria kualitas air menurut Wilhm (1975) dalam Fachrul (2007), kualitas air di Sungai Pekalongan pada umumnya tercemar berat kecuali pada Stasiun V termasuk tercemar sedang (Tabel 4). Penggunaan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) disebabkan indeks ini sangat sensitif terhadap perubahan kepadatan pada spesies yang langka sehingga sangat cocok untuk digunakan pada komunitas makrobenthos yang beragam. Menurut Hill *et al.* (2003) indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) sangat berguna untuk mengetahui keanekaragaman secara umum yang dipengaruhi oleh kekayaan jumlah spesies dan pemerataan jumlah masing-masing spesies, karena indeks ini sangat sensitif terhadap perubahan kepadatan pada kelompok-kelompok spesies yang langka.

Tabel 4. Kualitas air Sungai Pekalongan

Stasiun	Nilai $H'$	Kriteria Wilhm (1985) dalam Fachrul (2007).	Kualitas air
I	0,63	$0 < H' < 1$	Tercemar berat
II	0,64	$0 < H' < 1$	Tercemar berat
III	0,03	$0 < H' < 1$	Tercemar berat
IV	0	$0 < H' < 1$	Tercemar berat
V	1,33	$1 < H' < 3$	Tercemar sedang
VI	0,69	$0 < H' < 1$	Tercemar berat

Stasiun IV merupakan lokasi dengan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) terendah yakni 0. Lokasi ini terletak di tengah perkotaan yang padat pemukiman penduduk dan menjadi tempat pembuangan limbah industri batik disekitarnya. Industri batik yang membuang limbahnya di lokasi ini adalah Sentra Batik Kauman yang berada di sebelah timur badan sungai dan Sentra Batik Medono yang berada di sebelah barat badan sungai. Dari kedua sentra industri batik tersebut hanya Sentra Batik Kauman yang sudah menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun air yang keluar dari IPAL tersebut masih menunjukkan warna kekuning-kuningan. IPAL tersebut

hanya digunakan untuk mengolah limbah industri batik. Limbah rumah tangga penduduk di sekitar sungai dibuang langsung ke badan sungai. Menurut Atmodjo (1995) dalam Siahaan *et al.* (2011) pencemaran paling parah terjadi pada sungai yang melewati kota besar.

Stasiun V merupakan lokasi dengan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) tertinggi yakni 1,33 dan satu-satunya badan sungai yang termasuk setengah tercemar. Kadar pencemar di lokasi ini merupakan yang paling rendah sepanjang Sungai Pekalongan, terlihat dari nilai COD 24 mg/l. Lokasi ini terletak di bagian hilir Sungai Pekalongan. Bahan pencemar yang berkurang di lokasi ini diduga akibat pengenceran karena lebar sungai yang bertambah.

#### PUSTAKA

- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Barus, T.A. 2002. Pengantar Limnologi. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Jakarta
- Basmi, J. 2000. Planktonologi : Plankton Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan. IPB. Bogor.
- Brahmana, S.S. & R. Hidayat. 2008. Pengendalian pencemaran sumber air dengan ekoteknologi (*wetland* buatan). JSDA (4) : 2.
- Connel, D.W. & G.J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Diterjemahkan oleh Koestoer, Y. 2006. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Djuhandi, T. 1980. Kehidupan dalam Setetes Air dan Beberapa Parasit pada Manusia. Penerbit ITB. Bandung.
- Fachrul, M.F. 2007. Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta.
- Giller, P.S. & B. Malmqvist. 1998. The Biology of Streams and Rivers. Oxford University Press. New York.
- Handayani, T.S., B. Suharto, & Marsoedi. 2001. Penentuan status kualitas perairan Sungai Brantas Hulu dengan biomonitoring makrozoobentos: tinjauan dari pencemaran bahan organik. Jurnal Biosain (1).
- Hawkes, H.A. 1979. Invertebrates as Indicator of River Water Quality. John Wiley and Sons. New York
- Hellawell, J.M. 1986. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Pollution Monitoring Series. Elsevier Applied Science Publ. London and New York.
- Hill, TCJ., KA. Walsh, JA. Harris, & BF. Moffet. 2003. Using ecological diversity measures with bacterial communities. Federation of European Microbiological Societies (FEMS) Microbiology Ecology 43: 1-11.
- Jamil, K. 2001. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Management. Science Publisher Inc. Enfield.
- Kantor Lingkungan Hidup. 2010. Profil Adipura Kota Pekalongan. Kantor Lingkungan Hidup Kota Pekalongan. Pekalongan.
- Kodoatie, R.J. & R. Sjarief. 2010. Tata Ruang Air. Andi Offset. Yogyakarta.
- Ludwig, J.A., & J. F. Reynolds, 1988, Statistical Ecology a Primer on Methods and Computing, John Wiley & Sons, New York.
- Michael, P. 1984. Metode Ekologi untuk Penyelidikan Ladang dan Laboratorium. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 168-196.
- Muljadi. 2009. Efisiensi instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak dengan metode fisika-kimia dan biologi terhadap penurunan parameter pencemar (BOD, COD, dan logam berat krom (Cr)). Ekuilibrium (8), 1:7-16.
- Nurdiyanto, D. Harmoko, S.R. Astuti, H. Muryantoro & D.R. Nurhajarini. 2004. Kerusakan di Pekalongan, Jawa Tengah 1995-1997. Balai Kajian Sejarah dan Nilai Tradisional Yogyakarta. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Odum, E.P. 1971. Dasar-dasar Ekologi. Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh Samingan, T.1993. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Quynh, N.X., N.X. Huan & N.T, Mai. 2002. Studying and using macro-invertebrates for assessing the quality of water environment in Nhue River. Faculty of Biology Vietnam National University. Hanoi.
- Reid, K.G. & R.D. Wood. 1976. Ecology of Inland Waters and Estuaries Second Edition. D.Van Nostrand Company. New York.
- Rudiyanti, S. 2009. Kualitas perairan Sungai Banger Pekalongan berdasarkan indikator biologis. Jurnal Sainstek Perikanan (4) , 2: 46-52.
- Siahaan, R., A. Indrawan, D. Soedharma, & L.B. Prasetyo. 2011. Kualitas air Sungai Cisadane, Jawa Barat-Banten. Jurnal Imiah Sains (11) : 2.
- Vernberg, W.B., F.P. Thurberg., A. Calabrese & F.J. Vernberg. 1981. Marine Pollution: Functional Responses. Academia Press. Inc. London.
- Wardhana, W.A. 1999. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Offset. Yogyakarta.
- Yuliasuti, E. 2011. Kajian kualitas air Sungai Ngringo Karanganyar dalam upaya pengendalian pencemaran air. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Zahidin, M. 2008. Kajian kualitas air di muara Sungai Pekalongan ditinjau dari indeks keanekaragaman makrobentos dan indeks saprobitas plankton. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.

## Analisis Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Tumbuhan Bawah di Kawasan Hutan Mangrove Segara Anakan, Cilacap

Eva Seoulinda Rosani, Erwin Riyanto Ardli dan Eming Sudiana

Magister Ilmu Biologi, Universitas Jenderal Soedirman  
Kampus Karangwangkal Jl. Dr. Suparno PO Box. 130 Purwokerto 53123  
Email : [esr\\_dolphin@yahoo.com](mailto:esr_dolphin@yahoo.com)

Serangkaian aktivitas masyarakat di kawasan hutan mangrove Segara Anakan menyebabkan tumbuhan bawah mangrove seperti *Acanthus ebracteatus*, *Acanthus ilicifolius*, *Acrostichum speciosum*, dan *Derris trifoliata* cukup dominan menutupi sebagian kawasan hutan. Pengkajian terhadap kapasitas fungsi jasa lingkungan yang mampu diperankan oleh tumbuhan bawah mangrove seperti membantu mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer menjadi penting untuk dilakukan. Hal tersebut dapat diketahui dengan melakukan pendugaan biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah mangrove. Pendugaan terhadap biomassa dan karbon tersimpan khusus untuk tumbuhan bawah mangrove hingga saat ini belum banyak diketahui. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode survei dengan teknik *cluster sampling* yaitu menentukan lokasi sampling berdasar pada kelompok kondisi habitat. Perhitungan biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah mangrove menggunakan metode *destructive*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah biomassa dan karbon tersimpan tertinggi dihasilkan oleh *Acrostichum speciosum* sejumlah 42,637 g/ind dan 10,984 g/ind, diikuti oleh *Acanthus ilicifolius* (28,205 g/ind dan 6,827 g/ind), *Acanthus ebracteatus* (26,384 g/ind dan 6,072 g/ind), dan *Derris trifoliata* (22,548 g/ind dan 9,186 g/ind). Potensi biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah di kawasan hutan mangrove Segara Anakan sebesar 2,804 ton/ha dan 0,9 ton/ha.

Kata Kunci : biomassa, karbon tersimpan, tumbuhan bawah mangrove, Segara Anakan

### PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun menyebabkan luas hutan mangrove khususnya Indonesia telah mengalami degradasi dan deforestasi cukup signifikan. Salah satu hutan mangrove di Indonesia yang mengalami degradasi dan deforestasi adalah hutan mangrove Segara Anakan. Luas hutan mangrove Segara Anakan pada tahun 1978 mencapai 17.090 ha dan tahun 2004 hanya tinggal seluas 9.271,6 ha. Setiap tahun luas hutan mangrove Segara Anakan mengalami degradasi sebesar 192,96 ha. Degradasi tersebut disebabkan oleh aktivitas manusia, diantaranya penebangan ilegal (14,23 m<sup>3</sup>/hari), pemanfaatan dan konversi lahan hutan seperti pembuatan areal pertanian (5,4%), tambak (2,5%), pemukiman (1,1%), industri (0,4%), dan pemanfaatan lahan lainnya (1,7%). Aktivitas manusia tersebut terutama terjadi dekat pemukiman di Panikel, Bugel, Cibeureum, Karanganyar, Klaces, dan Motean (Ardli dan Widyastuti, 2001; Widayanto, 2005; Sastranegara *et al.*, 2007; Ardli dan Wolff, 2008).

Aktivitas manusia tersebut menyebabkan tumbuhan bawah cukup dominan menutupi kawasan hutan mangrove Segara Anakan diantaranya adalah *Acanthus ebracteatus* Vahl. dan *Acanthus ilicifolius* Linn. (27,57 ± 36,59%), *Acrostichum aureum* Linn. (0,29 ± 2,38%), dan *Derris trifoliata* Lour. (5,36 ± 18,66%) (Hinrichs *et al.*, 2009). Oleh karena itu, perlu pengkajian terhadap kapasitas jasa lingkungan yang mampu diperankan oleh tumbuhan bawah mangrove terutama dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer. Potensi ini dapat diketahui dengan melakukan pendugaan terhadap biomassa dan karbon tersimpannya. Saat ini masih belum terdapat data mengenai pendugaan jumlah biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah mangrove khususnya di Segara Anakan.

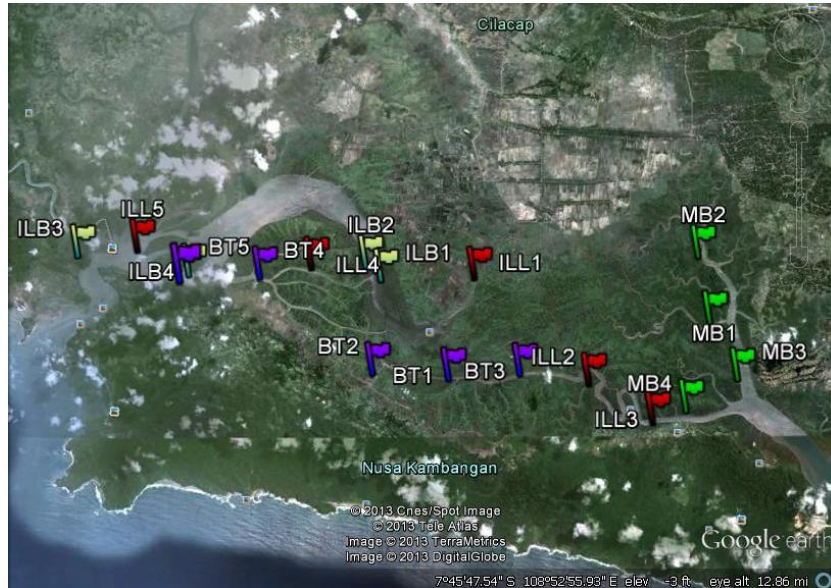
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah biomassa dan karbon tersimpan pada setiap *species* tumbuhan bawah mangrove dan mengetahui potensi biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah di kawasan hutan mangrove Segara Anakan. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan strategi konservasi kawasan hutan mangrove Segara Anakan.

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Hutan Mangrove Segara Anakan, Cilacap dengan koordinat 07°34'29.42" LS – 07°47'32.39" LS dan 108°46'30.12" BT – 109°03'21.02 BT" (Gambar 1).

Materi yang digunakan dalam penelitian adalah tumbuhan bawah kategori semak (*Acanthus ebracteatus* Vahl., *Acanthus ilicifolius* Linn., *Acrostichum speciosum* Willd., dan *Derris trifoliata* Lour.) di hutan mangrove Segara Anakan.

Penelitian ini menggunakan metode survei dengan menggunakan teknik *cluster sampling* yaitu menentukan lokasi sampling berdasar pada kelompok kondisi habitat (habitat mangrove yang relatif bagus dengan kerapatan vegetasi pohon masih tinggi, habitat mangrove yang mengalami penebangan secara ilegal baik yang merupakan hasil sedimentasi baru maupun lama, dan habitat mangrove bekas tambak dengan kondisi tumbuhan bawah mendominasi area).



Gambar 1. Lokasi Penelitian. MB = habitat mangrove yang relatif bagus; ILB = habitat mangrove yang mengalami penebangan secara ilegal (sedimentasi baru); ILL = habitat mangrove yang mengalami penebangan secara ilegal (sedimentasi lama); BT = habitat mangrove bekas tambak

## CARA KERJA

### *Pengambilan Data Vegetasi (Sutaryo, 2009)*

Pengambilan data vegetasi tumbuhan bawah menggunakan plot berukuran (1 x 1)m yang dibuat secara acak.

### *Pengambilan Sampel Tumbuhan Bawah*

Pengambilan sampel tumbuhan bawah (*Acanthus ebracteatus* Vahl., *Acanthus ilicifolius* Linn., *Acrostichum speciosum* Willd., dan *Derris trifoliata* Lour.) dilakukan dengan metode *destructive*.

### *Penimbangan Sampel Basah*

Setiap bagian tumbuhan bawah (daun, stipe, batang, dan akar) ditimbang berat basahanya sehingga diketahui berat basah totalnya untuk menganalisis biomasnya. Sub sampel dari masing-masing bagian diambil sebanyak 2 g untuk dianalisis kadar karbonnya.

### *Pengeringan*

Sub sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 48 jam untuk pengeringan awal dan pada suhu 105°C selama 16 jam untuk pengeringan akhir guna mengetahui kadar air dan berat keringnya.

### *Penimbangan Sampel Kering*

Sub sampel dari masing-masing bagian tumbuhan yang telah dikeringkan, dilakukan penimbangan sehingga diketahui berat keringnya untuk menganalisis biomasnya.

### *Pengukuran Faktor Lingkungan*

Faktor lingkungan yang diukur seperti pH tanah, suhu udara, salinitas air, jenis dan tekstur tanah, unsur hara, dan kandungan bahan organik tanah.

### ***Pengukuran Karbon Terikat***

Sampel hasil pengeringan oven 105°C dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 600°C selama 3 – 4 jam.

$$\text{Kadar air} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat basah sampel (g)

b = berat kering sampel dengan suhu oven 105°C (g)

$$\text{Kadar abu} = \frac{c - a}{b - a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat cawan porselen (g)

b = berat sampel sebelum diabukan ditambah cawan porselen (g)

c = berat sampel setelah diabukan ditambah cawan porselen (g)

Kadar karbon yang terikat pada setiap gram sampel tumbuhan bawah pada masing-masing bagian yaitu daun, stipe (khusus *Acrostichum speciosum*), batang, dan akar menggunakan rumus dari Sutapa (2006) dalam Hardjana (2008) yang dimodifikasi sebagai berikut :

$$\text{Kadar karbon} = 100\% - (\% \text{ Air} + \% \text{ Abu})$$

### ***Analisis Data***

#### ***Perhitungan Biomassa***

Perhitungan total berat kering (biomassa) tumbuhan bawah menggunakan rumus dari *Japan International Cooperation Agency/JICA* (2002) sebagai berikut :

$$\text{BKT} = \frac{\text{BKC}}{\text{BBC}} \times \text{BBT}$$

Keterangan :

BKT = berat kering total (g)

BKC = berat kering contoh (g)

BBC = berat basah contoh (g)

BBT = berat basah total (g)

#### ***Perhitungan Karbon Tersimpan pada Tumbuhan Bawah***

Perhitungan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah menggunakan rumus sebagai berikut :

$$K = B \times C$$

Keterangan :

K = jumlah karbon tersimpan pada tumbuhan bawah (g)

B = biomassa tumbuhan bawah (g)

C = kadar karbon terikat (%)

Perhitungan potensi biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah di kawasan hutan mangrove Segara Anakan menggunakan data vegetasi yang diperoleh di lokasi penelitian dengan cara menghitung kerapatan setiap *species* tumbuhan bawah. Kerapatan tumbuhan bawah perlu diketahui terlebih dahulu sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah dalam satuan ton unit per area (ton/ha). Kerapatan mutlak dan kerapatan relatif dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

a. Kerapatan mutlak (KM)

$$\text{KM} = \frac{\text{Jumlah total individu suatu jenis}}{\text{Luas petak ukur pengamatan}}$$

b. Kerapatan relatif suatu jenis (KR)

$$\text{KR} = \frac{\text{K suatu jenis}}{\text{K seluruh jenis}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis biomassa dan karbon yang tersimpan pada setiap *species* tumbuhan bawah mangrove per individunya disajikan pada Tabel 1. Analisis menunjukkan bahwa *Acrostichum speciosum* memiliki rata-rata biomassa tertinggi yaitu 42,637 g/individu dan rata-rata karbon tersimpan sebanyak 10,984 g/individu. *Derris trifoliata* memiliki rata-rata biomassa terendah yaitu 22,548 g/individu dan rata-rata karbon yang tersimpan sebanyak 9,186 g/individu. Adapun tumbuhan bawah yang memiliki kadar karbon tertinggi dalam biomasanya adalah *Derris trifoliata* (40,74%) sedangkan tumbuhan bawah yang memiliki kadar karbon terendah dalam biomasanya adalah *Acanthus ebracteatus* (23,01%). Perbedaan jumlah biomassa dan karbon tersimpan pada setiap *species* tumbuhan bawah dapat disebabkan oleh perbedaan senyawa kimia yang terkandung didalamnya (Bandaranayake, 2002; Jiang *et. al.*, 2012).

Tabel 1. Rata-rata Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Tumbuhan Bawah

Tumbuhan Bawah	Rata-rata Biomassa (g/ind)	Rata-rata Karbon yang Tersimpan (g/ind)	Kadar Karbon dalam Biomassa (%)
<i>Acanthus ebracteatus</i>	26,384	6,072	23,01
<i>Acanthus ilicifolius</i>	28,205	6,827	24,21
<i>Acrostichum speciosum</i>	42,637	10,984	25,76
<i>Derris trifoliata</i>	22,548	9,186	40,74

Tabel 1 juga menjelaskan bahwa jumlah karbon yang tersimpan pada tumbuhan bawah berkaitan erat dengan biomasanya. Biomassa tumbuhan bawah pada dasarnya merupakan hasil fotosintesis yang berupa alkaloid, karbohidrat, flavonoid, asam lemak, hidrokarbon, lipid, polisakarida, protein, saponin, steroid, tanin, triterpenoid, sulfur, garam anorganik, dan rotenon (Bandaranayake, 2002; Jiang *et. al.*, 2012). Dengan demikian, proses fotosintesis yang terjadi di dalam tumbuhan bawah juga berpengaruh terhadap akumulasi biomasanya. Hairiah dan Rahayu (2007) menjelaskan bahwa melalui proses fotosintesis, CO<sub>2</sub> di udara diserap oleh tumbuhan dan diubah menjadi karbohidrat dengan bantuan cahaya matahari. Selanjutnya, karbohidrat ditranslokasikan ke seluruh bagian tumbuhan dan disimpan dalam bentuk daun, batang, buah, dan bunga. Akumulasi biomassa pada tumbuhan juga dipengaruhi oleh umur, tinggi tumbuhan, ketersediaan hara, tanah, dan iklim setempat (Brown, 1997 dan Kusmana *et al.*, 1992).

Hairiah *et al.* (2001) menjelaskan bahwa jumlah karbon yang tersimpan pada tumbuhan berpengaruh terhadap perkembangan tumbuhan tersebut. Kegunaan karbon bagi tumbuhan tidak hanya sebagai bahan penyusun struktur tubuh tumbuhan tetapi juga sebagai sumber energi metabolisme yang digunakan untuk mensintesis biomassa tumbuhan. Tingginya produksi biomassa memberikan indikasi bahwa tumbuhan tersebut memiliki potensi yang baik untuk menyerap karbon.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah diperoleh dan disajikan pada Tabel 2, *Acanthus ilicifolius* mempunyai potensi biomassa tertinggi yaitu 1,611 ton/ha sedangkan *Acrostichum speciosum* mempunyai potensi biomassa terendah yaitu 0,039 ton/ha. Potensi biomassa dari seluruh tumbuhan bawah yang diamati, paling tinggi (3,814 ton/ha) pada habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* yang terbagi atas wilayah mangrove yang merupakan hasil sedimentasi baru (51% dari total habitat) dan sedimentasi lama (17% dari total habitat) (Tabel 2).

Tabel 2. Potensi Biomassa pada Tumbuhan Bawah Mangrove di Tiap Habitat

Tumbuhan Bawah	MB (ton/ha)	BT (ton/ha)		Rata-rata Total Biomassa Tiap <i>Species</i> (ton/ha)
		IL (ton/ha)	SL	
<i>Acanthus ebracteatus</i>	0	0,197	0,115	0,115
<i>Acanthus ilicifolius</i>	0,073	5,010	0,437	0,922
<i>Acrostichum speciosum</i>	0	0	0,158	0
<i>Derris trifoliata</i>	0,442	0,536	1,174	2,036
Total Biomassa Tiap Habitat	0,515	5,743	1,884	3,073
		3,814		2,804

MB = habitat mangrove yang relatif bagus; IL = habitat mangrove yang mengalami penebangan secara ilegal (SB : sedimentasi baru dan SL : sedimentasi lama); BT = habitat mangrove bekas tambak

Habitat mangrove yang relatif bagus memiliki biomassa tumbuhan bawah terendah yaitu 0,515 ton/ha. Secara keseluruhan, potensi biomassa tumbuhan bawah di kawasan hutan mangrove Segara Anakan adalah 2,804 ton/ha.

Perbedaan potensi biomassa tumbuhan bawah dapat dipengaruhi oleh kualitas tempat tumbuh dan kerapatan tumbuhan bawah. Kualitas tempat tumbuh berkaitan dengan sifat tanah yang baik seperti fisika tanah, kimia tanah, dan biologi tanahnya. Beberapa faktor yang memiliki perbedaan cukup signifikan di tiap habitat mangrove yang diteliti adalah salinitas air, N total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, dan bahan organik tanah (Tabel 3). Faktor tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan bawah. Adapun untuk kerapatan, semakin rapat vegetasi tumbuhan bawah, potensi biomasannya semakin tinggi. Hal ini seperti yang terjadi pada habitat mangrove yang terjadi *illegal logging*. Habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* memiliki kerapatan tumbuhan bawah yang tinggi sehingga mampu menghasilkan biomassa yang tinggi pula.

Tabel 3. Faktor Lingkungan di Kawasan Hutan Mangrove Segara Anakan

Faktor Lingkungan	MB	IL-SB	IL-SL	BT
pH Tanah	6,78	6,67	6,76	6,64
Suhu Udara (°C)	27,90	27,45	27,74	28,78
Salinitas Air (ppt)	26,40	27,15	20,06	23,00
Tekstur Tanah	Liat	Liat berdebu	Liat berdebu	Liat
N total (%)	0,20	0,19	0,62	0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total (%)	0,09	0,17	0,10	0,18
Bahan Organik Tanah (%)	15,50	19,54	22,79	19,68

MB = habitat mangrove yang relatif bagus; IL = habitat mangrove yang mengalami penebangan secara ilegal (SB : sedimentasi baru dan SL : sedimentasi lama); BT = habitat mangrove bekas tambak

Potensi biomassa tumbuhan bawah mangrove (2,804 ton/ha) lebih kecil dibandingkan dengan biomassa tumbuhan bawah terestrial (34,993 ton/ha) (Windusari *et al.*, 2012). Selain itu, besarnya potensi biomassa tumbuhan bawah mangrove dilihat dari potensi biomassa pohon mangrove hasil penelitian Azizah (2013) yang sebesar 30,187 ton/ha adalah 9,29%. Meskipun potensi biomassa tumbuhan bawah mangrove ini kecil, keberadaan tumbuhan bawah mangrove sangat mempengaruhi total biomassa seluruh vegetasi di hutan mangrove per hektar dan pembentukan unsur hara tanah. Kerapatan tumbuhan bawah secara keseluruhan cukup besar (99.750 ind/ha) jika dibandingkan dengan kerapatan pohon mangrove yang sebesar 1.707 ind/ha (Azizah, 2013). Oleh karena itu, keberadaan tumbuhan bawah di hutan mangrove Segara Anakan tidak dapat diabaikan.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah diperoleh dan disajikan pada Tabel 4, *Derris trifoliata* mempunyai potensi simpanan karbon tertinggi yaitu 0,441 ton/ha sedangkan *Acrostichum speciosum* memiliki simpanan karbon terendah yaitu 0,01 ton/ha. Tingginya simpanan karbon tersebut karena dipengaruhi oleh kerapatan dari masing-masing tumbuhan bawah. *Derris trifoliata* memiliki kerapatan yang tinggi terutama pada habitat mangrove bekas tambak yaitu 82.440 ind/ha. Kerapatan *Acanthus ilicifolius* paling tinggi jika dibandingkan dengan jenis tumbuhan bawah lainnya yaitu 102.780 ind/ha pada habitat mangrove yang merupakan hasil sedimentasi baru dan terjadi *illegal logging*. Kadar karbon yang tersimpan pada *Acanthus ilicifolius* pada tiap individunya lebih rendah jika dibandingkan *Derris trifoliata*. Oleh karena itu, *Derris trifoliata* memiliki simpanan karbon yang paling tinggi di hutan mangrove Segara Anakan.

Tabel 4. Potensi Karbon Tersimpan pada Tumbuhan Bawah Mangrove di Tiap Habitat

Tumbuhan Bawah	MB (ton/ha)	IL (ton/ha)		BT (ton/ha)	Rata-rata Total Karbon Tersimpan Tiap <i>Species</i> (ton/ha)
		SB	SL		
<i>Acanthus ebracteatus</i>	0	0,042	0,026	0,028	0,024
<i>Acanthus ilicifolius</i>	0,019	1,377	0,096	0,209	0,425
<i>Acrostichum speciosum</i>	0	0	0,040	0	0,010
<i>Derris trifoliata</i>	0,190	0,275	0,473	0,826	0,441
Total Karbon Tersimpan Tiap Habitat	0,209	1,694	0,635	1,063	0,900

MB = habitat mangrove yang relatif bagus; IL = habitat mangrove yang mengalami penebangan secara ilegal (SB : sedimentasi baru dan SL : sedimentasi lama); BT = habitat mangrove bekas tambak

Potensi simpanan karbon tumbuhan bawah yang paling tinggi pada habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* yaitu 1,165 ton/ha (Tabel 4) yang terbagi atas wilayah mangrove yang merupakan hasil sedimentasi baru (47% dari total habitat) dan sedimentasi lama (18% dari total habitat). Habitat mangrove yang relatif bagus memiliki simpanan karbon tumbuhan bawah terendah yaitu 0,209 ton/ha (6% dari total habitat) (Tabel 4). Hal ini disebabkan oleh kerapatan tumbuhan bawah di habitat mangrove yang relatif bagus (22.400 ind/ha) lebih rendah dibandingkan kerapatan tumbuhan bawah di habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* (sedimentasi baru sejumlah 148.890 ind/ha dan sedimentasi lama sejumlah 88.220 ind/ha). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hilmi (2003) yang menjelaskan bahwa simpanan karbon tumbuhan dipengaruhi oleh kerapatannya.

Kerapatan tumbuhan bawah yang tinggi pada habitat mangrove *illegal logging* menjadi indikator bahwa tumbuhan bawah cocok tumbuh pada habitat tersebut. Odum (1993) juga menjelaskan bahwa keberadaan tumbuhan yang dominan pada suatu habitat mengindikasikan habitat tersebut memiliki kondisi yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Kondisi area pada habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* lebih terbuka dibandingkan dengan habitat mangrove yang relatif bagus. Penutupan kanopi pohon pada habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* tidak terlalu rapat sehingga cahaya matahari yang menembus lantai hutan lebih besar dibandingkan dengan habitat mangrove yang relatif bagus yang penutupan kanopinya lebih rapat. Tumbuhan bawah sangat membutuhkan cahaya matahari untuk melangsungkan proses fotosintesis. Jika tumbuhan kurang mendapatkan cahaya, maka proses fotosintesis dalam tubuh tumbuhan menjadi terhambat sehingga produk fotosintesis yang dihasilkan juga rendah (Lakitan, 1993). Kondisi ini menyebabkan tumbuhan bawah terhambat untuk melakukan pertumbuhan dan perkembangan. Dengan demikian, tumbuhan bawah mangrove sedikit sekali atau tidak ditemukan di habitat mangrove relatif bagus sehingga potensi karbon tersimpannya lebih rendah dibandingkan dengan habitat mangrove yang terjadi *illegal logging*.

Perbedaan simpanan karbon tumbuhan bawah tersebut juga dipengaruhi oleh jenis tumbuhan bawah dan faktor lingkungan seperti bahan organik tanah yang mempengaruhi laju fotosintesis. Bahan organik tanah pada habitat mangrove yang relatif bagus (15,50%) lebih rendah jika dibandingkan dengan habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* (sedimentasi baru 19,54% dan sedimentasi lama 22,79%) dan mangrove bekas tambak (19,68%). Jatuhnya serasah pohon karena penebangan di habitat mangrove baik yang merupakan sedimentasi baru maupun sedimentasi lama mengakibatkan siklus hara pada habitat tersebut menjadi lebih cepat. Demikian juga pada habitat mangrove bekas tambak yang didominasi oleh tumbuhan bawah. Tumbuhan bawah mampu tumbuh dan berkembang dengan cepat serta memiliki siklus hidup yang pendek sehingga siklus haranya lebih cepat dibandingkan dengan pohon. Selain itu, habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* juga mendapatkan suplai bahan organik tanah dari Sungai Citanduy dan beberapa anak sungai kecil seperti Sungai Cibeureum, Kayu Mati, dan Cikujang yang berada disekitarnya. Oleh karena itu, bahan organik tanah pada habitat mangrove yang terjadi *illegal logging* dan mangrove bekas tambak lebih tinggi dibandingkan pada habitat mangrove yang relatif bagus.

Berdasarkan analisis terhadap potensi simpanan karbon yang telah dilakukan terhadap keempat jenis tumbuhan bawah dapat diketahui bahwa tumbuhan bawah mangrove cukup membantu dalam mengurangi dampak emisi karbon terutama *Derris trifoliata*. *D. trifoliata* memiliki potensi simpanan karbon yang lebih baik dibandingkan dengan jenis tumbuhan bawah lainnya. Dengan demikian, *D. trifoliata* dapat dijadikan pertimbangan sebagai tumbuhan yang dapat dipertahankan berada di kawasan hutan mangrove Segara Anakan.

Secara umum, potensi karbon tersimpan pada tumbuhan bawah mangrove (0,9 ton/ha) lebih kecil jika dibandingkan dengan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah terestrial 17,496 ton/ha (Windusari *et al.*, 2012). Selain itu, besarnya potensi karbon tersimpan pada tumbuhan bawah mangrove dilihat dari potensi karbon tersimpan pada pohon mangrove hasil penelitian Azizah (2013) yang sebesar 13,873 ton/ha adalah 6,49%. Dengan kata lain, tumbuhan bawah mangrove membantu mengurangi emisi karbon sebesar 6,49% dari potensi simpanan karbon pada pohon mangrove. Demikian juga saat karbon tersebut terlepas di ekosistem mangrove. Karbon tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi oleh biota air di ekosistem mangrove. Guguran serasahnya yang jatuh ke dalam air akan menjadi substrat yang baik bagi mikroorganisme seperti



bakteri (Kristensen *et al.*, 2008). Bakteri tersebut juga membantu proses penguraian serasah menjadi detritus. Selanjutnya detritus menjadi bahan makanan bagi hewan seperti cacing, udang-udang kecil, dan akhirnya hewan ini akan menjadi makanan bagi larva ikan, udang, kepiting, dan hewan lainnya di ekosistem mangrove.

### KESIMPULAN

1. Jumlah biomassa dan karbon tersimpan tertinggi dimiliki oleh *Acrostichum speciosum* (42,637 g/ind dan 10,984 g/ind) diikuti oleh *Acanthus ilicifolius* (28,205 g/ind dan 6,827 g/ind), *Acanthus ebracteatus* (26,384 g/ind dan 6,072 g/ind), dan *Derris trifoliata* (22,548 g/ind dan 9,186 g/ind).
2. Potensi biomassa dan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah di kawasan hutan mangrove Segara Anakan sebesar 2,804 ton/ha dan 0,9 ton/ha.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ardli E. dan A. Widyastuti. 2001. Application of NDVI Analysis from Landsat TM and SPOT Images for Monitoring and Detection of Mangrove Damages at Segara Anakan Cilacap, Central Java. DUE-like project, Biology Faculty, University of Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Ardli, E. R. and M. Wolff. 2008. Quantifying Habitat and Resource Use Changes in the Segara Anakan Lagoon (Cilacap, Indonesia) Over the Past 25 Years (1978 – 2004). *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 5 (4) : 59 – 67.
- Azizah, M. 2013. Analisis Stok Karbon Hutan Mangrove pada Berbagai Tingkat Kerusakan di Segara Anakan, Cilacap. Tesis. Program Studi Biologi Program Pascasarjana, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. (Tidak dipublikasikan).
- Bandaranayake, W.M. 2002. Bioactivities, Bioactive Compounds and Chemical Constituents of Mangrove Plants. *Wetlands Ecology and Management*, 10 : 421 – 452.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. FAO Forestry Paper - 134. Department of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Illinois, Illinois.
- Hairiah, K., S.M. Sitompul, M. van Noordwijk, and C. Palm. 2001. Carbon Stocks of Tropical Land Use Systems as Part of The Global C Balance : Effects of Forest Conversion and Options for 'Clean Development' Activities. International for Research in Agroforestry, Bogor.
- Hairiah, K. dan S. Rahayu. 2007. Petunjuk Praktis Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia, Bogor.
- Hardjana, A. K. 2008. Potensi Biomassa dan Karbon pada Hutan Tanaman Acacia Mangium di HTI PT. Surya Hutani Jaya, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 7 (4) : 237 – 249.
- Hilmi, E. 2003. Model Penduga Kandungan Karbon pada Pohon Kelompok Jenis *Rhizophora* spp. dan *Bruguiera* spp. dalam Tegakan Hutan Mangrove (Studi Kasus di Indragiri Hilir Riau). Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Hinrichs, S., I. Nordhaus, and S. J. Geist. 2008. Status, Diversity, and Distribution Patterns of Mangrove Vegetation in the Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia. *Reg Environ Change*, 9 : 275 – 289.
- Japan International Cooperation Agency/JICA. 2002. Demonstration Study on Carbon Fixing Forest Management Project. Progress Report of the Project 2001-2002.
- Jiang, C., S. Liu, W. He, X. Luo, S. Zhang, Z. Xiao, X. Qiu, and H. Yin. 2012. A New Prenylated Flavanone from *Derris trifoliata* Lour. *Molecules*, 17 : 657 – 663.
- Kristensen, E., S. Bouillon, T. Dittmar, and C. Marchand. 2008. Organic Carbon Dynamics in Mangrove Ecosystems : A Review. *Aquatic Botany*, 89 : 201 – 219.
- Kusmana, C., S. Sabiham, K. Abe, and H. Watanabe. 1992. An Estimation of Above Ground Tree Biomass of a Mangrove Forest in East Sumatera. *Tropics*, 1 (4) : 243 – 257.
- Lakitan, B. 1993. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Odum, E. 1993. Dasar-dasar Ekologi. Terjemahan oleh Tjahjono Samingan dari buku *Fundamentals Ecology*. Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme, Bogor.
- Windusari, Y., N.A.P. Sari, I. Yustian, dan H. Zulkifli. 2012. Dugaan Cadangan Karbon Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah di Kawasan Suksesi Alami pada Area Pengendapan Tailing PT. Freeport Indonesia. *Biospecies*, 5 (1) : 22 – 28.

## Keanekaragaman Zooplankton Di Perairan Waduk Wadaslintang Wonosobo

**Mustolih Hamid, Endang Widyastuti, Christiani**

*Fakultas Biologi Unsoed*  
*Email : hj.christiani@yahoo.com*

Di perairan alam keberadaan zooplankton sangat diperlukan karena merupakan pakan alami bagi ikan yang hidup di perairan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman zooplankton di perairan Waduk Wadaslintang, Wonosobo. Penelitian dilakukan menggunakan metode survei dengan pengambilan sampel secara *purposive sampling* pada 7 stasiun, yang mewakili daerah inlet, tengah dan outlet waduk, daerah keramba serta dermaga waduk. Pengambilan sampel diulang sebanyak 5 kali dengan interval waktu 4 minggu. Parameter yang diukur adalah jumlah jenis dan faktor fisika kimia air yang meliputi suhu air, suhu udara, penetrasi cahaya, kedalaman, TSS, TDS, pH, alkalinitas, O<sub>2</sub> terlarut, CO<sub>2</sub> bebas, BOD<sub>5</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dan PO<sub>4</sub>-P. Analisis hasil dilakukan dengan menghitung nilai indeks keanekaragaman (H') dilanjutkan dengan menghitung nilai indeks kemerataan (E) dengan bantuan program SPSS. Hasil penelitian, didapatkan zooplankton sebanyak 25 spesies meliputi 14 spesies dari klas Crustacea, 8 (delapan) spesies dari klas Rotatoria, dan 3 (tiga) spesies dari klas Ciliata. Kelimpahan zooplankton berkisar antara 491 – 1358 ind/l dengan rata-rata 898,7 ind/l. Spesies yang paling melimpah yang ditemukan di perairan Waduk Wadaslintang adalah *Cyclops sternuus* (37,63 %), *Branchionus falcatae* (8,65 %), *Cyclops agilis* (8,65%), *Cyclops fuscus* (7,37), dan *Eucyclops agilis* (5,21 %). Nilai indeks keanekaragaman (H') didapatkan antara 1,867 sampai 2,346, yang menunjukkan bahwa zooplankton di perairan Waduk Wadaslintang masih tergolong cukup stabil. Sedangkan nilai indeks kemerataannya antara 0,751 sampai 1, yang menunjukkan cukup merata antar stasiun. Nilai indeks keanekaragaman dan nilai indeks kemerataan zooplankton yang cukup stabil dan merata antar stasiun, didukung oleh nilai parameter fisik-kimia yang relatif tidak berbeda antar stasiun.

Kata kunci : Zooplankton, kelimpahan, keaneka ragaman, kemerataan, Waduk Wadaslintang

### PENDAHULUAN

Waduk Wadaslintang berada di Kabupaten Wonosobo, 48 km sebelah tenggara Kota Wonosobo atau terletak pada 07° 37' 15" LS – 07° 33' 28" LS dan 109° 45' 15" BT – 109° 48' 35" BT. Luas genangan Waduk meliputi 1460 ha, tinggi bendungan utama 116 meter dan mampu menampung 438 juta m<sup>3</sup> dan penampungan efektif 408 m<sup>3</sup> air, (Widyastuti dkk. 2007).

Fungsi utama pembangunan Waduk Wadaslintang adalah sebagai penampungan air dari sungai disekitarnya, pembangkit listrik tenaga air, perikanan, pariwisata, mencegah banjir dan menyuplai air irigasi untuk wilayah Kebumen dan Purworejo. Aliran sungai yang masuk ke dalam waduk berdampak masuknya zat-zat hara yang berasal dari daerah aliran air sungai yang bermuara di waduk. Aliran sungai yang masuk ke Waduk Wadaslintang yaitu bersumber dari Sungai Medono yang merupakan sungai utama, bermata air di Desa Cledok Kecamatan Kaliwiro dan beberapa anak sungai diantaranya Sungai Lancar yang bermata air di Desa Lancar, Sungai Tritis yang bermata air di Desa Trimulyo, serta Sungai Kodil yang bermata air di Desa Kemiriombo. (Raharjo, 2008)

Menurut Brönmark dan Hansson. (1998), aliran air sungai ke waduk akan memperkaya unsur-unsur hara terutama unsur zat hara yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembangbiak yaitu nitrat (NO<sub>3</sub>) dan ortofosfat (PO<sub>4</sub>-P). Fitoplankton sendiri merupakan sumber pakan utama bagi zooplankton. Metcalf & Eddy (1991) menambahkan, masuknya aliran sungai ke waduk membawa banyak bahan organik, sehingga berakibat adanya perubahan kualitas air. Perubahan kualitas air tersebut karena adanya penguraian bahan-bahan organik waduk. Daerah aliran sungai Waduk Wadaslintang meliputi Kecamatan Kaliwiro dan Kecamatan Wadaslintang, dimana sebagian daerah aliran sungai dari Waduk Wadaslintang memiliki tata guna lahan untuk pertanian (sawah dan tegalan), permukiman, perkebunan dan hutan (Widyastuti dkk. 2007)

Aktifitas tataguna lahan di daerah aliran sungai Waduk Wadaslintang yang berupa pertanian, perkebunan dan pemukiman memungkinkan membawa banyak bahan organik yang berasal dari sisa pupuk pertanian dan perkebunan serta dari limbah rumah tangga. Menurut Metcalf & Eddy (1991), bahan-bahan organik tersebut akan diuraikan melalui proses dekomposisi aerob dimana dihasilkan unsur-unsur anorganik, seperti fosfor (P) dan nitrogen (N). Bahan organik yang terurai kemudian menjadi nutrisi bagi organisme autotrof yaitu fitoplankton. .

Sumber zat hara Waduk Wadaslintang lainnya adalah dari adanya keramba jaring apung (KJA) yang sebagian besar dikelola oleh PT Aquafarm dan sebagian lainnya dikelola oleh petani sekitar waduk. Menurut Brotowidjojo, dkk. (1995), budidaya ikan dengan sistem keramba jaring

apung (KJA) di waduk akan memperkaya hara di dalam waduk, karena adanya sisa-sisa pakan ikan yang terbuang. Sisa pakan tersebut kemudian teruraikan dengan bantuan mikroorganisme pengurai dan selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi organisme yang ada di waduk terutama fitoplankton.

Fitoplankton adalah jenis plankton nabati atau tumbuhan. Plankton adalah mikroorganisme perairan yang hidupnya melayang-layang, dimana kemampuan renang terbatas, menyebabkan mikroorganisme tersebut mudah hanyut oleh gerakan atau arus air (Baugis, 1976). Plankton terdiri atas fitoplankton dan zooplankton. Pada ekosistem perairan, zooplankton mengkonsumsi fitoplankton, dan selanjutnya zooplankton akan dikonsumsi oleh ikan, seterusnya hingga tingkatan tertinggi. (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Menurut Odum (1971), zooplankton merupakan organisme penting dalam proses pemanfaatan dan pemindahan energi, karena merupakan penghubung antara produsen dengan hewan-hewan pada tingkat yang lebih tinggi. Zooplankton juga berperan dalam perikanan karena menjadi pakan ikan-ikan kecil, yang selanjutnya menjadi pakan ikan yang lebih besar. Zooplankton adalah suatu grup plankton yang terdiri dari berjenis-jenis mikroorganisme hewani (Hutabarat, 2000)

Kestabilan komunitas plankton dilihat dengan pendekatan struktur komunitas yaitu kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Keanekaragaman plankton menunjukkan keberadaan suatu spesies dalam suatu ekosistem. Keanekaragaman yang tinggi menunjukkan suatu ekosistem yang stabil. (Krebs, 1978). Menurut Davis (1955), kelimpahan zooplankton sangat ditentukan oleh adanya fitoplankton, karena fitoplankton merupakan makanan utama bagi zooplankton. Hal ini juga didukung oleh Arinardi *et al.* (1997), yang menyatakan kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton akan tinggi di perairan yang tinggi kandungan fitoplanktonnya. Odum (1971) menyatakan bahwa, keanekaragaman adalah jumlah spesies dan jumlah individu masing-masing spesies yang ada, sedangkan pemerataan adalah sebaran individu antar jenis spesies yang ada.

Indeks keanekaragaman diartikan sebagai suatu gambaran secara matematik yang melukiskan struktur informasi-informasi mengenai jumlah spesies suatu organisme. Indeks keanekaragaman akan mempermudah dalam menganalisis informasi-informasi mengenai jumlah individu dan jumlah spesies suatu organisme. Suatu cara yang paling sederhana untuk menyatakan indeks keanekaragaman yaitu dengan menentukan persentase komposisi dari spesies di dalam sampel. Semakin banyak spesies yang terdapat dalam suatu sampel, semakin besar keanekaragaman, meskipun harga ini juga sangat tergantung dari jumlah total individu masing-masing spesies (Kaswadi, 1976). Tujuan dalam penelitian adalah. Untuk mengetahui keanekaragaman zooplankton di perairan Waduk Wadaslintang, dan mengetahui pemerataan zooplankton di perairan Waduk Wadaslintang.

## METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah zooplankton dan air sampel Waduk Wadaslintang. Penelitian dilakukan menggunakan metode survai, dengan teknik pengambilan sampel secara *purposive sampling*, pada 7 (tujuh) stasiun diulang sebanyak 5 (lima) kali dengan interval 4 (empat) minggu pada Mei-Agustus 2009. Stasiun pengambilan sampel meliputi 3 (tiga) stasiun di daerah yang mewakili inlet waduk, 2 (dua) stasiun di daerah yang mewakili daerah keramba, 1 (satu) stasiun di daerah tengah waduk dan 1 (satu) di daerah outlet waduk.

Parameter yang diukur meliputi jumlah spesies dan jumlah individu zooplankton serta fisika-kimia air, yaitu suhu air, suhu udara, penetrasi cahaya, TSS, TDS, pH, alkalinitas,  $O_2$  terlarut,  $CO_2$  bebas,  $BOD_5$ ,  $NO_3^-$ , dan  $PO_4^3P$ . Pengambilan sampel zooplankton dilakukan dengan menyaring 100 l menggunakan plankton net no 25. Sampel diawetkan dalam larutan 4% formalin dan diberi lugol sebanyak 2-3 tetes (APHA, 1985). Identifikasi zooplankton menggunakan pustaka Davis (1955), Shiota (1966) dan Thompson (1959). Penghitungan kelimpahan spesies menggunakan modifikasi metode *Lackey Drop Microtransec Counting* (APHA, 1985).

Zooplankton yang didapatkan dianalisis dengan menggunakan indeks keanekaragaman menurut Shannon-Wiener (Magurran, 1988). Nilai indeks Keanekaragaman yang didapatkan dikelompokkan menurut Stirn dalam Pirzan (2008) sebagai berikut :

- $H' < 1$  : keanekaragaman kecil dan kestabilan komunitas rendah
- $1 < H' < 3$  : keanekaragaman sedang dan kestabilan komunitas sedang
- $H' > 3$  : keanekaragaman tinggi dan kestabilan komunitas tinggi

Analisis dilanjutkan untuk menghitung pemerataan jenis setiap stasiun menggunakan indeks pemerataan menurut Magurran (1988). Menurut Magurran (1988) Indeks pemerataan berkisar antara 0-1. Apabila nilai mendekati 1 sebaran individu antar jenis merata. Nilai E mendekati 0 apabila sebaran individu antar jenis tidak merata atau ada jenis tertentu yang dominan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Zooplankton di Waduk Wadaslintang Wonosobo didapatkan sebanyak 25 spesies, meliputi 14 spesies dari klas Crustacea, 8 (delapan) spesies dari klas Rotatoria, dan 3 (tiga) spesies dari klas Ciliata. Kelimpahan zooplankton didapatkan 898 ind/l dengan kisaran antara 491 – 1358 ind/l (Tabel 1).

Tabel 1. Kelimpahan Individu dan Kelimpahan Relatif (KR) Zooplankton per liter, di Perairan Waduk Wadaslintang Wonosobo

NO	KLAS SPESES	STASIUN							jmlh	Rata-rata	KR (%)
		I	II	III	IV	V	VI	VII			
<b>Crustacea</b>											
1	<i>Ceriodaphnia megalops</i>	27	0	0	0	0	0	0	27	3,8	0,59
2	<i>Cyclops agilis</i>	133	27	106	73	133	20	80	572	81,6	<b>8,65</b>
3	<i>Cyclops sternuus</i>	296	405	325	279	299	491	206	2529	361,3	<b>37,63</b>
4	<i>Cyclops fuscus</i>	86	80	113	47	40	93	27	485	69,2	<b>7,37</b>
5	<i>Cyclops viridis</i>	0	0	0	20	0	0	0	20	2,8	0,49
6	<i>Daphnia longisima</i>	60	13	0	0	0	0	0	73	10,4	1,28
7	<i>Daphnia pulex</i>	60	13	73	53	33	20	0	252	36	3,93
8	<i>Daphnia rosea</i>	0	20	33	7	7	0	13	80	11,4	1,38
9	<i>Diatomus wierzejskii</i>	27	7	66	0	13	33	20	166	23,7	2,66
10	<i>Eucyclops agilis</i>	133	0	93	7	66	7	33	339	48,4	<b>5,21</b>
11	<i>E. prionophorus</i>	33	7	73	33	133	20	13	312	44,6	4,82
12	<i>Eucyclops serralata</i>	7	53	0	7	86	20	0	173	24,6	2,75
13	<i>HoLycyclops sp</i>	0	0	0	0	33	0	0	33	4,7	0,69
14	<i>Throcodiscus sp</i>	0	13	20	7	0	13	7	60	8,5	1,28
<b>∑ Individu</b>		<b>1089</b>	<b>637</b>	<b>903</b>	<b>531</b>	<b>843</b>	<b>717</b>	<b>398</b>	<b>5120</b>	<b>731</b>	<b>78,53</b>
<b>Rotatoria</b>											
15	<i>Brachionus calcyflorus</i>	13	0	0	13	13	7	0	47	6,6	0,89
16	<i>Brachionus falcate</i>	139	0	126	106	66	133	53	624	89,1	<b>9,44</b>
17	<i>B. havanoensis</i>	7	0	13	0	0	0	0	20	2,8	0,49
18	<i>Brachionus pala</i>	0	0	0	33	0	0	0	33	4,7	0,69
19	<i>Karatella cochlearis</i>	60	27	27	53	33	20	7	226	32,2	3,54
20	<i>Karatella valga</i>	0	13	27	27	7	7	13	93	13,3	1,58
21	<i>Monostyla Lunaris</i>	20	13	0	27	0	13	7	80	11,4	1,38
22	<i>Monostyla bulla</i>	13	0	0	27	13	0	0	53	7,6	0,99
<b>∑ Individu</b>		<b>252</b>	<b>53</b>	<b>193</b>	<b>286</b>	<b>133</b>	<b>179</b>	<b>80</b>	<b>1175</b>	<b>167,7</b>	<b>19</b>
<b>Ciliata</b>											
23	<i>Flagellaria capuccina</i>	0	13	7	0	0	0	0	20	2,8	0,49
24	<i>Goniodosa sphaericum</i>	0	0	0	0	7	33	0	40	5,7	0,79
25	<i>Glenodinium quadridens</i>	0	7	0	0	0	0	0	7	0,9	0,3
<b>∑ Individu</b>		<b>0</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>67</b>	<b>9,4</b>	<b>1,58</b>
<b>∑ Spesies</b>		<b>16</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>25</b>		
<b>∑ Individu total</b>		<b>1358</b>	<b>706</b>	<b>1111</b>	<b>834</b>	<b>993</b>	<b>913</b>	<b>491</b>	<b>6293</b>	<b>898,7</b>	<b>100</b>

Crustacea didapatkan jumlah spesies maupun kelimpahan individu yang paling tinggi (14 spesies dengan kelimpahan 731 ind/l). Crustacea didapatkan di perairan Waduk Wadaslintang, hal ini karena Crustacea merupakan organisme zooplankton planktonik sejati di perairan tawar, Wetzel (1983) menyatakan, Crustacea merupakan organisme planktonik sejati di air tawar. Jumlah spesies dan kelimpahan yang tinggi dari Crustacea menunjukkan bahwa Crustacea memiliki toleransi yang lebih luas dan lebih mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan waduk. Hal ini sesuai dengan Sachlan (1982) yang menyatakan, Crustacea merupakan zooplankton sejati yang terdapat di perairan tawar dan paling tahan terhadap perubahan lingkungan. Crustacea juga memiliki kemampuan menambah keturunan secara cepat, seperti yang dinyatakan Odum (1971)

bahwa, Crustacea dapat bersaing dalam hal kecepatan menambah jumlah keturunannya dibandingkan jenis zooplankton yang lain, yaitu dengan cara parthenogenesis atau reproduksi seksual.

Rotatoria yang ditemukan di Waduk Wadaslintang sebanyak 8 spesies, Rotatoria didapatkan karena Rotatoria merupakan organisme zooplankton sejati di perairan tawar dan payau serta adanya bahan organik yang cukup di perairan Waduk Wadaslintang. Menurut Sachlan (1982), Rotatoria merupakan zooplankton sejati dalam perairan tawar dan air payau dan biasa hidup di perairan yang banyak mengandung nanoplankton atau detritus, serta dapat berkembangbiak jika perairan mengandung bahan organik. Bahan organik yang didapatkan di Waduk Wadaslintang yang digambarkan dengan nilai BOD<sub>5</sub> berkisar antara 2,0 – 3,2 ppm (Tabel 3). Rotatoria yang didapatkan lebih sedikit dari Crustacea dikarenakan Rotatoria kalah dalam hal persaingan mendapatkan makanan. Moss (1993) menyatakan, frekuensi makan dari Rotatoria lebih rendah dibanding Crustacea selain itu Rotatoria juga kurang bergerak aktif di perairan dan ukurannya kalah besar dibanding Crustacea.

Spesies yang paling melimpah di perairan Waduk Wadaslintang adalah *Cyclops sternuus* (37,63 %), *Brachionus falcatae* (8,65 %), *Cyclops agilis* (8,65%), *Cyclops fuscus* (7,37), dan *Eucyclops agilis* (5,21 %). Kelimpahan *Cyclops* yang tinggi dikarenakan *Cyclops* mempunyai kemampuan memperbanyak keturunan dengan cepat. Odum (1971) menyatakan, *Cyclops* betina dapat menimbulkan cukup banyak spermatozoa pada satu kopulasi sehingga spermatozoa dapat membuahi banyak sekali telur. Selain itu sifatnya secara umum memakan partikel makanan yang lebih kecil (umumnya tipe Calanoid Copepoda seperti *Diaptomus*), sifat tersebut menjadikan *Cyclops* mendominasi dalam hal persaingan mendapatkan makanan dengan organisme zooplankton yang lain. Baugis, (1976) menyatakan, genus *Cyclops* kebanyakan mendominasi suatu perairan karena kebiasaannya memakan organisme lain yang berukuran lebih kecil. Secara keseluruhan spesies *Cyclops* yang didapatkan adalah 4 spesies yaitu *Cyclops sternuus* (37,63 %), *C. agilis* (8,65%), *C. fuscus* (7,37 %), *C. viridis* (0,49 %) dengan total kelimpahan relatif sebesar 53,84 %

*Brachionus falcatae* merupakan spesies tertinggi ke dua setelah *Cyclops sternuus*, dengan kelimpahan individu 624 ind/l. Sachlan (1982) menyatakan, *Brachionus* sangat menyukai perairan yang mengandung banyak bahan organik. Bahan organik yang terdapat di Waduk Wadaslintang berasal dari masukan sungai dan dari sisa pakan ikan keramba jaring apung. Bahan organik yang ditunjukkan oleh nilai BOD<sub>5</sub> di perairan waduk didapatkan antara 2,0 – 3,2 ppm, kisaran nilai tersebut merupakan nilai BOD yang cukup baik bagi kelangsungan hidup *Branchionus*. Menurut Payne (1986), *Brachionus* adalah organisme zooplankton yang hidup baik di perairan yang mengandung banyak bahan organik, kisaran nilai BOD yang baik untuk kelangsungan *Branchionus* maksimal 3,5 ppm. Secara keseluruhan *Brachionus* yang didapatkan, 11,51 %, yang terdiri dari 4 spesies yaitu *Brachionus falcatae* (9,44 %), *B. canalyforus* (0,89 %), *B. havanoensis* (0,49 %), dan *B. pala* (0,69 %).

Spesies yang ditemukan tinggi selain *Cyclops* dan *Brachionus* adalah *Eucyclops*, yaitu *Eucyclops agilis* yang mempunyai kelimpahan 48,4 ind/l. *Eucyclops* merupakan zooplankton yang dapat dengan cepat menghasilkan keturunan. Odum (1971) menyatakan bahwa, sama seperti *Cyclops*, *Eucyclops* dapat menghasilkan keturunan banyak dengan cepat, karena dalam berkembang biak telur dari *Eucyclops* mengandung enzim yang menjadikannya saling mengumpul sehingga spesies jantan dapat membuahi banyak telur dalam sekali mengeluarkan sperma. Menurut Sachlan (1982), dalam perairan *Eucyclops* sering dimakan oleh *Cyclops* terutama yang masih berbentuk calanoid (anakan). Hal ini berpengaruh pada kelimpahan spesies tersebut di perairan. Spesies *Eucyclops* yang didapatkan adalah 3 spesies yaitu *Eucyclops agilis* (5,21 %), *E. prionophorus* (4,82 %) dan *E. Serralata* (2,75 %).

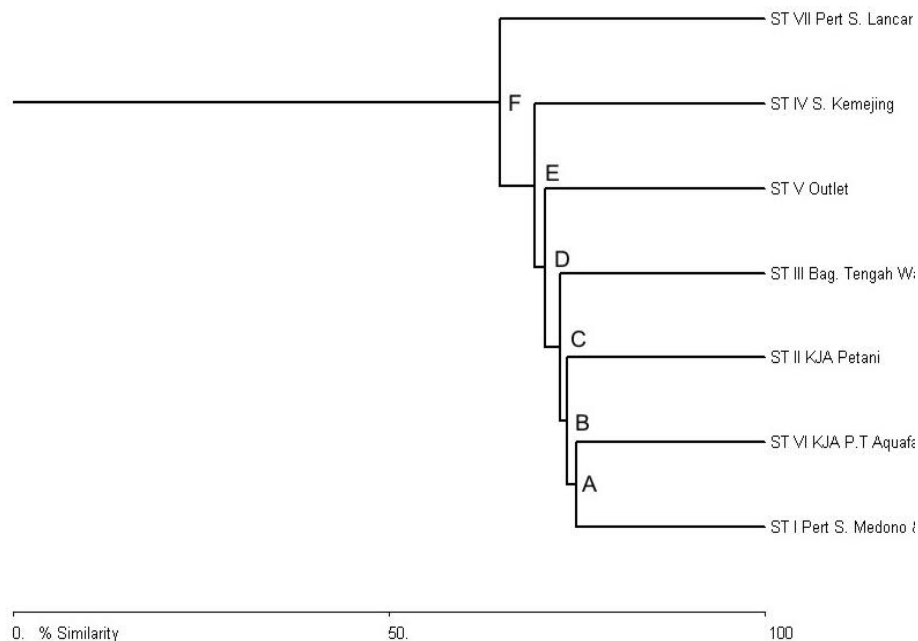
Secara umum kelimpahan zooplankton antar stasiun yang ditemukan tidak berbeda jauh, baik dari jumlah jenis maupun jumlah spesies. Hal tersebut didukung dengan keanekaragaman dan kemerataannya. Nilai indeks keanekaragaman kisarnya hampir sama yaitu antara 1,762 sampai 2,346, sedangkan nilai indeks kemerataannya antara 0,751 sampai 1. (Tabel 2).

Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman yang didapatkan, keanekaragaman zooplankton di perairan Waduk Wadaslintang tergolong cukup stabil, Hal ini sesuai dengan pendapat Stirn (2008). bahwa nilai indeks keanekaragaman antara 1 – 3 menunjukkan keanekaragaman zooplankton di perairan dalam kondisi cukup stabil.

Tabel 2. Index Keanekaragaman ( $H'$ ) dan Index kemerataan (E) Zooplankton di Perairan Waduk Wadaslintang Wonosobo

	Stasiun						
	1	2	3	4	5	6	7
Index keanekaragaman ( $H'$ )	2,217	1,762	2,346	2,275	2,308	1,867	1,980
Index Kemerataan (E)	0,945	0,751	1,000	0,970	0,984	0,796	0,844

Kaswadji (1976) menyatakan bahwa, indeks keanekaragaman tidak hanya ditentukan oleh jumlah jenis dan jumlah individu saja tetapi juga dipengaruhi oleh pola penyebaran dan kemerataan individu pada masing-masing jenis. Nilai indeks keanekaragaman berbanding lurus dengan nilai indeks kemerataan yaitu semakin tinggi keanekaragaman makin tinggi pula kemerataan. Penghitungan indeks kemerataan (*Equitability Index*) menggunakan nilai koefisien 0 sampai 1. Menurut Krebs (1978) apabila nilai indeks kemerataan mendekati 0 maka semakin kecil kemerataan suatu populasi dan penyebaran individu setiap spesies tidak sama, serta ada kecenderungan spesies tertentu mendominasi, sebaliknya apabila nilai indeks kemerataan semakin mendekati 1, maka populasi plankton menunjukkan kemerataan dan jumlah individunya yang merata. Indeks kemerataan yang didapatkan pada tujuh stasiun pengambilan sampel zooplankton, 0,751-1. Hal ini menunjukkan bahwa nilai indeks kemerataan tinggi (rata-rata mendekati nilai 1), yang berarti penyebaran jumlah individu sama dan tidak ada kecenderungan terjadi dominansi oleh spesies tertentu. Nilai indeks keanekaragaman dan kemerataan zooplankton yang tidak berbeda jauh antar stasiun dapat diuji dengan indeks kesamaan menggunakan analisis cluster. Analisis Cluster dilakukan untuk mengetahui kesamaan jenis dan kelimpahan zooplankton pada tiap – tiap stasiun pengamatan (Gambar 1).



Gambar 1. Indeks Kesamaan Zooplankton Antar Stasiun, Menggunakan Analisis Cluster Bray-Curtis. Keterangan, A: Nilai kesamaan (74,58 %), B : Nilai kesamaan (73,69 %), C : Nilai kesamaan (72,77 %), D : Nilai kesamaan (71,20 %), E : Nilai kesamaan (68,91 %), F : Nilai kesamaan (65,88 %)

Berdasarkan Gambar 1. didapatkan adanya kesamaan yang ditunjukkan dengan indeks kesamaan yang tinggi yaitu berkisar antara 65,88 % sampai 74,58 %. Hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan zooplankton yang didapatkan di perairan Waduk Wadaslintang relatif tidak berbeda jauh antar stasiun pengambilan sampel.

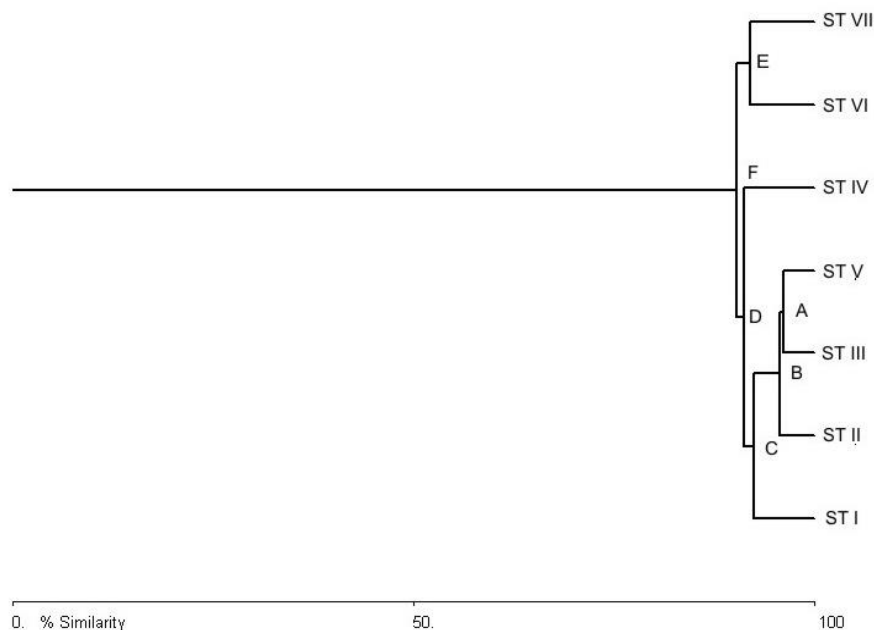
Selanjutnya nilai-nilai indeks keanekaragaman dan indeks kemerataan yang hampir sama sangat erat kaitannya dengan faktor fisik-kimiawi perairan. Menurut Odum (1971), keanekaragaman dan pola penyebaran suatu organisme akuatik dipengaruhi oleh fisik-kimiawi dan keistimewaan organisme tersebut.

Kondisi fisik-kimiawi air antar stasiun yang secara umum masih berada dalam kisaran yang hampir sama. Sifat fisik-kimiawi air berpengaruh langsung maupun tidak langsung bagi kehidupan zooplankton, sehingga perubahan kondisi fisik-kimiawi suatu perairan dapat berpengaruh terhadap populasi zooplankton yang hidup di ekosistem perairan (Setyobudiandi, 1997). Wetzel (1983) menyatakan bahwa, keberadaan zooplankton pada suatu perairan sangat ditentukan oleh sumber makanan serta kondisi fisik-kimiawi perairannya. Faktor fisik-kimiawi Waduk Wadaslintang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Faktor Fisik-Kimiawi di Perairan Waduk Wadaslintang Wonosobo

No	Paramete	Satuan	Stasiun penganmbilan sample							Rata-rata
			I	II	III	IV	V	V	VII	
1	Suhu udara	<sup>0</sup> C	28	27	27	28	28	28	29	28 ±0,43
2	Suhu air	<sup>0</sup> C	28	28	27	28	28	29	29	28 ±0,42
3	Penetrasi cahaya	m	1,55	2,03	1,94	2,06	1,96	1,48	2,11	1,88 ±0,23
4	pH	-	7	7	7	7	7	6	6	7 ±0,18
5	Kedalaman	m	17,6	46,8	77,8	32,2	25,81	8,94	13,14	37,4 ±23,21
6	TDS	mg/l	165,3	155,5	147,8	128,4	146,0	132,8	125,3	143 ±13,72
7	TSS	mg/l	58,2	49,8	45,4	36,4	40,4	49,2	33,8	44,7 ±7,88
8	O <sub>2</sub> terlarut	mg/l	5,7	6,4	5,9	5,4	5,5	5,8	5,5	5,7 ±0,3
9	CO <sub>2</sub> bebas	mg/l	0,68	1,33	0,85	1,38	1,18	0,62	0,78	0,97 ±0,32
10	Alkalinitas	mg/l	19,4	15	14,2	20,7	19,2	18,8	19,7	18,1 ±2,3
11	BOD <sub>5</sub>	mg/l	2,8	2,0	2,8	3,2	2,8	3,2	2,2	2,7 ±0,43
12	COD	mg/l	48	51,5	32,8	33,4	46,4	33,6	16,8	37,5 ±11,1
13	Orthofosfat (PO <sub>4</sub> -P)	mg/l	0,0037	0,0028	0,0037	0,0037	0,0034	0,0042	0,0035	0,0036 ±0,0004
14	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	0,16	0,18	0,16	0,15	0,17	0,19	0,16	0,17 ±0,16

Faktor fisik-kimiawi di Waduk Wadaslintang, dengan nilai rata – rata antar stasiun perbedaanya sedikit atau mempunyai tingkat kesamaan cukup tinggi. Kesamaan tersebut tergambarakan dari analisis cluster faktor fisik-kimiawi waduk Wadaslintang (Gambar 2):



Gambar 2. Indeks Kesamaan Faktor Fisik-Kimiawi Antar Stasiun Pengambilan Sampel

Keterangan: A : Nilai kesamaan (96,15 %), B : Nilai kesamaan (95,84 %), C : Nilai kesamaan (92,30 %), D : Nilai kesamaan (91,53 %), E : Nilai kesamaan (91,30 %), F : Nilai kesamaan (90,15 %)

Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui bahwa, dari hasil analisis cluster mengenai kesamaan faktor fisik-kimiawi antar stasiun didapatkan adanya kesamaan yang ditunjukkan dengan indeks kesamaan yang tinggi yaitu berkisar antara 90,15 % sampai 96,15 %. Hal tersebut menguatkan nilai indeks keanekaragaman zooplankton Waduk Wadaslintang yang didapatkan mempunyai kisaran yang sama yaitu antara 1-3 dan termasuk kategori cukup stabil.

### KESIMPULAN

1. Zooplankton yang ditemukan di perairan Waduk Wadaslintang sebanyak 25 spesies. Terdiri dari klas Crustacea 14 spesies, Rotatoria 8 spesies, dan Ciliata 3 spesies. Nilai indeks keanekaragaman di perairan Waduk Wadaslintang berkisar 1,762 sampai 2,346, artinya bahwa keanekaragaman zooplankton di perairan Waduk Wadaslintang tergolong cukup stabil.
2. Indeks pemerataan didapatkan di perairan Waduk Wadaslintang 0,751 sampai 1, yang menunjukkan bahwa pemerataan spesies antar stasiun tinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA). 1985. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. AWWA WPCF, New York.
- Arinardi, O.H., A.B. Soetomo., S.A Yusuf., Trimaningsih., E. Asnaryanti., dan S.H.Riyono.1997. Kisaran kelimpahan dan komposisi plankton predomonan di perairan kawasan Indonesia timur, Jurnal kelautan.Jakarta 1997 : 4-11
- Baugis, P. 1976. Marine Plankton Ecology. Elsevier Scientific Pulishing Company, Oxford. New York.
- Boyd, C.E., dan F. Lichtkoppler. 1982. Water Quality Management In Pond Fish Culture. Auburn University. Alabama
- Brönmark, C., dan L.A Hansson. 1998. The Biology Of Lakes And Ponds. Oxford University Press, New York.
- Brotowidjojo, D. M., D. Tribawono., dan,E. Mulbyantoro. 1995. Pengantar Lingkungan Perairan dan Budidaya Air. Liberty, Yogyakarta.
- Davis, C. C. 1955. The Marine and Fresh Water Plankton. Michigan State University Press, USA.
- Hutabarat, S. 2000. Produktivitas Perairan dan Plankton. Badan Penerbit Universitas Diponegoro:Semarang.
- Isnansetyo, A., dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton: Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. Kanisius, Yogyakarta.
- Kaswadji, R.F. 1976. Studi Pendahuluan tentang Penyebaran dan Kelimpahan Fitoplankton di Delta Upang Sumatera Selatan. Fakultas Perikanan IPB, Bogor.
- Krebs, J, C. 1978. Ecology the Experimental Analysis of Distribution and Abundance 2nd edition. Harper & Row Publisher, Inc. Ney York
- Magurran, A. E. 1988. Ekological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press.. New Jersey
- Metcalfe C. & T. Eddy. 1991. Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse. 3rd ed. (Revised by: G. Tchobanoglous and F.L. Burton). McGraw-Hill,Inc. New York, Singapore.
- Moss, B. 1993. Ecology of Freshwaters. Second edition. Blackwell Scientific Publications. London.
- Odum, E. P. 1971. Fundamental of Ecology. W. B. Saunders Company. Philadelphia, London.
- Payne, A.I. 1986. The Ecology of Tropical Lakes and Rivers. John Wiley & Sons, New York
- Pirzan, A, M dan R.P. Petrus. 2008. Hubungan Keragaman Fitoplankton Dengan Kualitas Air Di Pulau Bauluang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Jurnal kelautan. Jurusan Biologi FMIPA UNS, Surakarta
- Raharjo, P. 2008. Distribusi Zooplankton di Perairan Waduk Wadaslintang Wonosobo. Skripsi.Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Sachlan, M. 1982. Planktonologi. Correspondence Course Centre. Direktorat Jenderal Perikanan, Jakarta.
- Setyobudiandi, I. 1997. Makrozoobentos. Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Wetzel, R.G. 1983. Limnology. Saunders College Publishing Winston, New York.
- Widyastuti, E.,A.S. Piranti dan D.R.U.S. Rahayu. 2007. Model Perancangan Pemanfaatan Waduk Wadaslintang Bagi Budidaya Perikanan Berbasis Daya Dukung Lingkungan. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto



# Kelimpahan Chrysophyta Ditinjau dari Aspek Nitrat, Ortofosfat dan Silika di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman Kabupaten Banjarnegara

**Bagas Prakoso, Endang Widyastuti, Carmudi**

*Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman  
Email : bgsprks@gmail.com*

Chrysophyta merupakan salah satu pakan alami bagi ikan yang mudah dicerna karena strukturnya poreus, dan terdiri dari tutup dan wadah yang mudah membuka sehingga enzim - enzim dapat melarutkan isi sel. Keberadaan unsur hara di perairan akan mempengaruhi kelimpahan Chrysophyta. Kajian kelimpahan Chrysophyta ditinjau dari unsur hara seperti nitrat, ortofosfat dan silika oleh karenanya penting untuk diteliti di Waduk Panglima Besar Soedirman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kelimpahan Chrysophyta, ketersediaan nitrat, ortofosfat dan silika, serta hubungan antara nitrat, ortofosfat dan silika dengan kelimpahan Chrysophyta di perairan Waduk Panglima Besar Soedirman. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah dengan metode survai. Teknik pengambilan sampel dilakukan berdasarkan *purposive sampling* pada sembilan stasiun. Pengambilan sampel sebanyak dua kali dengan interval waktu tiga minggu pada Agustus 2010.. Hasil dianalisis dengan analisis regresi. korelasi. Didapatkan kelimpahan Chrysophyta 13.176 ind/l dari 24 spesies., nitrat berkisar 1,495 - 2,770 mg/l, ortofosfat berkisar 0,011 - 0,042 mg/l dan silika berkisar 101,225 - 164,765 mg/l. Hubungan antara ketersediaan nitrat, ortofosfat dan silika serta kelimpahan Chrysophyta didapatkan hubungan yang kuat ditunjukkan dengan koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,710 dengan kehandalan hubungan ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 50,43%.. Hubungan ketiganya ditunjukkan dengan persamaan regresi  $Y = 3.363,18 - 1.847,42 \text{ nitrat} + 76.502,19 \text{ ortofosfat} + 26,48 \text{ silika}$ . Hal ini menunjukkan bahwa nitrat, ortofosfat dan silika berpengaruh terhadap kelimpahan Chrysophyta di perairan Waduk Panglima Besar Soedirman.

Kata kunci : Chrysophyta, Nitrat, Ortofosfat, Silika, Waduk Panglima Besar Soedirman

## PENDAHULUAN

Chrysophyta merupakan salah satu divisi fitoplankton yang memiliki pigmen yang terdiri atas karoten dan xantofil yang berwarna kuning, berflagel tidak sama panjang dan tidak selalu sama bentuknya, berpori, hidup di air tawar, air payau dan ada yang hidup di air laut. Bentuk tubuh Chrysophyta bervariasi ada yang bersel satu dan ada yang bersel banyak. Chrysophyta digolongkan ke dalam tiga kelas, yaitu: Xantophyceae, Chrysophyceae dan Bacillariophyceae (Diatomaceae) (Sachlan, 1982). Chrysophyta mempunyai dinding sel yang mengandung silika (Dodds, 2002), tubuhnya terdiri atas tutup dan wadah yang mudah membuka serta merupakan salah satu pakan alami bagi ikan karena mudah dicerna, sehingga banyak disukai ikan (Davis, 1955). Chrysophyta juga berperan sebagai produsen primer sehingga mempunyai fungsi ekologis penting dalam mendukung ekosistem (Dodds, 2002).

Salah satu cara untuk mengetahui kesuburan perairan adalah dengan mengukur kelimpahan fitoplankton (Wardoyo, 1982). Kelimpahan adalah jumlah individu tiap jenis per satuan volume (Odum, 1971). Jumlah fitoplankton sangat tergantung pada faktor-faktor lingkungan antara lain karbondioksida bebas, oksigen terlarut, cahaya, temperatur, pH, dan nutrisi juga diperlukan untuk pertumbuhannya (Boyd, 1988 dan Purwandari, 2005). Nutrien merupakan unsur atau senyawa kimia yang digunakan untuk metabolisme atau fisiologi organisme. Nutrien dan gas yang dapat terlarut dalam air meliputi C, N, P, Si, S, K, Mg, Na, Ca, Fe, Mn, Zn, B, Mo, V (Hutchinson, 1967).

Nutrien yang paling penting untuk fitoplankton adalah P dan N (Nyakbakken, 1992) sedangkan Forsstrom (2006) menambahkan bahwa nutrisi yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan Chrysophyta yaitu nitrogen, fosfor dan silika. Nitrogen merupakan salah satu unsur penting dalam pembentukan protein di dalam organisme. Senyawa-senyawa nitrogen, baik di tanah maupun di air jumlahnya selalu terbatas, sedangkan tumbuhan (termasuk fitoplankton) membutuhkan senyawa tersebut dalam jumlah yang cukup besar. Senyawa Nitrogen (N) yang dimanfaatkan oleh fitoplankton adalah senyawa N dalam bentuk  $\text{NO}_3\text{-N}$  atau nitrat (Basmi, 1988). Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae (Effendi, 2003).

Fosfor dalam air tawar pada umumnya dalam bentuk fosfat, yaitu ortofosfat, fosfat terkondensasi, seperti : pirofosfat ( $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ ), metafosfat ( $\text{P}_3\text{O}_9^{3-}$ ), dan polifosfat ( $\text{P}_4\text{O}_{13}^{6-}$  dan  $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ ) serta fosfat yang terikat secara organik (adenosin monofosfat). Senyawa ini berada sebagai larutan, partikel atau detritus atau berada di dalam tubuh organisme akuatik (Alaerts dan Santika, 1987).

Fosfor dalam bentuk ortofosfat dipergunakan sebagai petunjuk kesuburan perairan, karena bentuk ini mudah diserap oleh organisme (Wardoyo, 1978 *dalam* Saraswati, 2010). Ortofosfat merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat yang paling sederhana dan dapat dimanfaatkan secara langsung oleh fitoplankton, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat terlebih dahulu sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfat. Tinggi rendahnya kandungan ortofosfat di perairan akan berpengaruh terhadap keragaman dan kepadatan fitoplankton (Zebek, 2007). Ortofosfat digunakan oleh fitoplankton untuk pertumbuhannya dan akan diserap dengan cepat pada konsentrasi yang kurang dari 1 mg/l (Reynold, 1993).

Silika atau silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) adalah salah satu senyawa kimia yang paling umum. Kristal  $\text{SiO}_2$  murni ditemukan di alam, dalam tiga bentuk polimorfis, yang paling umum diantaranya adalah kuarsa (Simanullang, 2009). Silika merupakan nutrien yang dibutuhkan oleh Chrysophyta, terutama Diatomae (Bacillariophyceae) membutuhkan silika untuk membentuk frustule atau dinding sel. Keberadaan silika pada perairan tidak menimbulkan masalah karena tidak bersifat toksik bagi makhluk hidup. Akan tetapi, pada perairan yang diperuntukkan bagi keperluan industri, keberadaan silika dapat menimbulkan masalah pada pipa karena dapat membentuk deposit silika (Effendi, 2003).

Ketiga nutrien tersebut (nitrat, ortofosfat dan silika) yang ada di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu, dapat terbawa melalui Sungai Serayu dan masuk ke perairan Waduk Panglima Besar (PB Soedirman). Sungai Serayu merupakan sumber utama perairan Waduk PB. Soedirman ( $7^\circ 7' \text{ LS} - 7^\circ 30' 12'' \text{ LS}$  dan  $106^\circ 47' 28'' \text{ BT} - 110^\circ 3' \text{ BT}$ ), yang terletak di dua kecamatan, yaitu Kecamatan Bawang dan Wanadadi, Kabupaten Banjarnegara. Terletak pada ketinggian 239 m dpl. Waduk PB. Soedirman mempunyai luas genangan sebesar 8.415.875 m<sup>2</sup> dengan kapasitas sebesar 141.247.087 m<sup>3</sup>. berfungsi sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), irigasi, perikanan dan pariwisata. Waduk PB. Soedirman mempunyai DAS seluas 5.300,26 ha, kondisi DAS Serayu yang masuk Waduk PB. Soedirman mempunyai jumlah luasan aktivitas pertanian yaitu sebesar 73,85% yang terdiri dari persawahan 19,93%, tegalan 53,42%, dan perkebunan 2,45% (Widyastuti, 2005). Berbagai aktivitas manusia yang berlangsung di DAS Serayu dan di Waduk PB. Soedirman dapat memberikan kontribusi unsur hara ke perairan waduk, yang pada akhirnya baik secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap keberadaan fitoplankton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelimpahan Chrysophyta ditinjau dari aspek nitrat, ortofosfat dan silika di perairan Waduk PB. Soedirman Kabupaten Banjarnegara.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Waduk Panglima Besar Soedirman, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah, menggunakan metode survai. Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* pada 9 stasiun. Stasiun tersebut mewakili daerah inlet (3 stasiun), daerah interstisial (1 stasiun), daerah tengah (1 stasiun) dan daerah outlet (3 stasiun). Pengambilan sampel diulang sebanyak 2 kali dengan interval waktu 3 minggu.

Hubungan antara nitrat, ortofosfat dan silika dengan kelimpahan Chrysophyta dilakukan dengan analisis korelasi. Analisis dilanjutkan dengan regresi berganda (Sugiyono, 2004) :

$$Y = a + b.X_1 + b.X_2 + b.X_3$$

Keterangan :

Y = subyek variabel dependen : kelimpahan Chrysophyta.

X = subyek variabel independen : yaitu ketersediaan nitrat ( $X_1$ ), ortofosfat ( $X_2$ ) dan silika ( $X_3$ ).

A = harga Y bila X = 0

B = angka arah atau koefisien regresi yang menunjukkan angka peningkatan atau penurunan variabel dependen yang didasarkan pada variabel independen.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Chrysophyta yang didapatkan selama penelitian di perairan Waduk P. B. Soedirman terdiri dari 24 spesies (Tabel 1). Hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan penelitian Saraswati (2010) yaitu 19 spesies. Kelimpahan Chrysophyta berkisar antara 10.132 – 15.761 ind/l, dengan nilai rata-rata sebesar 13.176 ind/l. Hasil ini lebih banyak dari yang ditemukan Saraswati, (2010) di Waduk P. B. Soedirman yaitu rata-rata 6.931 ind/l. Menurut Lander (1978) *dalam* Dhahiyat (2003) tingkat kesuburan perairan dapat ditentukan dari kelimpahan fitoplankton dan perairan dengan kelimpahan fitoplankton 2000-15000 ind/l termasuk perairan mesotropik. Berdasarkan hal tersebut maka dapat dikatakan perairan Waduk P. B. Soedirman termasuk perairan mesotropik.

Divisi Chrysophyta yang didapatkan terdiri dari tiga kelas yaitu Xanthophyceae, Chrysophyceae dan Bacillariophyceae (Diatomaceae) masing-masing dengan 1 (satu) spesies, 2 (dua) spesies dan 21 spesies. Chrysophyta yang paling melimpah yang didapatkan di perairan Waduk P. B. Soedirman, Banjarnegara adalah *Nitzschia curvula* 8,13 %, *Nitzschia vermicularis* 7,12 %, *Asterionella formosa* 6,12 %, *Synedra acus* 6,02 %, *Synedra ulna* 6,02 % dan *Pinnularia tabellaria* 5,13 %.

Tabel 1. Kelimpahan Chrysophyta di perairan Waduk Panglima Besar Soedirman

NO	Spesies	S t a s i u n									Rata-rata	KR %
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
<b>Xanthophyceae</b>												
1	<i>Pleurogaster lunaris</i>	375	0	1126	0	751	751	375	0	751	458	3,12
<b>Chrysophyceae</b>												
2	<i>Cyclonexis annularis</i>	375	375	751	375	375	751	375	751	375	500	4,02
3	<i>Epichrysis</i>	375	0	375	0	375	0	1126	751	751	417	3,12
<b>Bacillariophyceae</b>												
4	<i>Achnanthes brevipes</i>	751	375	1126	0	1876	375	375	0	375	583	4,13
5	<i>Amphiprora ovalis</i>	0	751	0	751	0	375	0	1501	375	417	3,12
6	<i>Asterionella Formosa</i>	375	751	1126	1501	1126	1126	0	0	1126	792	6,12
7	<i>Cocconeis placentula</i>	375	0	751	0	0	751	1501	375	751	500	4,02
8	<i>Cymatopleura solea</i>	0	1126	375	375	0	1502	1126	751	0	583	4,12
9	<i>Denticula tenuis</i>	1126	751	375	375	375	0	0	0	375	375	3,01
10	<i>Diatoma vulgare</i>	751	0	0	375	0	1501	1126	0	0	417	3,12
11	<i>Eunotia ehrenbergii</i>	375	0	1126	751	751	0	375	1126	751	583	4,12
12	<i>Ghomphonema lanceolatum</i>	1126	0	0	375	375	1126	375	0	1876	583	4,12
13	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	751	0	1126	1126	0	375	751	375	0	500	4,02
14	<i>Navicula insuta</i>	1126	1501	0	375	375	0	375	0	750	500	4,02
15	<i>Nitzschia crosterium</i>	0	1126	375	0	0	375	0	375	0	250	2,02
16	<i>Nitzschia curvula</i>	375	751	0	1501	2251	751	1877	751	1126	1042	8,13
17	<i>Nitzschia vermicularis</i>	1876	1126	375	0	2627	375	375	375	1126	917	7,12
18	<i>Pinnularia legumen</i>	0	1126	375	0	375	0	375	375	375	333	2,12
19	<i>Pinnularia tabellaria</i>	1501	1876	375	751	0	0	751	375	375	667	5,13
20	<i>Rhopalodia gibba</i>	0	375	0	0	751	751	375	1126	751	458	3,12
21	<i>Surirella ovalis</i>	751	1126	375	375	1126	0	0	0	0	417	3,12
22	<i>Stauroneis acutum</i>	375	751	751	751	375	0	375	0	0	375	3,02
23	<i>Synedra acus</i>	2627	375	751	0	375	1126	0	1126	375	750	6,02
24	<i>Synedra ulna</i>	375	751	1126	375	1126	1501	375	751	375	750	6,02
<i>Jumlah individu</i>		15761	15013	12760	10132	15385	13512	12383	10884	12759		100
<i>Rata-rata</i>												13176
<i>Jumlah spesies</i>		19	17	17	15	17	16	18	15	18		

Spesies *Nitzschia* yang ditemukan di perairan Waduk P. B. Soedirman, Banjarnegara adalah *Nitzschia curvula* (8,13 %), *Nitzschia crosterium* (2,02 %) dan *Nitzschia vermicularis* (7,12 %) sehingga jumlah *Nitzschia* keseluruhan yang didapatkan yaitu 17,27 %. Hasil tersebut lebih banyak daripada yang ditemukan oleh Saraswati (2010) di Waduk P. B. Soedirman yaitu 7,96 %. *Nitzschia* merupakan genus Chrysophyta yang paling melimpah. Hal ini dikarenakan *Nitzschia* merupakan Diatomae yang dapat memanfaatkan hara dengan cepat. Hal ini sesuai dengan pendapat Kumar dan Singh (1982) dalam Widyastuti (2004), yaitu bahwa *Nitzschia* merupakan Diatomae yang dapat memanfaatkan zat hara dengan cepat. Melimpahnya *Nitzschia* juga dikarenakan suhu yang optimum. Gupta and Agrawal (2007), menyatakan bahwa *Nitzschia* bersifat toleran pada lingkungan suhu yang ekstrim. Salah satu spesies yang mampu hidup pada temperatur -4 dan -6 derajat Celcius adalah *Nitzschia frigida* (Wikipedia, 2012). Tingginya kelimpahan *Nitzschia* juga disebabkan oleh sifatnya yang kosmopolit, demikian pula pada *Synedra*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sachlan (1982) bahwa genera-genera fitoplankton dari Diatomae, yaitu *Synedra* dan *Nitzschia* mempunyai sifat yang kosmopolit, berdinging, berbentuk seperti jarum dan yang membuat melimpah yaitu karena dapat berkembang biak dengan membelah diri.

Banyaknya unsur hara di perairan mengakibatkan tumbuh subur tumbuhan khususnya fitoplankton. Hasil pengukuran di perairan Waduk P. B. Soedirman diperoleh nitrat 1,49 – 2,77

mg/l dengan rata-rata 1,8933 mg/l, ortofosfat 0,011 – 0,042 mg/l dengan rata-rata 0,0265 mg/l sedangkan silika diperoleh 101,22 – 164,76 mg/l dengan rata-rata 147,5139 mg/l.

Hasil pengukuran nitrat di perairan Waduk P. B. Soedirman oleh Widiyanto (2007) diperoleh hasil yang lebih rendah yaitu sebesar 0,48 – 0,945 mg/l dengan rata-rata 0,672 mg/l dan Wartilah (2007) memperoleh hasil pengukuran ortofosfat yang lebih rendah yaitu sebesar 0,0148 – 0,025 mg/l dengan rata-rata 0,022 mg/l.

Hasil analisis korelasi antara konsentrasi nitrat, ortofosfat dan silika terhadap kelimpahan Chrysophyta ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,710. Sugiyono (2004) menyatakan bahwa nilai  $r$  0,60-0,799 mempunyai tingkat hubungan yang kuat. Besarnya kehandalan hubungan yang dinyatakan dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) didapatkan sebesar 50,43 %. Artinya 50,43% kelimpahan Chrysophyta dipengaruhi oleh nitrat, ortofosfat dan silika sedangkan sisanya 49, 57% dipengaruhi oleh factor-faktor lain.

Hasil analisis regresi hubungan antara konsentrasi nitrat, ortofosfat dan silika terhadap kelimpahan Chrysophyta ditunjukkan oleh persamaan  $Y = 3.363,18 - 1.847,42 X_1 + 76.502,19 X_2 + 26,48 X_3$ . Berdasarkan persamaan tersebut, nitrat ( $X_1$ ), ortofosfat ( $X_2$ ) dan silika ( $X_3$ ) secara bersama-sama mampu mempengaruhi kelimpahan Chrysophyta, dengan setiap kenaikan 0,1 mg/l nitrat akan menurunkan 1.847,42 ind/l Chrysophyta, setiap kenaikan 0,1 mg/l ortofosfat akan menaikkan 76.502,19 ind/l Chrysophyta, dan setiap kenaikan 0,1 mg/l silika akan menaikkan sebesar 26,48 ind/l Chrysophyta.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Hibah Strategis Nasional 2010. Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI yang telah memberikan dana penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. A. dan S. S. Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Basmi, J. 1988. *Perkembangan Komunitas Fitoplankton Sebagai Indikator Perubahan Tingkat Kesuburan Kualitas Perairan* (tidak dipublikasikan). Makalah Pelengkap Mata Ajaran Manajemen Kualitas Air. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Boyd, C. E. 1988. *Water Quality in Warm Water Fish Ponds*. 4<sup>th</sup>. Auburn Agricultural Experiment Station, Alabama.
- Davis, C. C. 1955. *The Marine and Fresh Water Plankton*. Michigan State University. Press, Chicago.
- Dhahiyat, Y., D. Evantara, dan T. Resmiati. 2003. Hubungan Kandungan Klorofil-A dengan Struktur Komunitas Fitoplankton di Sekitar Keramba Jaring Apung Waduk Ir. Juanda Jatiluhur Purwakarta. *Biotika* : 45-55.
- Dodds, W. K. 2002. *Freshwater Ecology. Concepts and Environmental Applications*. Academic Press, San Diego.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Forsstrom, L. 2006. *Phytoplankton Ecology of Subarctic Lakes in Finnish Lapland*. Departement of Biological and Environmental Sciences Division of Aquatic Sciences University of Helsinki, Helsinki.
- Gupta, S. and S. C. Agrawal. 2007. Survival and Mortality of Diatoms *Navicula grimeei* and *Nitzschia palae* Affected by Some Physical and Chemical Factors. *Folia Microbiology* : 127-134.
- Hutchinson, G. E. 1967. *A Treatise on Limnology. Volume 2. Introduction to Lake Biology and The Limnoplankton*. Jhon Willey and Sons, New York.
- Nyakbakken, J. W. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia, Jakarta.
- Odum, E. P. 1971. (Terjemahan) *Fundamental of Ecology*. Third Edition. Oleh Samingan, T. 1996. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Purwandari, M. 2005. *Struktur Komunitas Fitoplankton di Waduk Wonorejo Kabupaten Tulung Agung Jawa Timur*. URL : <http://www.digilib.its.ac.id/go>. accessed 10 September 2011.
- Reynold, C. S. 1993. *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University press, London.
- Sachlan, M. 1982. *Planktonologi*. Fakultas Peternakan dan Perikanan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Saraswati, M. N. A. 2010. Hubungan Konsentrasi Nutrien Terlarut dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman. Skripsi. Fakultas Biologi. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Simanullang, M. 2009. Penentuan Kadar Silika Di Multi Fuel Boiler dengan Spektrofotometer Uv. Visibel Di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk, Porsea. Program Studi D III kimia Analisis Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sugiyono. 2004. *Statistika Untuk Penelitian*. CV. Alfabeta, Bandung.

- Wardoyo. 1982. Kriteria Kualitas Air untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan. Analisis Dampak Lingkungan. Pusat Studi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Hidup (PPLH) IPB, Bogor.
- Wartilah, 2007. Hubungan Kadar Ortofosfat dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Widiyanto, B. 2007. Hubungan Kandungan Nitrat dan Kelimpahan Fitoplankton pada Permukaan Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Widyastuti, E. 2004. Studi Korelasi Antara Nitrat dan Ortofosfat dengan Kelimpahan Fitoplankton di Tambak Udang Windu (*Penaeus monodon*) di Desa Ayah Kabupaten Kebumen. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Widyastuti, E. 2005. Model Pengelolaan Berkelanjutan Budidaya Ikan dalam Karamba Jaring Apung di Waduk (Studi Kasus di Perairan Waduk Mrica). *Disertasi*. Sekolah Pasca sarjana, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Wikipedia, 2012. URL : <http://www.silika/Nitzschia/the free encyclopedia>. accessed 3 Maret 2012.
- Zebek, E. 2007. Change of Species Diversity of Phytoplankton and Physicochemical Water Parameters in Annual Cycles in The Urban Lake Jeziorak Maly. *Journal of Oceanography* : 49-55.

## Dinamika Populasi Ektoparasit pada Ikan Gurami yang Dibudidayakan Monokultur dan Polikultur

Rokhmani<sup>1</sup>, Edy Riwidiharso<sup>1</sup>, Prasetyarti Utami<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lab. Entomologi-Parasitologi Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>2</sup>Universitas Terbuka - UPBJJ Purwokerto

Email : rokhmanitatiek@gmail.com

Ektoparasit pada ikan melangsungkan siklus hidupnya membutuhkan beberapa inang atau ikan. Pembudidayaan ikan gurami di pedesaan banyak dilakukan secara monokultur (satu kolam hanya gurami) dan polikultur (satu kolam dengan gurami, nilam, mas dan mujahir). Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dinamika populasi dan penyebaran ektoparasit pada ikan gurami yang dibudidayakan secara monokultur dan polikultur. Metode penelitiannya adalah metode survei dengan teknik pengambilan sampel ikan gurami yang monokultur maupun polikultur secara acak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total ektoparasit pada ikan gurami sangat dipengaruhi ( $p < 0,10$ ) oleh cara budidaya, yaitu menyumbang sebesar 42% total ektoparasit, dengan pola hubungannya adalah *cubic*. Jumlah ektoparasit *Trichodina* sp. pada ikan gurami sangat dipengaruhi ( $p < 0,20$ ) oleh cara budidaya, dan menyumbang sebesar 12,1% jumlah ektoparasit *Trichodina* sp. dengan pola hubungannya adalah *logarithmic* menurun. Kelimpahan ektoparasit pada ikan gurami yang dibudidayakan monokultur kurang melimpah dibandingkan dengan polikultur. Pola penyebaran ektoparasit pada ikan gurami adalah mengelompok, baik pada monokultur maupun polikultur.

Kata kunci : Ektoparasit, Gurami, Monokultur, Polikultur, Dinamika populasi

### PENDAHULUAN

Keberadaan parasit dalam air kolam budidaya mungkin bersifat laten, tetapi karena sesuatu hal dapat terjadi perubahan dari laten menjadi patogenik, antara lain karena adanya perubahan dalam konsentrasi oksigen, konsentrasi karbon dioksida, amonia, kandungan materi organik dan populasi mikroba (Irianto, 2005). Parasit adalah organisme yang hidup pada organisme lain yang mengambil makanan dari hospesnya untuk kelangsungan hidupnya.. Ektoparasit adalah parasit yang melekat pada bagian permukaan tubuh, seperti sirip, sisik dan insang. (Kabata, 1985).

Timbulnya serangan penyakit pada ikan seperti parasit merupakan hasil interaksi yang tidak serasi antara ikan, kondisi lingkungan dan organisme penyakit. Akibat dari interaksi yang tidak serasi tersebut dapat menimbulkan stress pada ikan, sehingga mekanisme pertahanan diri yang dimilikinya menjadi lemah dan akhirnya mudah diserang oleh penyakit (Afrianto dan Liviawaty, 1992). Ektoparasit ikan membutuhkan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Kondisi tersebut berupa kualitas air yang buruk, banyaknya bahan organik dalam kolam, kondisi air tergenang dan fluktuasi suhu yang drastis serta kondisi hospes. Ada tidaknya parasit pada suatu tempat bergantung dari ada atau tidaknya inang yang sesuai dan lingkungan yang memungkinkan untuk hidup dan berkembang (Prasetya *et al.*, 2004).

Masyarakat pedesaan di Kabupaten Banyumas hampir 50 % membudidayakan ikan gurami baik dengan sistem monokultur maupun polikultur. Hal ini dikarenakan mudah dibudidayakan, daging ikan gurami yang enak, kesat, gurih dan harga jual yang cukup tinggi. Salah satu tantangan budidaya adalah gangguan serangan penyakit termasuk ektoparasit. Kejadian serangan ektoparasit pada gurame umur pendederan 1 sampai 100% ( Rokhmani, 2009)., demikian juga pada gurami pendederan 2 sampai 70% ( Tristiani, 2011). Kejadian terinfeksi ektoparasit tersebut pada gurami di lapang tidak terbedakan antara sistem budidaya monokultur maupun polikultur. Kejadian penyakit tersebut belum ada data apakah pada masing-masing sistem budidaya tersebut berbeda kejadian terinfeksi. Kedua sistem tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan, termasuk pada tingkat serangan ektoparasit.

Pada budidaya polikultur apabila ada interaksi yang tidak serasi antar spesies ikan tersebut atau dengan organisme selain ikan maka akan menimbulkan dampak negatif, yang berbeda dengan budidaya monokultur. Hal tersebut menunjukkan bahwa masing-masing ikan pada budidaya polikultur memiliki ruang gerak yang berbeda-beda, demikian juga stadia dari ektoparasit baik pada kondisi stadium bebas di air maupun stadium larvanya. Aspek pergerakan ektoparasit yang pada saatnya menemukan inang, dengan bervariasinya inang pada satu kolam maka akan memudahkan keberlangsungan siklus hidup ektoparasit tersebut.

Kerentanan dan ketahanan fisiologis tubuh masing-masing spesies ikan pada kolam budidaya polikultur, bervariasi walaupun kondisi nutrisi, habitat dan kualitas airnya optimal. Kehadiran organisme ektoparasit pada tubuh ikan akan mengakibatkan kerusakan pada organ

predelesi di hospesnya dan mengakibatkan kondisi predisposisi bagi terjadinya infeksi organisme patogen yang lebih berbahaya, seperti bakteri maupun virus yang dapat berakibat fatal bahkan dapat menyebabkan kematian ikan.

Ektoparasit yang masuk ke perairan kolam dapat terbawa oleh air, tumbuhan dan dapat pula karena adanya benda-benda atau binatang renik yang masuk ke dalam kolam. Ektoparasit memiliki siklus hidup yang langsung, yaitu telur ektoparasit yang menyebar di air atau menempel pada substrat dasar, menetas menjadi larva. Setelah tahap berenang bebas yang sangat singkat larva menempel pada inang dimana akhirnya menjadi dewasa. Keberlangsungan siklus hidup tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi nutrisi, habitat dan kualitas air pada kolam pemeliharaan.

Kondisi kolam pemeliharaan tersebut merupakan kondisi logis dari suatu hubungan kompetisi sehingga akan muncul spesies ektoparasit yang potensial maupun yang mematikan. Kondisi nutrisi yang buruk dapat melemahkan status kesehatan ikan yang berdampak pada kerentanan ikan terhadap ektoparasit. Kesamaan habitat dalam perairan menimbulkan upaya mengusir spesies ektoparasit pesaingnya. Kualitas air yang tidak baik seperti banyaknya bahan organik, kondisi air yang tergenang dan fluktuasi suhu yang drastis (suhu yang sangat rendah) akan berpengaruh pada ikan akibat ketidakesuaiannya pada proses tumbuh dan berkembang ikan dan akan meningkatkan peluang keberhasilan ektoparasit menginfeksi ikan.

Pada sistem budidaya monokultur adalah sebagai pembatas jenis atau kurang variasi jenis ikan sehingga dimungkinkan jenis ektoparasit sedikit tetapi jumlahnya melimpah. Sedangkan pada polikultur, ektoparasit dapat berpindah-pindah dari inang yang satu ke inang yang lain dalam spesies inang yang berbeda sehingga dimungkinkan ditemukan jenis ektoparasit yang melimpah dengan jumlah yang sedikit. Jumlah inang pada suatu kolam pemeliharaan akan mempengaruhi jenis dan jumlah ektoparasit pada lokasi tersebut dan bahkan dapat mempertinggi angka prevalensi dan intensitas infeksi pada ikan (Rokhmani, dkk., 2011).

Keberadaan atau dinamika populasi ektoparasit pada ikan dapat diketahui melalui kelimpahannya dengan pergerakan rentang waktu atau umur inang tertentu dan distribusi atau penyebarannya. Kelimpahan ektoparasit adalah jumlah dari masing-masing jenis ektoparasit yang ditemukan pada lokasi atau organisme tertentu. Kelimpahan ektoparasit dapat meningkat karena perubahan lingkungan atau adanya introduksi ikan baru yang membawa banyak parasit termasuk banyaknya jenis ikan pada satu kolam pemeliharaan. Jumlah ektoparasit akan melimpah jika terdapat sumber energi yaitu sari makanan yang melimpah dan ketersediaan nutrisi. Sedangkan distribusi atau penyebaran ektoparasit dapat terjadi secara lokal maupun acak yang dipengaruhi oleh kualitas air, misalnya suhu dan oksigen terlarut.

Kepadatan ikan pada kolam budidaya menyebabkan ikan mudah terinfeksi oleh ektoparasit karena ruang gerak yang terbatas, lingkungan yang mudah mengalami perubahan menjadi lebih buruk sehingga menyebabkan terjadinya kompetisi antar ikan yang memaksa ikan mengeluarkan banyak energi. Kondisi demikian akan mempengaruhi daya tahan tubuh ikan terhadap serangan ektoparasit sehingga ikan lebih rentan terserang penyakit, yang menyebabkan jumlah ektoparasit melimpah. Kelimpahan ektoparasit juga dapat meningkat karena perubahan lingkungan atau adanya introduksi ikan baru yang membawa banyak parasit.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat diajukan perumusan masalah sebagai berikut: Bagaimanakah dinamika populasi ektoparasit pada budidaya ikan gurami dengan sistem polikultur dan sistem monokultur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ;

1. Kelimpahan ektoparasit pada budidaya ikan gurami dengan sistem polikultur dan sistem monokultur,
2. Penyebaran ektoparasit pada budidaya ikan gurami dengan sistem polikultur dan sistem monokultur,

Manfaat penelitian ini diharapkan sebagai acuan para petani ikan gurami dalam pemilihan cara budidaya yang sehat, aman dari penyakit sehingga dapat meningkatkan nilai produksi ikan gurami.

## METODE PENELITIAN

### *Materi, Lokasi dan Waktu Penelitian*

Sampel ikan gurami diambil pada kolam budidaya sistem polikultur dan sistem monokultur di Desa Beji Kecamatan Kedungbanteng Banyumas. Sampel ikan pada kolam polikultur maka selain ikan gurami, juga diambil ikan lain yang satu kolam tersebut. Pemeriksaan ektoparasit dilakukan di Laboratorium Entomologi-Parasitologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal

Soedirman Purwokerto. Penelitian ini akan dilaksanakan sekitar  $\pm$  7 bulan. Bahan atau materi penelitian adalah ikan gurami yang dibudidayakan secara polikultur dan monokultur dengan umur awal 3 bulan atau pendederan 2, akuades

### ***Metode Penelitian***

#### ***Teknik Pengambilan Sampel***

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dengan teknik sampling ikan dipilih secara *purposive* dari masing-masing kolam pemeliharaan sistem polikultur dan sistem monokultur dengan sejumlah masing-masing ikan 5% dari populasi pada kolam tersebut. Pengambilan sampel dilakukan ulangan selama 4 kali dengan selang setiap 1 minggu. Pertimbangan waktu ini berdasarkan lama rata-rata siklus hidup beberapa protozoa ektoparasit pada ikan. Pada saat sampling ikan juga dilakukan pengambilan sampel air untuk dilakukan pengukuran oksigen terlarut dan suhu air.

#### ***Cara Kerja***

Ikan gurami sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik berisi air beroksigen kemudian dibawa ke Laboratorium Entomologi-Parasitologi Fabio Unsoed untuk dilakukan pemeriksaan ektoparasit. Pemeriksaan ektoparasit dilakukan dengan membuat preparat rentang dari beberapa bagian tubuh ikan (Afrianto dan Livyawati, 1992). Bagian yang diperiksa meliputi sirip dada, sirip ekor, sirip anal, sirip punggung, sirip perut, insang, operkulum dan sisik. Bagian tubuh yang akan diperiksa dipotong menggunakan gunting, kemudian di rentangkan di atas *objek glass* yang ditetesi dengan akuades. Preparat diperiksa dibawah mikroskop dan dilakukan identifikasi jenis ektoparasit dan dihitung jumlahnya dari masing-masing ektoparasit yang ditemukan. Pengamatan preparat rentang dilakukan di Laboratorium Entomologi-Parasitologi Fakultas Biologi Unsoed menggunakan mikroskop dengan perbesaran bertingkat. Identifikasi ektoparasit dilakukan menurut Woo (1991). Data hasil pengamatan ditabulasi Setelah itu, hasilnya dimasukkan ke dalam tabel data untuk dianalisis kelimpahan, distribusi dan prevalensinya.

Sebagai data pendukung dilakukan pengukuran oksigen terlarut dan suhu pada air kolam yang pengukuran oksigen terlarut dilakukan menggunakan DOmeter, untuk mengetahui kadar oksigen terlarut dan suhu pada kolam budidaya gurami polikultur dan monokultur dengan dilakukan bersama-sama saat pengambilan sampel ikan.

#### ***Variabel dan Parameter***

Variabel yang yang diamati adalah kelimpahan, distribusi atau sebaran dan pravelensi ektoparasit, sedangkan parameter yang ukur adalah jumlah dan jenis ektoparasit yang ditemukan pada gurami, juga dilakukan pengukuran suhu air dan oksigen sebagai parameter pendukung.

#### ***Metode Analisis***

Kelimpahan jenis ektoparasit dihitung menggunakan analisis anova model 2 dan, atau dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kelimpahan} = \frac{\text{Jumlah individu parasit yang didapatkan}}{\text{Jumlah ikan yang diamati}}$$

Analisis distribusi atau sebaran digunakan rumus distribusi poisson ( Southwood, 1978), yaitu unruk mendeskripsikan bentuk dari distribusi. Apabila varian sama dengan rata-rata populasi berarti distribusinya random ; variansi lebih besar dari rata-rata populasi berarti distribusinya mengelompok ; dan varian lebih kecil dari rata-rata populasi berarti distribusinya teratur.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian ditemukan jenis ektoparasit pada polikultur dan monokultur adalah *Trichodina* sp., *Ichthyophthirius* sp., *Ephystilis* sp., *Dactylogyrus* sp., *Gyrodactylus* sp., *Lerneae* sp., *Haneyguya* sp., *Tetrahymena* sp., dan *Oodinium* sp. Ektoparasit yang terbanyak ditemukan adalah *Trichodina* sp. Protozoa *Trichodina* sp. ini mudah membelah/memisahkan diri menjadi dua bagian yang lebih kecil dan kemudian masing-masing bagian tersebut akan memperbanyak sendiri (Sachlan, 1952) dan dalam waktu yang cukup singkat Perkembangan protozoa ini secara seksual belum diketahui.



*Trichodina* sp adalah protozoa parasit yang paling melimpah diantara ektoparasit yang ditemukan. Ikan yang terserang protozoa ini menyebabkan penampilan sirip yang rusak, sisik rusak bahkan kulit permukaan tubuhnya terlihat tebal penuh dengan lendir. Ikan terlihat malas bergerak dengan nafsu makan yang turun. Berdasarkan kondisi kolam dengan air tergenang dan lama tidak diganti, merupakan tempat yang cocok untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan parasit ini. Ciri-ciri- penyakit ini ditandai dengan pembentukan sekresi lumpur pada kulit ikan, ikan terlihat malas dan nafsu makan turun. Semua jenis ikan sampel ditemukan parasit ini. Hal ini sesuai menurut Kabata (1985), *Trichodina* sp. dapat menyerang semua jenis ikan air tawar.

Protozoa ini mudah membelah/memisahkan diri menjadi dua bagian yang lebih kecil dan kemudian masing-masing bagian tersebut akan memperbanyak sendiri (Sachlan, 1952) dalam waktu yang cukup singkat. Perkembangan protozoa ini secara seksual belum diketahui. Ikan yang terinfeksi parasit ini akan menunjukkan tingkah laku yang aneh dan terjadi perubahan warna pada kulitnya. Ikan menjadi lemah, kehilangan berat badan dan dapat terjadi moribu serta terlihat ikan menggosok –gosokan tubuhnya ke dinding kolam maupun ke benda-benda keras. Kulit mengalami iritasi, hiperplasia, degenerasi dan nekrose pada sel-sel epitel. Ketika proses degenerasi menghebat maka akan terjadi deskuamasi dan erosi sel-sel epitel. Lapisan mukosa menjadi suram, tipis dan berwarna keputih-putihan. Sirip ikan rusak demikian juga insangnya. Kejadian infeksi sekunder oleh bakteri sangat besar kemungkinannya yaitu menyerang kulit dan insang. Bentuk parasitnya seperti lonceng terbalik. Sisi dorsalnya cembung dan dapat dikonstraksikan serta memiliki dua mahkota bersilia dengan gerakan roda berputar. Sisi bagian ventral sedikit cekung dan berfungsi sebagai alat penghisap. Mulut parasit ini terdapat di tengah alat penghisapnya dan dikelilingi oleh cincin yang menempel, terdiri dari 20-30 tanduk-tanduk kecil. Parasit ini tidak tahan hidup lama tanpa adanya inang. Satu-satunya cara propagasi dengan cara pembelahan. Cincin pada mulutnya yang memiliki tanduk.

Kehadiran parasit dalam air budidaya mungkin bersifat laten, tetapi karena suatu hal dapat terjadi perubahan dari laten menjadi patogenik hal ini terjadi antara lain karena adanya perubahan dalam konsentrasi oksigen, suhu, konsentrasi karbon dioksida, amonia, kandungan materi organik (Irianto, 2005). Hasil pengukuran oksigen terlarut dan suhu pada tiap jarak pengangkutan menunjukkan bahwa makin meningkat oksigen terlarut dan suhu dengan makin jauh jarak pengangkutannya. Salah satu faktor yang mendukung jumlah dan jenis ektoparasit pada inang adalah kandungan oksigen terlarut yang cukup dan suhu yang optimum. Keterbatasan oksigen terlarut dan suhu maka akan menyebabkan terjadinya pengurangan angka fekunditas, akan membatasi ukuran parasit di dalam inangnya dan bahkan kematian (Kennedy, 1975). Kualitas air yang optimum untuk hidupnya organisme perairan adalah salah satunya adalah nilai gas beracun yang terlarut adalah nol. Gas beracun ini akan mematikan pada stadium telur sampai dewasa. Terjadinya penurunan kualitas air akan berpengaruh terhadap keragaman ektoparasit ikan. Menurut Lafferty (2008) menyatakan bahwa tercemarnya suatu perairan akan memberikan pengaruh terhadap biodiversitas ektoparasit pada ikan. Populasi atau komunitas ikan dan ektoparasit juga dapat digunakan sebagai petunjuk baik buruknya suatu perairan. Ketidakmampuan stadium bebas ektoparasit untuk beradaptasi maka dapat mengalami kematian. Hidupnya ektoparasit ikan juga membutuhkan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Kondisi tersebut berupa kualitas air yang optimum, banyaknya bahan organik dalam kolam, kondisi air yang tergenang, dan kondisi suhu yang optimum (Woo, 1995).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### KESIMPULAN

1. Pola budidaya monokultur dan polikultur sama-sama memberi peluang hidup ektoparasit, hanya pada polikultur kelimpahannya lebih besar dibanding monokultur.
2. Pola distribusi atau penyebaran ektoparasit pada gurami baik pada budidaya polikultur maupun monokultur adalah sama, yaitu mengelompok.

### SARAN

Monokultur dan polikultur sama-sama berpeluang untuk terjadinya infeksi ektoparasit sehingga pada aspek produktifitas ikan, polikultur dapat dipilih untuk membudidayakan gurame

### DAFTAR REFERENSI

Afrianto, E dan E. Liviawaty. 1992. Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan. Kanisius. Yogyakarta.

- Aromawaty, Rosa. 2008. Keragaman Ektoparasit pada Ikan Gurami di Kolam seri Desa Pliken Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas. Skripsi. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Diani, S. 1995. Kematian Benih Ikan Kerapu Lumpur (*Epinephelus siulus*) yang terinfeksi oleh *Diplectanum sp* dan *Trichodina sp*. Majalah Parasitologi Indonesia. 8 (1):43-47.
- Jangkaru, Z. 1995. Pembesaran Ikan Air Tawar di berbagai Lingkungan Pemeliharaan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Kabata, Z. 1985. Parasites and Disease of Fish Cultured in The Tropics. Taylor and Francis. London. 318p.
- Prasetya, D., Rokhmani dan Subdrah. 2004. Kekayaan Jenis Ektoparasit Yang Menyerang Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy Lac.*) Tahap Pendederan I Dan II Dengan Pemeliharaan Secara Tradisional. Materi Seminar Nasional Penyakit Ikan Dan Udang. Universitas Jenderal Soedirman, 18-19 Mei 2004, Purwokerto.
- Rokhmani, 2009. Intensitas ektoparasit pada ikan gurami yang dibudidayakan pada ketinggian yang berbeda. Inovasi. LPPM Unsoed Vol.1 Tahun ke 3.Purwokerto.
- Rokhmani, E. Riwidharso., dan E. A.Setyowati. 2011. Pengaruh Jarak Pengangkutan Ikan gurami “delivery order” terhadap keragaman ektoparasit.. Laporan Penelitian mandiri. Fabio Unsoed Purwokerto.
- Sitanggang, M. dan B. Sarwono. 2004. Budidaya Gurami. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Southwood, T.R.E., 1978. Ecological Methods. 2<sup>nd</sup> Edt. Chapman & Hall. London.
- Tristiani A. 2011. Intensitas ektoparasit pada ikan gurami pendederan 1 dan 2 di kolam tradisional Desa Beji Kecamatan Kedungbanteng Kabupaten Banyumas. Skripsi. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Widyastuti, R. E., Srimurni, S. Subdrah dan Mardhiyah. 2002. Parasitologi. Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.
- Woo, J. L. 1995. Fish Disease and Disorder Parasite. University of Guelph. CAB.

## Coral Reef Condition and Water Quality at Marine Protected Area Gili Matra, North of Lombok

Luh Putu Ayu Damayanti<sup>1</sup>, Romanus Edy Prabowo<sup>2</sup>, Achmad Iqbal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Magister Program of Environmental Study Jenderal Soedirman University

<sup>2</sup>Faculty of Biology, Jenderal Soedirman University

<sup>3</sup>Jenderal Soedirman University

Email : ayuq\_damayanti@y7mail.com

Coral reefs are part of marine ecosystem that provide shelter, spawning, nurturing, and feeding a variety of marine life. GiliMatraare one of Marine Protected Area (MPA) in the world that located on North Lombok which has high diversity of coral reef ecosystem. Area management are in Ministry Marine Affairs and Fishery. Gili Matra are composed by three islands (Gili Trawangan, Gili Meno and Gili Air). Coral reef ecosystem on Gili Matra is used for support marine tourism and fishery sector. Excessive activity of marine tourism and fisheries are also natural disaster becoming a threat to coral reef ecosystem at Gili Matra. This study was conducted on GiliMatra from February until March 2013 using purposive sampling method. The method that used to know condition of coral reef is line intercept transect. Condition of coral reef at Gili Matra is bad until good. Average of covering coral reef at Gili Trawangan is bad (24,21%) whereas Gili Meno (37,79%) and Gili Air (29,86%) is medium. From standard quality for coral (Decision Environment Minister No. 51/ 2004), water quality at Gili Matra is good for support coral reef ecosystem except for total suspended solid. This data can use to know program implementation that have done and for decide regulation correctly to conserve coral reefs ecosystem.

Keywords : Coral Reef, Water Quality, Gili Matra

### PENDAHULUAN

Terumbu karang memiliki berbagai peranan yang penting dalam lingkungan pesisir dan lautan, baik dari segi biologis, fisik maupun sosial. Terumbu karang berfungsi sebagai habitat, tempat memijah, bertelur dan mencari makan berbagai biota laut. Terumbu karang memiliki nilai estetika tinggi untuk pengembangan wisata bahari. Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu sistem kehidupan yang majemuk dengan produktivitas dan keanekaragaman yang tinggi (Nybakken, 1992).

Tiga pulau kecil (Gili Trawangan, Gili Meno, dan Gili Air), dikenal dengan Gili Matra berada di Lombok bagian utara (Gambar 1) dilaporkan memiliki terumbu karang yang indah. Karang yang mengelilingi tiga gili tersebut membentuk karang tepi dengan lebar antara 100-400 m. Berdasarkan hasil survai Suharsono (1993) dalam Kordi (2010) ditemukan 148 jenis karang batu yang berasal dari 54 marga yang hidup pada kedalaman 3-15 m. Luas terumbu karang secara keseluruhan yaitu 430 ha, dengan persentase tutupan karang hidup antara 60-80% yang dikategorikan dalam kondisi baik.



Gambar 1. Taman Wisata Perairan Gili Matra. Sumber: Google Earth 2013

Pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang dipengaruhi oleh faktor-faktor pembatas antara lain kecerahan, cahaya, suhu, salinitas, pergerakan air, dan substrat (Muhlis, 2011). Kondisi terumbu karang dan kualitas perairan merupakan faktor penunjang yang penting bagi aktivitas pariwisata dan perikanan di kawasan tersebut sehingga perlu dilestarikan. Informasi tentang

kondisi terumbu karang dan kualitas perairan merupakan langkah penting untuk merancang program pengelolaan yang tepat dan menilai implementasi program pengelolaan yang telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi terumbu karang dan kualitas perairan di TWP Gili Matra.

### BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilakukan di Taman Wisata Perairan (TWP) Gili Matra, Desa Gili Indah, Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat (8<sup>0</sup>20'-8<sup>0</sup>23' LS and 116<sup>0</sup>00'- 116<sup>0</sup>08' BT). Alat-alat yang digunakan adalah rol meter, sabak, alat tulis bawah air, satu set alat selam (SCUBA), kamera bawah air, dan GPS. Pengukuran parameter kualitas perairan dilakukan dengan alat yang tercantum dalam tabel 1. Hasil pengamatan dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk karang menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004.

Tabel 1. Metode Pengamatan Kualitas Perairan

Parameter	Unit	Instrument
Suhu	<sup>0</sup> C	Thermometer
Kecerahan	m	Secchi disc
Salinitas	<sup>0</sup> / <sub>00</sub>	Refractometer
pH	-	pH meter
Kecepatan Arus	m/s	Current meter
TSS	mg/l	penimbangan
Sampah	-	-
DO	mg/l	DO meter
BOD5	mg/l	DO meter
Minyak & lemak	mg/l	Spektro- Inframerah

Pengamatan dilakukan secara *purposive* sampling pada perairan di sekitar TWP Gili Matra (Gambar 2). Pengumpulan data terumbu karang menggunakan metode transek garis (*Line Intersect Transect*) menurut English (1994). Pengamatan dilakukan pada kedalaman 3 m dan 10 m sejajar garis pantai. Garis transek dibentangkan sepanjang 30 meter dengan tiga kali ulangan. Pencatatan data berupa jenis-jenis terumbu karang atas dasar *life form* dan jenis-jenis substrat dasar (tabel 2).

Persentase tutupan masing-masing komponen benthik penyusun terumbu karang dihitung menurut persamaan Gomez dan Yap (1998):

$$Ni = Li/Lx100\%$$

Ni = Persen tutupan komponen benthik jenis i (%)  
Li = Panjang tutupan komponen benthik jenis i (cm)  
L = Panjang transek (cm)

Persentase penutupan karang hidup dikategorikan berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 04 tahun 2001, yaitu:

0-24,9 % : Buruk  
25-49,9 % : Sedang  
50-74,9 % : Baik  
75-100 % : Sangat Baik

Tabel 2. Bentuk Pertumbuhan dan Jenis Substrat

Categories	Code
Dead Coral	DC
Dead Coral with Algae	DCA
Acropora Branching	ACB
Acropora Encrusting	ACE
Acropora Submassive	ACS
Acropora Digitate	ACD
Acropora Tabulate	ACT
Non-Acropora Branching	CB
Non-Acropora Encrusting	CE

Categories	Code
Non-Acropora Foliose	CF
Non-Acropora Massive	CM
Non-Acropora Submassive	CS
Non-Acropora Mushroom	CM
Non-Acropora Heliopora	CHL
Non-Acropora Millepora	CML
Non-Acropora Tubipora	CTU
Soft Coral	SC
Sponge	SP
Zoanthids	ZO
Others	OT
Total Algae	TA
Sand	S
Rubble	R
Rock	RCK



Gambar 2. Titik pengamatan Terumbu Karang dan Kualitas Perairan. Sumber: Google Earth 2013

Tabel 3. Koordinat Lokasi Pengamatan

No	Stasiun	Koordinat
1	GT 1 3m	8°21'39.40"S - 116° 1'45.80"E
2	GT 1 10m	8°21'41.67"S - 116° 1'44.86"E
3	GT 2 3m	8°20'15.36"S - 116° 2'17.70"E
4	GT 2 10m	8°20'14.52"S - 116° 2'16.78"E
5	GT 3 3m	8°21'23.26"S - 116° 2'34.76"E
6	GT 3 10m	8°21'23.70"S - 116° 2'35.12"E
7	GT 4 3m	8°20'44.81"S - 116° 2'35.91"E
8	GT 4 10m	8°20'47.15"S - 116° 2'37.16"E
9	GM 1 3m	8°20'25.92"S - 116° 3'35.15"E
10	GM 1 10m	8°20'25.19"S - 116° 3'37.73"E
11	GM 2 3m	8°20'56.27"S - 116° 3'45.86"E
12	GM 2 10m	8°20'56.96"S - 116° 3'46.53"E
13	GM 3 3m	8°21'20.99"S - 116° 3'7.69"E
14	GM 3 10m	8°21'20.84"S - 116° 3'6.37"E
15	GM 4 3m	8°21'37.13"S - 116° 3'28.62"E
16	GM 4 10m	8°21'40.20"S - 116° 3'28.90"E
17	GA 1 3m	8°21'0.58"S - 116° 5'15.50"E
18	GA 1 10m	8°21'1.01"S - 116° 5'17.90"E
19	GA 2 3m	8°21'28.67"S - 116° 5'16.82"E
20	GA 2 10m	8°21'27.82"S - 116° 5'17.99"E

No	Stasiun	Koordinat
21	GA 3 3m	8°21'3.52"S - 116° 4'39.61"E
22	GA 3 10m	8°21'0.53"S - 116° 4'36.50"E
23	GA 4 3m	8°21'26.08"S - 116° 4'22.41"E
24	GA 4 10m	8°21'27.21"S - 116° 4'16.96"E

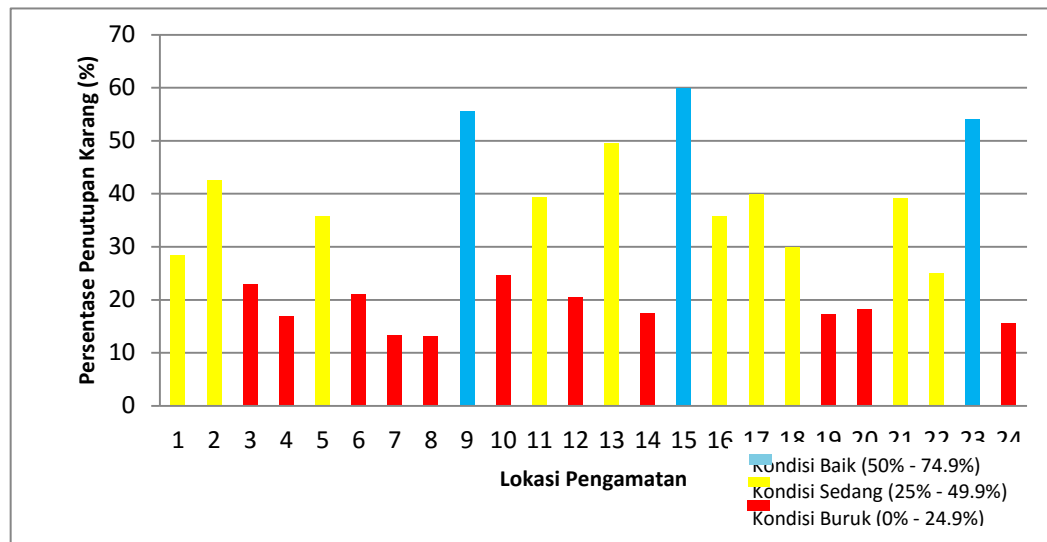
GT : Gili Trawangan, GM : Gili Meno, GA : Gili Air

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kondisi Terumbu Karang*

TWP Gili Matra memiliki potensi sumberdaya terumbu karang yang cukup besar untuk dikembangkan sebagai kawasan pariwisata bahari dan perikanan tangkap. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.04 tahun 2001, terumbu karang di kawasan TWP Gili Matra dikategorikan dalam kondisi buruk sampai baik (13,00 – 59,95%). Kondisi terumbu karang pada 11 stasiun tergolong buruk, 5 di Gili Trawangan, 3 di Gili Meno dan 3 di Gili Air. Lokasi yang kondisi terumbu karangnya masih tergolong baik hanya terdapat di 3 lokasi, yaitu stasiun 9 (GM1 3 meter), stasiun 15 (GM4 3 meter) dan stasiun 23 (GA4 3 meter). Sepuluh lokasi lainnya memiliki kondisi terumbu karang yang sedang (Gambar 3).

Total bentuk pertumbuhan karang yang dijumpai di TWP Gili Matra mencapai 13 bentuk pertumbuhan (tabel 4). Bentuk pertumbuhan yang dominan adalah bentuk pertumbuhan acropora branching (ACB) yang ditemukan hampir disemua lokasi pengamatan. Bentuk pertumbuhan lain yang cukup banyak ditemukan antara lain acropora tabulate (ACT), acropora digitate (ACD), non-acropora branching (CB), coral massive (CM), non-acropora foliose (CF) dan Heliopora (CHL).



Gambar 3. Persentase Penutupan Terumbu Karang

Tabel 4. Persentase Bentuk Pertumbuhan Terumbu Karang

Bentuk Pertumbuhan	Persentase (%)
ACB	17.87
ACE	1.86
ACS	2.17
ACD	9.58
ACT	12.31
CB	12.51
CE	6.42
CF	9.73
CM	12.94
CS	2.67
CMR	2.72
CME	0.24
CHL	8.99

Secara umum, tutupan karang hidup di daerah *reef crest* (3 m) memiliki persentase tutupan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah *reef slope* (10 m). Hal tersebut karena pengaruh kecerahan perairan. Pada kedalaman 3 meter, cahaya matahari mencapai dasar perairan sehingga terumbu karang pada kedalaman 3 meter ditemukan lebih banyak. Dasar perairan yang lebih dalam, lebih jauh dari daratan sehingga pengawasan di kawasan tersebut lebih sulit sehingga lebih rawan terjadi kasus perusakan terumbu karang.

Kondisi terumbu karang di Gili Matra saat ini tak terlepas dari kegiatan perikanan tangkap yang tidak ramah lingkungan yang terjadi sejak tahun 1980an. Saat itu, kegiatan penangkapan ikan menggunakan bom, racun, dan jaring muroami masih sering terjadi di kawasan TWP Gili Matra. Lokasi penangkapan ikan sekitar Gili Matra dengan menggunakan jaring muroami berada pada kedalaman 5 – 10 meter.

Jenis substrat yang ditemukan saat pengamatan antara lain karang mati, komponen abiotik, dan biota laut yang hidup di ekosistem terumbu karang. Hasil rerata jenis substrat menunjukkan dominasi oleh komponen abiotik (Tabel 5). Karang merupakan hewan sesil, menempel pada substrat untuk hidup. Kondisi substrat merupakan faktor penting untuk pertumbuhan terumbu karang (Angkotasari, 2003). Pecahan karang (*rubble*) yang banyak ditemukan di beberapa lokasi pengamatan merupakan akibat kerusakan fisik yang terjadi akibat pengeboman. *Rubble* merupakan substrat yang tidak stabil sehingga sulit terjadi rekrutmen karena sulit ditempelinya larva karang (Pardede dkk., 2012). Bentuk lain penyusun dasar perairan yang ditemukan pada ekosistem terumbu karang antara lain makro alga, sponge, soft coral, zoanthid, anemone, bulu babi, dan tunicata.

Tabel 5. Persentase Penutupan Substrat

Kategori	Persentase (%)
Terumbu Karang	30.54
Biota Laut	11.35
Karang Mati	14.59
Komponen Abiotik	43.52

#### ***Kualitas Perairan***

Kondisi perairan merupakan faktor penting yang menyokong kehidupan makhluk hidup di laut, termasuk terumbu karang. Laju metabolisme karang dan alga simbiotiknya meningkat seiring dengan kenaikan suhu perairan (Reid *et al.*, 2009). Suhu perairan di TWP Gili Matra antara 25,5 – 28,5°C. Suhu optimal untuk pertumbuhan terumbu karang menurut Supriharyono (2000) berkisar antara 25 – 30°C. Suhu perairan menurut Kepmen LH No 51 tahun 2004 merupakan kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim). Kisaran yang ditetapkan untuk karang adalah 28 – 30°C dengan toleransi sampai dengan < 2°C suhu alami.

Terumbu karang memerlukan air laut yang bersih dan jernih terkait dengan penetrasi cahaya yang sampai hingga dasar perairan. Cahaya matahari dibutuhkan oleh alga simbiotik *Zooxanthellae* dalam proses fotosintesis untuk memenuhi kebutuhan oksigen hewan karang. Kecenderungan suatu perairan dipengaruhi oleh konsentrasi partikel yang ada di badan air serta kedalaman lokasi (Ahyadi, 2010). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kecerahan perairan di TWP Gili Matra tergolong sangat baik. Pada lokasi pengamatan di kedalaman 3 meter, penetrasi cahaya mencapai 100%. Sedangkan pada lokasi pengamatan yang lebih dalam, penetrasi cahaya berkisar antara 90 hingga 100%.

Salinitas berpengaruh terhadap metabolisme hewan karang penyusun terumbu, khususnya dalam pembentukan kalsium karbonat. Syarat hidup terumbu karang menurut baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004 berkisar antara 33 – 34 ‰, diperbolehkan terjadi perubahan sampai 5 ‰ salinitas rata-rata musiman. Salinitas perairan di TWP Gili Matra berkisar antara 30 – 35 ‰.

Nilai pH perairan Gili Matra cenderung konstan, berkisar antara 8.06 hingga 8.24. Kondisi tersebut sesuai dengan baku mutu untuk biota karang berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. 51 tahun 2004 yaitu berkisar antara 7 – 8,5 dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0,2 satuan pH.

Kecepatan arus berperan penting dalam penyediaan oksigen dan nutrisi yang dibutuhkan bagi kehidupan hewan karang serta biota laut lainnya. Kecepatan arus yang cukup dapat

membantu menghilangkan sedimen yang menutupi koloni karang sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung sempurna (Ahyadi, 2010). Kisaran kecepatan arus di TWP Gili Matra antara 0,25 – 0,4 m/dtk. Kuatnya arus di kawasan Gili Matra disebabkan karena posisi geografis kawasan tersebut yang terletak di selat Lombok (selat antara pulau Bali dengan Pulau Lombok).

Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. TSS terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Berdasarkan hasil pengamatan, nilai TSS yang berada di atas baku mutu terletak pada stasiun sebelah timur. Bagian timur setiap pulau dimanfaatkan sebagai pelabuhan. Aktivitas transportasi di pelabuhan, parkir serta membersihkan kapal dapat berpotensi menimbulkan cemaran.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, masih ditemukan sampah di perairan Gili Matra. Sampah yang ditemukan adalah sampah anorganik berupa plastik pembungkus makanan, karung dan botol air mineral. Sampah ditemukan pada permukaan dan dasar perairan. Sampah tersebut diduga berasal dari aktivitas pariwisata sekitar kawasan serta sampah kiriman dari Pulau Lombok yang terbawa arus hingga masuk ke kawasan Gili Matra. Sampah yang ditemukan umumnya terdapat padaperairan dangkal karena dekat dengan daratan. Penemuan sampah paling banyak di Gili Trawangan karena memiliki aktivitas pariwisata lebih banyak dibandingkan dua gili lainnya.

Oksigen terlarut atau DO (*Dissolved Oxygen*) merupakan jumlah kadar oksigen yang terlarut dalam perairan. Konsentrasinya sangatlah dipengaruhi oleh suhu, turbulensi dan tekanan atmosfer. Oksigen terlarut adalah faktor yang penting dalam menetapkan kualitas air. Air yang mengalami pencemaran organik memiliki kadar oksigen terlarut yang rendah. Sedangkan BOD menyatakan kebutuhan oksigen dalam mendegradasi material organik yang terkandung dalam air.

Tabel 6. Kualitas Perairan di TWP Gili Matra

Titik	Lokasi	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	GT 1 3m	3	34	26	8.24	0.35	20.15	0.004	2	5.15	0.825
2	GT 1 10m	10	35	26	8.2	0.3	20.09	0.003	0	5.05	0.905
3	GT 2 3m	3	33.5	26.5	8.235	0.34	19.72	0.0025	0	5.25	0.825
4	GT 2 10m	10	33	26	8.06	0.37	18.72	0.0025	0	5.3	0.775
5	GT 3 3m	3	33	26.5	8.13	0.25	20.02	0.005	3	5.25	0.85
6	GT 3 10m	9	33.5	28	8.1	0.26	19.02	0.006	0	5.7	1.35
7	GT 4 3m	3	32.5	27	8.065	0.295	19.925	0.0045	0	5	0.78
8	GT 4 10m	9	31	27.25	8.2	0.4	21.425	0.005	0	5.25	1.08
9	GM 1 3m	3	31.5	26.5	8.06	0.25	21.54	0.0025	0	5.495	1.28
10	GM 1 10m	9.5	34	26	8.1	0.27	23.04	0.0035	0	5.445	1.78
11	GM 2 3m	3	32.5	26	8.145	0.33	21.44	0.005	3	5.31	1.22
12	GM 2 10m	10	33	26.5	8.16	0.37	19.44	0.005	0	5.03	0.72
13	GM 3 3m	3	30	27	8.195	0.34	20.215	0.006	0	5.46	1.01
14	GM 3 10m	10	32	25.5	8.16	0.35	20.085	0.006	0	5.13	0.92
15	GM 4 3m	3	30.5	25.5	8.16	0.4	18.765	0.0035	0	5.175	0.84
16	GM 4 10m	10	31	26	8.08	0.36	19.265	0.003	0	5.115	0.9
17	GA 1 3m	3	30	28	8.225	0.25	24.3	0.0065	3	5.4	1.48
18	GA 1 10m	10	32.5	28.5	8.085	0.275	23.3	0.006	0	5.5	1.14
19	GA 2 3m	3	31.5	27	8.095	0.27	20.9	0.0035	0	5.345	1
20	GA 2 10m	10	31	25.5	8.16	0.27	19.9	0.003	0	5.065	0.9
21	GA 3 3m	3	31	26.5	8.185	0.3	21.45	0.004	0	5.035	1.395
22	GA 3 10m	10	33.5	26	8.16	0.29	20.45	0.003	0	5.095	1.04
23	GA 4 3m	3	33.5	26	8.15	0.33	20.16	0.004	0	5.485	0.715
24	GA 4 10m	9.5	34.5	26	8.175	0.32	19.66	0.004	0	5.425	0.85
Standar		> 5	33 - 34	28 - 30	7 - 8.5	-	20	1	nihil	> 5	20

Standar Baku Mutu untuk biota Karang, Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004. (Lampiran III).

a : Kecerahan Perairan (m)  
b : Salinitas Perairan (‰)  
c : Suhu Perairan (°C)  
d : pH  
e : Kecepatan Arus (m/s)

f : TSS (mg/l)  
g : Minyak-Lemak (mg/l)  
h : Jumlah sampah  
i : DO (mg/l)  
j : BOD<sub>5</sub> (mg/l)



Nilai DO dan BOD<sub>5</sub> di TWP Gili Matra sesuai dengan baku mutu untuk kehidupan terumbu karang berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004. Nilai DO di setiap lokasi berada di atas 5 mg/L dan BOD<sub>5</sub> kurang dari 20 mg/L. Berdasarkan nilai tersebut, perairan Gili Matra tidak mengalami pencemaran oleh bahan organik dan konsentrasi oksigennya mampu memenuhi kebutuhan oksigen biota laut yang hidup di dalamnya.

Minyak-Lemak merupakan bahan pencemar yang kadarnya tidak diperkenankan lebih dari 1 mg/L menurut KepMen LH No 51 tahun 2004. Keberadaan minyak-Lemak pada perairan dapat mengganggu kehidupan biota laut, termasuk terumbu karang. Sumber pencemaran oleh minyak-Lemak antara lain berasal dari kegiatan transportasi kapal motor maupun tumpahan minyak. Kadar minyak-Lemak di TWP Gili Matra sangat rendah dan berada di bawah baku mutu. Kadar minyak – lemak yang rendah menunjukkan bahwa kawasan perairan Gili Matra tidak mengalami pencemaran oleh kegiatan transportasi maupun kegiatan pengangkutan minyak oleh PLTD.

Terumbu karang dan kualitas perairan dapat berpengaruh pada keberlanjutan aktivitas perikanan dan pariwisata bahari di kawasan Gili Matra. Sebagai daerah konservasi perairan, pengelolaan Gili Matra harus berorientasi pada pelestarian fungsi ekosistem terumbu karang. Keberadaan terumbu karang sangat penting untuk organisme laut yang tinggal di ekosistem terumbu karang. Terumbu karang sebagai obyek wisata bahari sangat penting untuk dilestarikan.

Kawasan Konservasi Perairan merupakan instrumen yang penting untuk perlindungan keanekaragaman hayati terumbu karang di suatu kawasan (Done 2001 dalam Poonian 2008). Pengurangan tekanan antropogenik merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan terumbu karang. Penghentian praktek penangkapan ikan yang merusak dengan bom atau racun, pengurangan penggunaan jaring mourami dan membatasi jumlah wisatawan yang menyelam dan snorkeling di daerah yang sama setiap hari adalah kebijakan yang dapat diambil.

Pembentukan zona yang hingga kini masih dalam tahap perencanaan merupakan langkah lain yang dapat diambil dalam upaya konservasi terumbu karang. Penetapan zonasi idealnya dilakukan dengan melihat kondisi terumbu karang saat ini. Daerah dengan terumbu karang yang berada dalam kondisi baik harus dilindungi dan daerah yang mengalami kerusakan harus dilakukan rehabilitasi. Upaya rehabilitasi terumbu karang yang telah dilakukan di TWP Gili Matra adalah dengan metode Biorock. Metode ini diterapkan sejak tahun 2004 dengan inisiatif LSM yang bekerjasama dengan para pengusaha di Gili Matra.

## KESIMPULAN

Kondisi terumbu karang di Gili Matra tergolong buruk sampai baik. Kondisi terbaik ditemukan pada stasiun 4 Gili Meno di kedalaman 3 meter (59,95%). Kondisi terumbu karang yang paling buruk berada di stasiun 4 Gili Trawangan pada kedalaman 10 meter (13,00%). Kualitas air di Gili Matra baik dan mendukung kehidupan terumbu karang. Kondisi tersebut sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan untuk terumbu karang menurut Keputusan Menteri Lingkungan Indonesia No. 51 2004, kecuali nilai TSS di beberapa lokasi yang melebihi baku mutu.

## PUSTAKA

- Ahyadi, H. 2010. Evaluasi Sumberdaya Terumbu Karang untuk Wisata Selam di Gili Trawangan Provinsi Nusa Tenggara Barat. (Tesis). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Angkotasan, S. 2003. Kajian Kesesuaian dan Pengembangan Kawasan Konservasi Sumberdaya Pesisir di Pulau Guratu Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara (Tesis).
- English, S, C. Wilkinson, and Baker. 1994. Survey Manual for Tropical Marine Resource. ASEAN-Australian Marine Project, Australia.
- Gomez, E. D and H. T, Yap. 1998. Monitoring Reefs Condition, In: Kenchington, R.A. and B. E. T. Husdon (eds), Coral Reef Management Handbook, UNESCO Regional Office for Technology for South-East Asia, Jakarta.
- Jameson, S. C., M. S. A. Ammar, E. Saadalla, and H.M. Mostafa. 2007. A Quantitative Ecological Assessment of Diving Sites in the Egyptian Red Sea During a Period of Severe Anchor Damage: A Baseline for Restoration and Sustainable Tourism management. *Journal of Sustainable Tourism*. Vol. 15 (3): 309-322.
- Kordi, K. M. Ghufuran. 2010. Ekosistem Terumbu Karang: Potensi, Fungsi dan Pengelolaan, Rineka Cipta, Jakarta.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2001. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 tahun 2001 Tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu karang. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, Jakarta.

- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. Kemeterian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, Jakarta.
- Muhlis. 2011. Ekosistem Terumbu Karang dan Kondisi Oseanografi Perairan Kawasan Wisata Bahari Lombok. Berk. Penel. Hayati (16): 111-118.
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo, dan S. Sukardjo. PT. Gramedia, Jakarta.
- Pardede, S. T., E. Muttaqin, K. M. Hasbi, Muhidin. 2012. Laporan Teknis: Laporan Ekologi Terumbu Karang di Taman Wisata Perairan Gili Ayer, Meno dan Trawangan 2012. Wildlife Conservation Society, Indonesia.
- Poonian, C. N. S. 2008. The Infulence of Protected Area Management on the Status of Coral Reefs at Misai Island, Tanzania Following the 1998 Bleaching Event in the Western Indian Ocean. Society for Environmental Exploration. Journal Compilation Blackwell Publishing Ltd. Afr. J. Ecol., 46: 471-478.
- Reid, Craig., Marshall, J., Logan, D., dan Diana K. 2009. Terumbu Karang dan Perubahan Iklim. Kementerian Kelautan dan Perikanan, Indonesia.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

## Keragaman Strain *Rhizopus oligosporus* dari Beberapa Inokulum Tempe Berdasarkan Marka RAPD

Yeni Parera, Nuniek Ina Ratnaningtyas, Saefudin Aziz

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto  
Email : azizgene@gmail.com

Inoculum of tempeh consists of microfungi, i. e., *Rhizopus oligosporus*. *R. oligosporus* strain has protease and phytase that are able to increase phosphor content hydrolysis of phytic acid to become inositol and free phosphate. Characteristic of strain related to genetic diversity can be detected through molecular approaches, one of which is RAPD technique. RAPD is a DNA marker that can be used to study the diversity of organisms through DNA polymorphisms within a population (species). The use of RAPD has been proven to be effective to reveal genetic variation at various microfungi. This research aimed to analyze the DNA banding patterns and the diversity of *R. oligosporus* strain, using GenAlex (Genetic Analysis in Excel) 6.1 dan NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) 2.02i. The results showed that the DNA banding patterns of six strains of *R. oligosporus* inoculum of various tempeh were very different, both in number and size. Diversity level was also quite high. RRP2B isolate had the closest kinship with RRP1A isolate (96%), while the most distant kinship was RRP2A and RRP1B isolates with similarity index of 0%. This research provided scientific information on the diversity of *R. oligosporus* strain in different tempeh inoculums. Which could be used as baseline data to determine the exact strain combination, in order to get good quality of tempeh inoculum.

Keywords : diversity, polymorphism, RAPD, *Rhizopus oligosporus*, strain.

### PENDAHULUAN

Tempe merupakan makanan tradisional khas Indonesia hasil proses fermentasi. Pembuatan tempe di Indonesia umumnya dilakukan oleh gabungan sekelompok orang dalam suatu sentra pembuatan tempe, salah satunya di Kabupaten Banyumas. Sentra-sentra tersebut mampu menghasilkan tempe dengan kualitas berbeda, hal ini dimungkinkan akibat beragamnya penggunaan ragi (inokulum). Penggunaan inokulum yang baik sangat penting dalam menghasilkan tempe berkualitas, sehingga perlu dilakukan proses skrining untuk mendapat isolat unggul dalam rangka peningkatan kualitas produk dan penghematan biaya produksi. Langkah awal proses seleksi yaitu dengan mengetahui keragaman organisme inokulum, informasi tersebut dapat digunakan dalam menentukan kombinasi strain yang tepat.

Kapang dalam inokulum tempe salah satunya *Rhizopus oligosporus*. Kapang jenis ini memegang peranan utama dalam fermentasi biji kedelai selain *R. oryzae*, dan *R. stolonifer* (Sarwono, (2002) dalam Yuliani, *et. al.*, (2007)). Kapang *R. oligosporus* sangat berperan penting terutama dari aspek gizi. Kapang ini akan lebih banyak mensintesis enzim protease selama proses fermentasi berlangsung, sehingga kandungan protein dalam tempe sangat tinggi. Kapang *R. oligosporus* juga mengandung enzim fitase sehingga dapat meningkatkan kandungan fosfor dan menghidrolisis asam fitat menjadi inositol dan fosfat bebas (Sarwono, 2004). Wang *et al.*, (1969), melaporkan bahwa kultur *R. oligosporus* memiliki kemampuan tinggi dalam menggumpalkan susu dan memiliki sifat seperti enzim renin yang berasal dari hewan.

Hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium Mikologi/Fitopatologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, diketahui beberapa isolat dari dua jenis inokulum ragi sebagai *R. oligosporus*. Penelitian ini dilakukan berdasarkan uji morfologi sebanyak enam isolat. Identifikasi morfologi terhadap *R. oligosporus* dianggap belum cukup, terkait toleransi terhadap suhu tinggi sering menyebabkan terjadinya perubahan morfologi akibat degenerasi (mutasi spontan) (Mehta dan Olmedo, 2001 dalam Prihatna dan Suwanto, 2007). Uji biokimia dan fisiologi juga dapat dilakukan untuk memastikan isolat tertentu, hanya saja pendekatan ini terlalu rumit dan perlu banyak waktu serta media khusus (Prihatna dan Suwanto, 2007). Ellis (1981) dalam Park *et al.* (2003) melaporkan, uji morfologi sering tumpang tindih dengan uji fisiologi saat menggambarkan keragaman kelompok organisme dalam satu spesies (strain). Strain merupakan kelompok organisme dalam spesies atau varietas, yang ditandai dengan beberapa sifat khas (Danis, 2006). Penggunaan uji morfologi maupun fisiologi membutuhkan banyak perlakuan, agar keragaman dalam satu spesies dapat tergambarkan dengan jelas.

Karakteristik masing-masing strain berkaitan dengan keragaman genetik yang dapat diketahui melalui pendekatan molekuler, salah satunya dengan metode RAPD. Metode ini merupakan penanda DNA yang dapat digunakan dalam mempelajari keragaman strain melalui

polimorfisme (perbedaan urutan DNA pada daerah pengikatan primer oligonukleotida) dalam satu spesies (Bardakci, 2001). Pola pita fragmen DNA yang dihasilkan melalui teknik RAPD dapat digunakan untuk membedakan polimorfisme, baik antarspesies maupun antarstrain (Yüzbaşıoğlu and Dadandi, 2008).

Prinsip kerja dari RAPD yaitu semua pita DNA yang berukuran sama hasil dari amplifikasi dapat dikelompokkan menjadi satu tanpa perlu mengetahui urutan DNA. Hasilnya lebih cepat diketahui tanpa harus menggunakan DNA dalam jumlah banyak, serta proses preparasi relatif lebih mudah jika dibanding dengan teknik lain. RAPD telah banyak digunakan dalam berbagai analisis, namun tidak menutup kemungkinan adanya kelemahan dari metode ini. Kelemahan utama RAPD adalah sifatnya yang dominan, sehingga hasilnya kurang dapat dipastikan (Bardakci, 2001). Penggunaan RAPD juga dapat memberikan hasil yang berbeda apabila diulang (Ellsworth *et al.*, 1993 dalam Lamadji *et al.*, 1999), namun demikian hal ini tidak menjadi masalah apabila proses isolasi DNA telah dioptimalkan dengan baik (Fernandez *et al.*, 2006), serta konsistensi kondisi PCR yang baik pula (Prana dan Hartati, 2003).

Primer berpengaruh terhadap polimorfisme pita yang dihasilkan, karena setiap primer memiliki situs penempelan tersendiri mengakibatkan pita DNA polimorfik yang dihasilkan setiap primer menjadi berbeda, baik dalam ukuran maupun jumlah pita DNA yang dihasilkan (Takaendengan *et al.*, 2011). Julisaniah *et al.*, (2008), juga menjelaskan proporsi primer paling cocok untuk eukariot khususnya fungi yaitu 60%. Primer hasil rancangan yang sering digunakan tersusun atas 8 hingga 10 nukleotida (Fahmi, 2011).

Penelitian ini menggunakan 6 (enam) jenis primer, yaitu OPA 7, OPA 9, OPA 11, OPAH 8, OPAH 9, dan OPC 14. Primer OPA telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian fungi. Primer OPAH dalam laporan Kumar *et al.*, (2005), mampu menghasilkan pola pita yang berbeda pada kultur *Westiellanopsis* sp. dan dapat membedakannya dengan kultur lain. Primer OPC dapat digunakan untuk membuktikan kemurnian varietas kelompok *Rhizopus* dari isolat berbeda (Papp *et al.*, 2011). Primer-primer tersebut sudah banyak dikomersilkan sehingga disamping mudah diperoleh, juga mampu menghasilkan jumlah karakter tak terbatas untuk keperluan analisis keragaman genetik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapat informasi tentang pola pita DNA strain *R. oligosporus* serta menganalisis tingkat keragaman strain *R. oligosporus* dari berbagai inokulum tepe berdasarkan marka RAPD.

## MATERI DAN METODE PENELITIAN

### *Materi, Lokasi dan Waktu Penelitian*

#### *Materi Penelitian*

Bahan yang digunakan meliputi: 6 (enam) isolat *R. oligosporus* hasil identifikasi secara morfologi pada penelitian sebelumnya, media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan komposisi seperti dalam lampiran 1, alkohol 70%, aquades, aquabides, N<sub>2</sub> cair (*liquid nitrogen*), agarosa (Fermentas), larutan *buffer* TAE, alkohol 70%, *buffer* 10x, loading dye, DNA *template*, GeneRuler DNA *ladder* 1kb (Fermentas), primer, dNTPs, enzim DNA *taq polimerase*, EtBr (*Ethidium Bromide*), dan *Xprep Plant DNA Mini Kit* (PKT Philekorea Technology, Korea).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain autoklaf, cawan petri, jarum inokulasi, pembakar spiritus, timbangan analitik tipe EO 2140 (Ohaus Co., USA) dengan ketelitian 0,0001, autoklaf *Prevent Blast Type Pressure Steam Sterilizer*, *Laminar Air Flow* (LAF), labu erlenmeyer ukuran 250 ml, 500 ml, *beaker glass* 1000 ml, baki, pisau, *hot plate*, *stirrer bar*, kompor gas, *sprayer*, skapel, *wrapper*, aluminium foil, plastik klip, label, sarung tangan latex, tissue, kertas parafilm, mortar dan *pestle*, seperangkat mikropipet beserta tip, tabung mikrosentrifuse ukuran 0,2 mL dan 1,5 mL, vortex, evaporator, alat PCR (Techne TC-5000, USA), lemari pendingin (Derby Unic), seperangkat alat elektroforesis (Major Science Minis-150), *UV-Transilluminator* (Major Science UVCI-01-254/365), dan *Implan Nanofotometer* DNA.

#### *Lokasi dan Waktu Penelitian*

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikologi/Fitopatologi Fakultas Biologi dan di Laboratorium Riset Terpadu Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.

### **Metode Percobaan**

Penelitian ini dilakukan dengan metode survey pada 6 (enam) isolat *R. oligosporus* dari dua inokulum berbeda. Data yang diamati mencakup karakter molekuler berupa marka RAPD. Marka tersebut diamplifikasi menggunakan 6 (enam) primer secara acak. Amplifikasi marka RAPD dilakukan menggunakan teknik PCR (*Polymerase Chain Reaction*).

#### **Cara Kerja**

##### **Kultur (peremajaan) isolat *R. oligosporus***

- Alat dan bahan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 2 atm selama 20 menit. Jarum ose disterilisasi menggunakan alkohol 75% dan dibakar langsung pada api lampu spiritus (Davet and Rouxel, 1997).
- Medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) yang digunakan untuk peremajaan isolat *R. oligosporus*, dibuat berdasarkan buku Petunjuk Praktikum Mikologi (2011).
- Peremajaan isolat *R. oligosporus* dilakukan secara aseptis menggunakan metode kultur spora tunggal pada cawan petri berukuran standar (90-100 mm) dan diinkubasi pada suhu ruang selama  $\pm 7$  hari (Pitt and Hocking, 2009).

#### **Isolasi DNA**

Miselium *R. oligosporus* diambil sebanyak  $\pm 0,5$  gram menggunakan skapel steril, kemudian dilakukan isolasi DNA menggunakan *Xprep Plant DNA Mini Kit* (PKT Philekorea Technology, Korea).

#### **Amplifikasi marka RAPD**

Marka genetik yang digunakan dalam penelitian ini adalah RAPD. Marka RAPD diamplifikasi menggunakan 6 (enam) jenis primer acak sebagai berikut: OPA7 (GAAACGGGTG), OPA8 (GTGACGTAGG), OPA9 (GGGTAACCC), OPA11 (CAATCGCCGT), OPAH9 (AGA ACC GAG G), dan OPC14 (TGCGTGCTTG) (Liu *et. al.*, 2008). Reaksi PCR dilakukan dengan volume total 20  $\mu$ L. Campuran untuk reaksi PCR terdiri atas 0,3  $\mu$ L DNA Taq polimerase; 2  $\mu$ L *buffer* 10x; 1,2  $\mu$ L dNTPs; 1  $\mu$ L masing-masing primer (1 mM); 2  $\mu$ L DNA templat dan ddH<sub>2</sub>O 13,5  $\mu$ L.

Siklus termal ditentukan sebagai berikut. Fase denaturasi awal (*initial denaturation*) selama 5 menit pada suhu 94°C, diikuti 30 siklus dengan fase denaturasi (pemisahan untai ganda) 45 detik pada suhu 94°C, *annealing* (penempelan primer) selama 1,5 menit pada suhu 37°C, dan polimerisasi (pemanjangan untai DNA) 1,5 menit pada suhu 72°C. Pemanjangan lanjutan (*final extension*) dilakukan selama 5 menit pada suhu 72°C. Produk PCR yang dihasilkan divisualisasi pada elektroforesis gel agarosa 2% dengan penambahan EtBr 2  $\mu$ L, dan *UV-Cl Transilluminator*.

#### **Konsentrasi DNA**

DNA hasil isolasi diukur konsentrasinya menggunakan *Implan Nanofotometer*, blanko yang digunakan yaitu ddH<sub>2</sub>O 1  $\mu$ L. Sampel DNA yang diukur masing-masing sebanyak 1  $\mu$ L, berdasarkan absorbansi 260-280 nm.

#### **Metode Analisis**

Besar keragaman genetik dianalisis dengan bantuan *software* GenAlex (*Genetic Analysis in Excel*) version 6.1 dan NTSYS (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*) versi 2.02i. Sebelum diaplikasikan ke *software* tersebut, pola marka RAPD yang tervisualisasi pada gel agarosa diubah menjadi data biner (0:1; 0 berarti tidak muncul pita DNA dan 1 berarti muncul pita DNA).

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil isolasi DNA dari isolat *R. oligosporus* diuji secara kualitatif dan kuantitatif. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan kondisi genom menggunakan *Implan Nanofotometer*, absorbansi yang digunakan A260/A280nm (mengetahui adanya kontaminasi protein atau fenol), A260/A230nm (mengetahui kontaminasi polisakarida), dan A260/A320nm (mengetahui kontaminasi karbohidrat). Sesuai pernyataan Gupta and Preet (2012), Sinar UV pada  $\lambda$ 260 dapat diserap oleh untai ganda DNA,  $\lambda$ 280 dapat diserap oleh kontaminan protein ataupun fenol,  $\lambda$ 230

dapat diserap oleh polisakarida, sedangkan  $\lambda$ 320 dapat diserap oleh karbohidrat. Hasil pengukuran yang telah dilakukan menunjukkan konsentrasi DNA yang diperoleh cukup baik, yaitu:

Kode Isolat	A230	A260	A280	A320	A260/A280	A260/A230	Konsentrasi
<b>RRP 1A</b>	0.030	0.016	0.011	0.004	1.714	0.462	6.000
<b>RRP 1B</b>	0.003	0.002	0.002	0.000	1.000	0.667	1.000
<b>RRP 2A</b>	0.017	0.009	0.007	0.004	1.667	0.385	2.500
<b>RRP 2B</b>	0.025	0.016	0.011	0.005	1.833	0.550	5.500
<b>RB 1</b>	0.015	0.007	0.004	0.001	2.000	0.429	3.000
<b>RB 2</b>	0.001	0.003	0.004	0.001	0.667	-	1.000

Menurut Sambrook *et al.*, (1989) dalam Mulyani (2012), kemurnian DNA dapat dihitung secara manual menggunakan rumus :

$$\text{Konsentrasi (C)} = [\text{Absorbansi pada } \lambda A_{260} \times \text{Faktor C}]$$

$$\text{Rasio Kemurnian DNA} = \frac{(\text{Abs pada } \lambda A_{260} - \text{Abs pada } \lambda A_{320})}{(\text{Abs pada } \lambda A_{280} - \text{Abs pada } \lambda A_{320})}$$

Keterangan : Faktor C = 50 $\mu$ g/ml (konsersi unit dari DNA untai ganda)

Standar kemurnian DNA menurut Sambrook *et al.* (1989) dalam Mulyani (2012) berkisar 1,8 sedangkan RNA 2,0. Hasil pengukuran dalam penelitian ini menunjukkan isolat RB1 terkontaminasi RNA, sedangkan isolat dengan kemurnian DNA terbaik adalah pada isolat RRP2B. Isolat lain memiliki tingkat kemurnian kurang dr 1,8, hal ini tidak menjadi masalah mengingat RAPD bersifat random (acak). Menurut Anggereini (2008), salah satu kelebihan RAPD adalah tidak memerlukan konsentrasi DNA dalam jumlah banyak.

RAPD merupakan gabungan metode PCR. Sebelumnya dilakukan proses optimalisasi komposisi mix PCR. yaitu komposisi yang tepat antara ddH<sub>2</sub>O, Buffer 10x, dNTPs, Primer, enzim *Taq Polimerase*, dan DNA sampel hingga diperoleh komposisi yang tepat. Budiarti (1993) dalam Layla (2001) menjelaskan, *buffer* 10x digunakan sebagai penyangga pada proses amplifikasi, dNTPs berfungsi dalam pemanjangan primer membentuk DNA baru, sedangkan *Taq polimerase* berperan dalam proses elongasi. Proses optimalisasi dilanjutkan dengan mencari kondisi PCR yang tepat, khususnya kondisi *annealing* baik suhu maupun waktu seperti pada tabel :

Tabel 3.2. Proses optimalisasi kondisi PCR dan komposisi mix PCR.

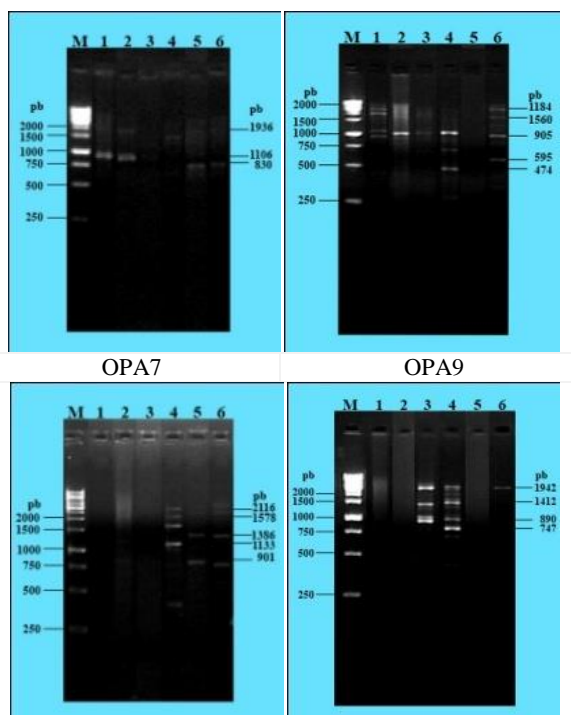
No.	Parameter	Tingkat uji	Tingkat efektif
1.	Buffer 10x ( $\mu$ l)	2,5	2
2.	dNTPs ( $\mu$ l)	1,1.2, 13	1.2
3.	Primer ( $\mu$ l)	1,2	1
4.	Taq ( $\mu$ l)	0.3,0.4	0.3
5.	DNA ( $\mu$ l)	1,2,3,4,8	2
6.	Waktu denaturasi (dalam 94°C)	20'',45'', 1', 17', 30'	45''
7.	Waktu polimerasi (dalam 72°C)	1',1.5',dan 2.5'	1.5'
8.	Waktu annealing	30'', 45'',1',1.5', 2'	1.5'
9.	Suhu annealing (°C)	36,37, 38	37

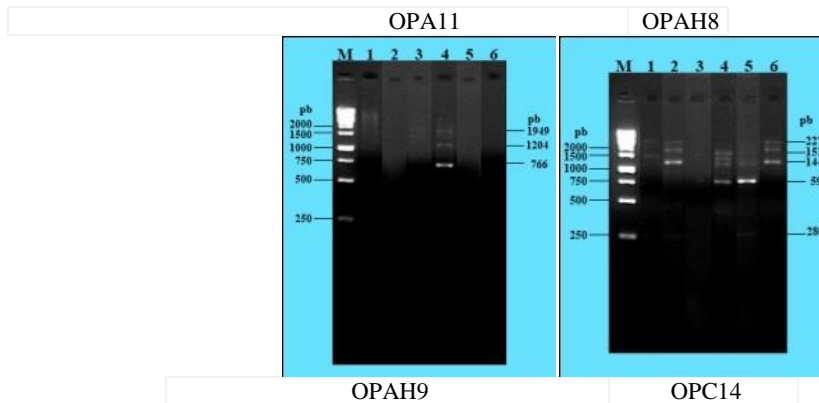
Penelitian mengenai keragaman strain *R. oligosporus* pada penelitian ini menggunakan 6 jenis primer. Semua jenis primer mampu mengamplifikasi pita DNA *R. oligosporus*, meski ada beberapa isolat yang tidak dapat teramplifikasi atau hanya tampak *smear*. Pita DNA yang tidak dapat teramplifikasi dimungkinkan oleh primer yang tidak dapat mengenal urutan DNA komplementer pada DNA *template*. Tingey *et al.* (1994) dalam Poerba dan Martanti (2008) menjelaskan, faktor penting yang mempengaruhi jumlah dan intensitas pita DNA hasil amplifikasi PCR yaitu kemampuan primer dalam mengenal urutan DNA komplementernya pada cetakan DNA (DNA *template*). Tidak menempelnya primer ini bisa terjadi jika kualitas DNA *template* kurang baik, adanya kontaminasi dalam jumlah signifikan dapat mempengaruhi penempelan primer (Weeden *et al.* (1992) dalam Sunandar dan Imron (2010)). Pita DNA yang terbentuk *smear* menurut Weeden *et al.* (1992) dalam Poerba dan Martanti (2008), disebabkan oleh konsentrasi DNA terlalu kecil serta adanya senyawa seperti polisakarida dan senyawa fenolik. Fragmen DNA

ada yang dihasilkan dalam jumlah banyak maupun sedikit, hal ini disebabkan oleh situs penempelan primer yang tersebar dan adanya kompetisi tempat penempelan primer pada DNA *template*. Weeden *et al.* (1992) dalam Poerba dan Martanti (2008) juga menjelaskan, proses amplifikasi hanya dapat mendeteksi beberapa set sebagai pita meskipun proses ini sudah menginisiasi pada beberapa tempat.

Keragaman strain *R. oligosporus* berdasarkan marka RAPD menghasilkan 123 pola pita berbeda dari 6 primer yang digunakan. Pola pita hasil amplifikasi DNA secara acak terletak antara 254 pb hingga 2800 pb (pasang basa). Primer OPA 7 dapat mengamplifikasi pada ukuran 541 hingga 2425 pb, jumlah pita yang terbentuk sebanyak 14 pola pita dengan pita monomorfik pada ukuran 1936 pb (RB2, RB1, dan RRP1B). Isolat RRP2A, RRP2B, dan RB2 merupakan isolat yang teramplifikasi lebih banyak daripada tiga isolat lain. Primer OPA 9 mengamplifikasi pada ukuran 254 hingga 2242 bp. Primer ini menghasilkan jumlah pita paling banyak diantara primer lain, yakni 28 pola pita. Isolat RRP1B mampu teramplifikasi lebih banyak, sedangkan isolat RB1 tidak dapat teramplifikasi sama sekali. Pola pita monomorfik terbentuk pada ukuran 1068 pb antara isolat RRP2B dengan RRP1B, serta pada ukuran 1290 pb antara isolat RB2 dengan RRP2A. Primer OPA 11 mampu mengamplifikasi pita pada ukuran 388 pb hingga ukuran 2800 pb, ukuran ini merupakan yang paling besar diantara ukuran pita lainnya. Pola pita yang terbentuk sebanyak 25 pita, dengan terbentuknya *smear* pada isolat RRP1B. Primer ini menghasilkan pita monomorfik, pada ukuran 1875 pb (RB2, RRP2B) dan 2089 pb (RB2, RRP1B).

Primer OPAH 8 menghasilkan pita berukuran 435 pb hingga ukuran 2241 pb, pola pita yang terbentuk sebanyak 24 pola pita. Pita *smear* juga terbentuk pada satu isolat yaitu RRP1A, sedangkan dua isolat lain tidak teramplifikasi sama sekali (RB1 dan RRP 1B). Isolat RRP2B menghasilkan pola pita terbanyak dibanding isolat lain sebanyak 11 pita DNA. Primer ini menghasilkan pita monomorfik lebih banyak dari primer lainnya, ditemukan pada ukuran 1367 pb, ukuran 1478 pb, dan ukuran 1739 pb pada isolat yang sama (RRP1A, RRP2B), serta pada ukuran 1942 pb (RB2, RRP2B). Amplifikasi menggunakan primer OPAH 9 diperoleh pita berukuran 456 pb hingga 2339 pb, ada 23 pola pita yang terbentuk. Hampir sama dengan OPAH 8, pita DNA *smear* terbentuk pada isolat RRP1A dan tidak teramplifikasi pada isolat RB1. Pola pita monomorfik terbentuk pada ukuran 1277 pb (RRP1A, RRP1B) dan 1456 pb (RRP1B, RRP2B). Primer terakhir yakni OPC 14 mampu mengamplifikasi 23 pola pita, sama dengan yang dihasilkan oleh OPAH 9. Ukurannya antara 265 pb hingga 2315 pb, jika pada OPAH 9 isolat RRP 1A terbentuk *smear*, lain halnya pada OPC14 yang masih dapat teramplifikasi meskipun tipis. Isolat RB1 menghasilkan pita DNA paling banyak diantara isolat lain, secara keseluruhan pita terbentuk polimorfik kecuali pada ukuran 1956 pb dan 2278 pb pada isolat RRP1A dan RB2.





Gambar 3.1. Pola pita marka RAPD hasil amplifikasi menggunakan enam primer berbeda.  
Keterangan: M= DNA ladder, 1= RRP1A, 2= RRP 1B, 3= RRP 2A, 4= RRP2B, 5= RB1, 6= RB2

Pola pita yang dihasilkan dalam penelitian ini berbeda satu sama lain, perbedaan ini menunjukkan keragaman strain *R. oligosporus* yang digunakan. Semakin besar perbedaan pola pita yang dihasilkan maka kekerabatannya semakin jauh, sebaliknya semakin mirip pola pita menunjukkan kekerabatan yang semakin dekat (Litaay *et al.*, 2012).

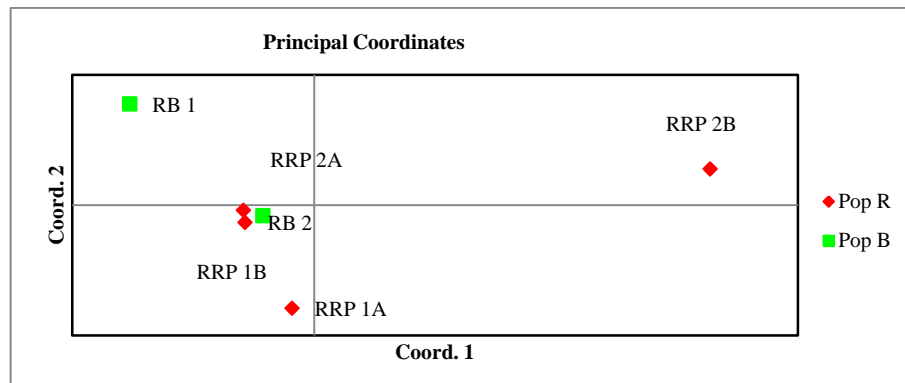
Keragaman genetik *R. oligosporus* selain dilihat dari perbedaan pola pita, dapat diukur juga menggunakan tingkat polimorfisme dari dua populasi (R dan B). Jumlah lokus yang terbentuk sebanyak 123 lokus, perolehan ini berdasarkan pada jumlah pita DNA yang terbentuk. *Software GenAlex 6.1* digunakan salah satunya untuk mengetahui tingkat polimorfisme, hingga diperoleh nilai 68,29% pada populasi R dan 37,40% pada populasi B dengan rata-rata mencapai 52,85%. Hasil ini menunjukkan bahwa masing-masing populasi memiliki tingkat polimorfisme cukup tinggi. Menurut Poerba dan Martanti (2008) tingkat polimorfisme dikatakan tinggi apabila memiliki >50% pita polimorfik.

Jarak genetik menurut definisi Nei (1987) dalam Litaay *et al.* (2012), ialah tingkat perbedaan gen (perbedaan genom) diantara suatu populasi atau spesies. Jarak genetik menunjukkan hubungan kekerabatan yang berbanding lurus, semakin besar jarak genetik akan semakin jauh hubungan kekerabatannya. Jarak genetik yang semakin kecil menunjukkan hubungan kekerabatan yang semakin dekat. Berdasarkan hasil yang diperoleh, jarak genetik antara dua populasi yang terdiri dari 6 (enam) isolat yaitu antara 25-60%. Jarak genetik paling rendah yaitu antara RRP2A dengan RRP1B sebesar 25%, sedangkan jarak tertinggi antara isolat RRP2B dengan RB1 sebesar 60%. Isolat lain bahkan memiliki jarak genetik yang sama, yakni antara isolat RRP1A-RRP2A dengan isolat RRP2A-RB1 sebesar 41%. Isolat RB1-RB2 juga memiliki nilai yang sama dengan isolat RRP2B-RRP1B sebesar 46%. Jarak genetik yang rendah mengindikasikan semakin dekatnya kekerabatan masing-masing isolat *R. oligosporus*, sehingga dimungkinkan keduanya berada dalam strain yang sama, sebaliknya jarak genetik yang tinggi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan satu sama lain.

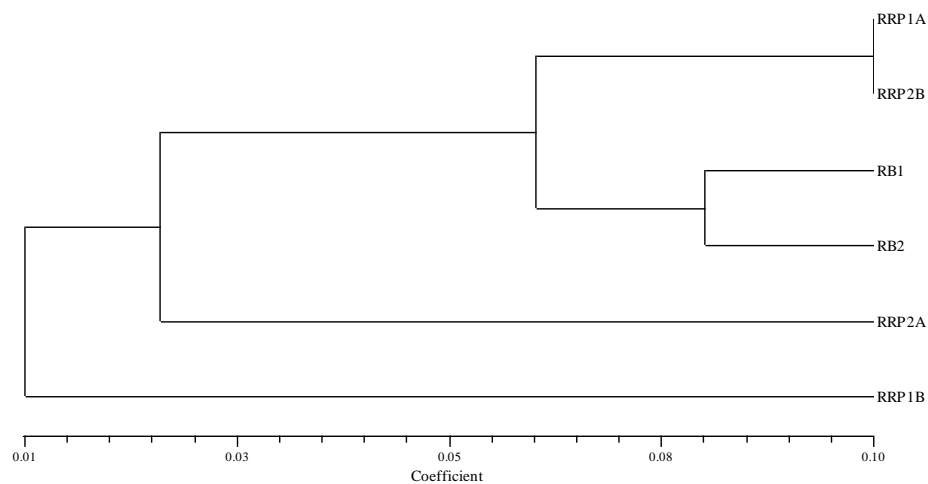
PCA (*Principal Coordinates Analysis*) adalah salah satu teknik multivariansi untuk menemukan dan menentukan pola pita utama dalam suatu data multivariansi. PCA merupakan suatu proses dimana jarak axis berada dalam suatu lokasi multidimensional (Peakall and Smouse, 2007). PCA digunakan untuk mengetahui perbedaan utama karakter diantara beberapa populasi, dan juga dapat mengindikasikan kemungkinan perkumpulan antara karakteristik yang dievaluasi. PCA dapat menunjukkan matriks korelasi karakter yang diperoleh, komponen nilai beberapa individu yang diteliti dalam dua dimensi. Penelitian keragaman strain *R. oligosporus* menunjukkan adanya dua dimensi atau dua kelompok, seperti dalam gambar berikut 3.2.

Hubungan kekerabatan suatu populasi selain dapat dinyatakan dalam angka-angka juga dapat diperlihatkan dalam bentuk dendogram (Singh (1995) dalam Litaay *et al.* (2012)). Hubungan kekerabatan enam isolat *R. oligosporus* yang diperlihatkan dendogram berada dalam dua kelompok besar. Kelompok pertama terdiri dari isolat RRP1A yang berkerabat dekat dengan RRP2B, serta RB1 dengan RB2. Hasil ini mengindikasikan keempat isolat tersebut berada dalam kekerabatan yang dekat. Isolat RRP2A dengan RRP1B masuk dalam kelompok kedua dengan kekerabatan yang cukup jauh. Jarak kelompok pertama cukup jauh dengan kelompok kedua, ada kemungkinan isolat pada kelompok kedua merupakan isolat yang berbeda.





Gambar 3.2. Koordinat keragaman strain *R. oligosporus* berdasarkan analisis PCA (*Principal Coordinates Analysis*).



Gambar 3.3. Dendrogram keragaman strain *R. oligosporus* berdasarkan analisis NTSYS (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analisis System*).

Indeks similaritas antarisolat didapat berdasarkan formula Nei dan Li (1979), besar indeks similaritas ini sebanding dengan nilai jarak genetik pada dendrogram. Isolat RRP2B memiliki indeks similaritas tertinggi dengan isolat RRP1A, sedangkan isolat RB2 memiliki indeks similaritas terendah dengan isolat RRP1A. Dendrogram maupun indeks similaritas yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa isolat RRP1A dan RRP2B memiliki kekerabatan yang sangat dekat, indeks similaritasnya mendekati 1 (96%). Perolehan ini sesuai dengan hasil RAPD menggunakan primer OPAH 8 yang menunjukkan beberapa pola pita monomorfik antara kedua isolat tersebut, yaitu pada ukuran 1367 pb, 1478 pb, dan 1739 pb. Isolat RB1 juga memiliki kekerabatan yang dekat dengan isolat RB2 (80%), perolehan ini sangat wajar karena kedua isolat tersebut berasal dari inokulum (ragi) yang sejenis. Menurut Martasari *et al.* (2009), organisme dikatakan berkerabat dekat jika memiliki indeks similaritas lebih dari 50%. Lebih jauh Setiawan (2003), memaparkan bahwa organisme dengan indeks similaritas lebih dari 60% dapat digolongkan dalam satu genus. Isolat RRP1B dengan isolat RRP2A memiliki similaritas paling rendah yakni 0%, perolehan ini menunjukkan keduanya berkerabat sangat jauh.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menampilkan pola pita DNA dari enam strain *R. oligosporus* yang berbeda satu sama lain, baik jumlah maupun ukurannya. Berdasarkan marka RAPD, strain *R. oligosporus* dari berbagai inokulum tempe memiliki tingkat keragaman yang cukup tinggi. Isolat RRP2B memiliki kekerabatan paling dekat dengan isolat RRP1A hingga 96%, sementara kekerabatan yang paling jauh yaitu isolat RRP2A dengan isolat RRP 1B dengan indeks similaritas sebesar 0%.

Kajian ini dapat dijadikan langkah awal dalam menentukan suatu kombinasi strain, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan jumlah isolat *R. oligosporus* yang lebih banyak serta jenis inokulum yang lebih beragam untuk dapat dikombinasikan, guna peningkatan kualitas tempe khususnya di kawasan Banyumas.

#### DAFTAR REFERENSI

- Anggereini, Evita. 2008. Random amplified polymorphic DNA (RAPD), suatu metode analisis DNA dalam menjelaskan berbagai fenomena biologi. *Biospecies*, 1(2): 73-76.
- Bardacki, F. 2001. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers. *Turk J Biol*, 25 :185-196.
- Danis, D. 2006. Kamus Istilah Kedokteran. Gitamedia Press, Jakarta.
- Fahmi, Z. I. 2011. Pemanfaatan eknologi DNA Molekuler dalam Identifikasi dan Verifikasi Varietas Tanaman Perkebunan. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan, Surabaya.
- Fernandez, M. Sofia V. A., and Claudio B. L. 2006. RAPD and freezing resistance in *Eucalyptus globules*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 9: 3.
- Gupta, S. and S. Preet. 2012. Protocol optimization for genomic DNA extraction and RAPD-PCR in mosquito larvae (Diptera: Culicidae). *Annals of Biological Research*, 3 (3): 1553-1561.
- Julisaniah, N. I., L. Sulistyowati, A. N. Sugiharto. 2008. Analisis kekerabatan mentimun (*Cucumis sativus* L.) menggunakan metode RAPD-PCR dan isozim. *Biodiversitas*, 9(2): 99-102.
- Kumar, H. S., A. Parvathi, I. Kasunasagar, and I. Kasunasagar. 2005. Prevalence and antibiotic of *Escherichia coli* in tropical seafood. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21 : 619-623.
- Lamadji, S., K. A. Wahyudi, Widjaningsih, T. Kuntorohartono, M. Bustaman, N. K. Rustini and S.Pratamaningsih. 1999. Optimazation of random amplified polymorphic DNA tehique to reveal genetic diversity of sugarcane germplasm. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 252-302.
- Layla, Zulqoyah. 2001. Teknik penggunaan marka RAPD dengan PCR. Temu Teknis Fungsional Non Peneliti. Bogor.
- Litaay, M., R. Agus., St. Ferawati, Rusmidin. 2012. Variasi genetik abalontropis *Haliotis asinina* L. asal sulawesi selatan; prospek budidaya. Makalah Disampaikan Pada ICAI 2012 : 23-24 November 2012, Semarang.
- Liou, G. Y., S. R. Chen, Y.H. Wei, F.L. Lee, H.M. Fu, G. F. Yuan, J. A. Stalpers. 2007. Polyphasic approach to taxonomy of the *Rhizopus stolonifer* group. *Mycological Research*, 111: 196-203.
- Liu, T.H., H.M. Lin, and R.Y.Wu. 2008. Identification of *Astragalus* medicine using scar markers. *Journal of Food and Drug Analysis*, 16 (5): 57-62.
- Mulyani, Y., Agus Purwanto, dan Isn Nurruhwati. 2012. Perbandingan beberapa metode isolasi DNA untuk deteksi dini *Koi Herpes Virus* (KHV) pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). Universitas Padjajaran, Jatinangor.
- Papp, T., Henrietta Heinrich, Klára Ács, and Csaba Vágvölgyi. 2011. Genetic variability in the species *Rhizopus stolonifer*, assessed by RAPD analysis. *HAS-USZ Microbiological Research Group, Department of Microbiology, Faculty of Sciences, University of Szeged, Hungary*.
- Park, Y. J., Y-K Choi, and B-R Min. 2003. PCR-DGGE and PCR-RFLP Analyses of the Internal Transcribed Spacer (ITS) of ribosomal DNA in the genus *Rhizopus*. *The Journal of Microbiology*, 41 (2): 157-160.
- Peakall, R. and P. E. Smouse. 2006. Genalex 6: genetic analysis in excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Biology Notes*, 6 (288-295).
- Poerba, Y. S. dan D. Martanti. 2008. Keragaman genetik berdasarkan marka *Random Amplified Polymorphic DNA* pada *Amorphophallus muelleri* Blume di jawa. *Biodiversitas*, 9 (4):245-249.
- Prana, T. K. dan N. S. Hartati. 2003. Identifikasi sidik jari DNA talas (*Colocasia esculenta* L. Schott) Indonesia dengan teknik RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), skrining primer dan optimalisasi kondisi PCR. *Jurnal Natur Indonesia*, 5 (2):107-112.
- Prihatna, Cahya and Antonius Suwanto. 2007. Phenotypic, metabolic, and genetic diversity of the Indonesian isolates of *Rhizopus oligosporus*. *Microbiology Indonesia*, 1(1): 27-32.
- Pudjiraharti, S., T. A. Budiwati, dan Y. M. Iskandar. 1996. Studi aplikasi ampas tahu untuk inokulum strain *Rhizopus* protease tinggi. *Prosiding Seminar Tantangan Penelitian Kimia LIPI*, Bandung.
- Sarwono, B. 2004. Membuat Tempe dan Oncom. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Takaendengan, B. J., Ronny R. N., Cece S., dan Sri A. 2011. Jarak genetik populasi kuda lokal sulawesi utara berdasarkan analisis morfologi dan polimorfisme protein darah. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11 (1).
- Wang, H. and Murphy, P.A. 1969. Isoflavone content of commercial soybean foods. *J. Agric. Food. Chem.* (42): 1666-1673.
- Williams, J.G.K., A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Rafalski, and S.V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18: 6513-6535.
- Yuliani, C. Hidayat, Supriyadi. 2007. Isolasi jam ur penghasil lipase dari tanah, tempe, dan ragi tempe. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 3(1) : 19-26.
- Yüzbaşıoğlu, E. M. Y. dan Dadandi. 2008. Phylogenetic relationships among species of the subsection *Dendrophlomis bentham*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 11: 4.

## Keanekaragaman *Pandanus* dan Pemanfaatannya oleh Suku Sentani di Kabupaten Jayapura, Papua

**Lisye Iriana Zebua**

*Program Studi Biologi FMIPA-Universitas Cenderawasih*  
*Email : lis\_pandanus@yahoo.com*

Tumbuhan *Pandanus* merupakan tumbuhan dengan jangkauan wilayah ekologi yang luas di New Guinea. Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui jenis-jenis *Pandanus* dan pemanfaatannya oleh suku Sentani. Penelitian berlangsung selama 3 bulan di tiga kampung, yaitu kampung Yoka, Doyo, dan Netar. Metode penelitian menggunakan metode deskriptif dengan teknik observasi dan wawancara terstruktur. Hasil penelitian ditemukan 5 jenis *Pandanus* di sekitar wilayah Sentani, yaitu *P. tectorius* Parkinson, *P. amaryllifolius*, *P. lauterbachii* K. Schh & Warb., *P. conoideus* Lam., dan *P. krauelianus* K. Schum. Tumbuhan *Pandanus* yang dimanfaatkan oleh suku Sentani antara lain *P. tectorius* Parkinson digunakan untuk membuat tikar, *P. amaryllifolius* digunakan untuk memasak dan membuat kue dan *P. conoideus* Lamarck digunakan untuk membuat atap rumah.

Kata kunci : Keanekaragaman, *Pandanus*, pemanfaatan, suku Sentani

## Ekologi Persarangan Burung Maleo Gunung (*Aepyodius arfakianus*) di Kawasan Cagar Alam Pegunungan Arfak-Papua Barat

Hotlan Manik<sup>1</sup> dan Agustinus Kilmaskossu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Peternakan Fakultas Peternakan Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPPK),  
Universitas Negeri Papua

<sup>2</sup>Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA),  
Universitas Negeri Papua  
Email : manik\_hotlan@yahoo.co.id

Pemanfaatan telur dan daging burung Maleo gunung (*Aepyodius arfakianus*) yang tidak terkendali akan mempercepat kepunahan satwa liar ini di habitat alam. Usaha penangkaran diluar habitat untuk tujuan pemanfaatan perlu mendapat perhatian sehubungan dengan usaha konservasi dan pemenuhan kebutuhan manusia. Usaha percepatan populasi dilakukan dengan salah satunya mengetahui reproduksi secara buatan, untuk itu perlu pengetahuan dasar tentang ekologi persarangan burung maleo gunung yang meliputi karakteristik fisik sarang, iklim mikro dan struktur telur di dalam sarang alami. Data dasar ini merupakan acuan pembuatan alat tetas buatan yang diharapkan meningkatkan daya tetas. Penelitian ini dilaksanakan di Kampung Sigim Distrik Minyambow Kabupaten Manokwari Propinsi Papua Barat selama 4 bulan (Mei-Agustus) 2012. Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan tehnik observasi lapang. Pengambilan data dilakukan secara purposif pada lokasi ditemukan sarang Maleo gunung (*Aepyodius arfakianus*). Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik fisik sarang Maleo gunung yaitu bentuk sarang gunung api, ukuran sarang:: diameter sarang rata-rata 2,52 m; tinggi sarang rata-rata 1,17 m. Iklim mikro sarang yaitu suhu diluar sarang rata-rata 22,78±1,1 °C, suhu didalam sarang rata-rata 32,87±2,4 °C, Kelembaban diluar sarang rata-rata 74,52±2,2%, Kelembaban didalam sarang rata-rata 88,14±3,1% dan intensitas cahaya rata-rata 1.200 Lux dan struktur telur dalam sarang yaitu rata-rata kemiringan telur 5,5°, kedalaman telur rata-rata 65,4 cm dan jarak antar telur rata-rata 6,3 cm serta pola telur mengitari sarang.

Kata kunci : Ekologi Persarangan, Maleo gunung (*Aepyodius arfakianus*), Cagar Alam Pegunungan Arfak, Papua Barat

### PENDAHULUAN

Burung Maleo gunung seperti jenis Megapoda umumnya merupakan satwa yang unik, salah satunya dalam perkembangbiakkannya. Burung ini meletakkan telurnya di dalam gundukan dedaunan dan ranting-ranting mati (Beehler dkk., 2001). Masyarakat Papua telah lama memanfaatkan burung megapoda sebagai sumber pangan maupun menambah pendapatan keluarga. Populasi burung ini diduga mengalami penurunan akibat degradasi habitat dan perburuan burung maupun telur oleh masyarakat setempat (Manik, 2008).

Keadaan di atas menggambarkan, bahwa burung ini akan terancam bila tidak ada pengawasan dan pengendalian yang tepat. Tindakan penangkaran secara *in-situ* maupun *ex-situ* belum banyak dilakukan dan walaupun ada masih sedikit informasi yang diperoleh, terutama dari segi perkembangbiakkannya. Usaha penetasan telur burung Maleo gunung yang pernah dilakukan dengan mesin tetas oleh Manik dkk., (2009) memperoleh daya tetas rendah 33,3%. Usaha modifikasi penetasan oleh Manik (2011) mendapatkan data kematian embrio terjadi pada periode kritis pada mesin tetas konvensional. Metode alternatif lain yaitu merancang alat tetas yang sesuai dengan penetasan alami sehingga mendukung proses perkembangan embrio selama penetasan, sehingga daya tetas dan kualitas anak burung dapat ditingkatkan.

Bertolak dari permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dasar dalam merancang alat tetas telur burung Maleo gunung yang dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil tetas. Tujuan penelitian tahun pertama yaitu mengetahui karakteristik fisik, iklim mikro dan struktur telur dalam sarang alami burung Maleo gunung (*Aepyodius arfakianus*)

### METODE PENELITIAN

Penelitian tahun pertama dilaksanakan di Kampung Sigim dan Mokwam Distrik Minyambow. Penelitian berlangsung selama 4 bulan. Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan tehnik observasi lapang. Pengambilan data dilakukan secara purposif pada lokasi ditemukan sarang Maleo gunung (*Aepyodius arfakianus*). Pengambilan data secara langsung dilapangan dilakukan dengan mengamati karakteristik sarang dan suhu serta kelembaban selama penetasan alami telur burung Maleo gunung yang ditemukan pada areal penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Karakteristik Fisik Sarang*

#### *Bentuk Sarang*

Sarang yang ditemukan selama pengamatan lapangan pada umumnya berbentuk gunung api, yaitu terlihat seperti gundukan serasah dedaunan dan ranting-aranting serta akar-akaran, dimana pada bagian puncak sarang membentuk lubang atau kawah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jones dkk, (1995) bahwa sarang burung Maleo gunung (*Aepyodius arfakianus*) berbentuk gunung vulkanik, hal ini diperkuat Dekker dan Brom (1990) yang menyatakan bahwa Megapoda pembangun sarang membentuk tumpukan serasah dedaunan yang digunakan memproduksi panas yang dihasilkan oleh hasil dekomposisi mikroba.

#### *Ukuran Sarang*

Dari hasil pengukuran sarang yang didapat diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran sarang *Aepyodius arfakianus*

Komponen	n	Rata-rata	Maximum	Minimum
Diameter (m)	5	2,52	3,80	1,60
Tinggi sarang (m)	5	1,17	1,80	0,42

Keterangan : n = jumlah sampel

Dari tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa sarang yang ditemukan dilokasi penelitian berukuran tinggi rata-rata 1,17 m antara 0,42- 1,80 m dengan diameter rata-rata 2,52 m antara 1,60-3,80 m. Pada daerah pengamatan ukuran sarang yang diperoleh bervariasi diduga karena perbedaan lamanya penggunaan pemukiman sarang oleh burung Maleo. Sarang yang baru dibuat volume serta kepadatan sarang masih kecil jika dibandingkan dengan sarang yang telah beberapa kali digunakan. Megapoda pembangun sarang seperti Maleo gunung merupakan pengguna sarang tetap oleh kelompok burung ini, hal ini sesuai pernyataan Carey (1980) bahwa burung pembangun sarang umumnya secara periodik mengganti dan menambahkan vegetasi berupa daun-daunan sebagai pengatur ventilasi udara sarang.

#### *Bahan Penyusun Sarang*

Hasil pemilahan, persentase dan kandungan bahan penyusun sarang yang diambil dengan wadah sebuah ember 10 liter sebanyak 1 ember untuk masing-masing sarang yang dijadikan sampel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pemilahan bahan dan persentase kandungan Bahan Penyusun Sarang *Aepyodius arfakianus*

Komponen	n	Hasil identifikasi
Bahan dan persentase (%)	5	Tanah dan serasah dedaunan (70%) Potongan kayu dan ranting (25%) Pecahan bebatuan kecil (5%)
Vegetasi penyusun sarang	5	<i>Syzygium sp, Leucosyke sp, Nauclea sp, Litsea sp, Diplazium sp, Pipturus sp, Eugenia sp, Alchornea sp, Sterculia sp dan Aglia sp.</i>

Keterangan : n = jumlah sampel

Pada Gambar 3. Komposisi sarang pada daerah pengamatan paling banyak didominasi oleh tanah dan serasah dedaunan (70%) dengan bentuk sarang yang cukup besar. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan penelitian Manik (2008) di Kampung Mokwam didapatkan komposisi tanah dan dedaunan mencapai 84,69%. Hasil ini menunjukkan bahwa serasah berupa dedaunan pada sarang burung Maleo gunung merupakan komponen utama penghasil panas hasil dekomposisi mikroba.

Bahan penyusun sarang dari sampel sarang hasil pemilahan didominasi oleh jenis *Leucosyke sp, Nauclea sp, Litsea sp, Syzygium sp, Diplazium sp, Pipturus sp, Eugenia sp, Alchornea sp, dan Sterculia sp*. Jenis vegetasi yang digunakan Maleo gunung di Kampung Sigim tidak berbeda jauh dengan Penelitian Manik (2008), namun jika dibandingkan dengan hasil

penelitian Seymour dan Bradford (1992) pada Megapoda pembangun sarang yang lain seperti Brush turkey (*Alectura lathami*) didominasi oleh *Eucalyptus diversifolia*, *E. Landsdowneana* dan *Acacia retinoides* Hasil pengamatan terhadap bahan penyusun sarang berupa dedaunan diperoleh dari vegetasi sekitar sarang yang akan dibuat, menunjukkan bahwa disekitar lantai hutan tempat sarang burung ini biasanya sangat bersih karena semua bahan material digunakan untuk pembangunan sarang.

Gambar 3. Hasil Pemilahan Bahan Penyusun sarang



Keterangan : 1. Tanah dan serasah dedaunan  
2. Potongan kayu dan ranting  
3. Pecahan batu kecil

### Mikroklimat Sarang

Hasil penelitian mikroklimat sarang yang diperoleh selama penelitian dilakukan disajikan dalam tabel 2.

Komponen	n	Rata-rata± <i>Sd</i>	Maximum	Minimum
Suhu diluar sarang (°C)	5	22,78±1,1	23,6	19,3
Suhu didalam sarang (°C)	5	32,87±2,4	38,0	29,0
Kelembaban diluar sarang (%)	5	74,52±2,2	80	73
Kelembaban didalam sarang (%)	5	88,14±3,1	90	80
Intensitas cahaya ( <i>Lux</i> )	5	1200	1500	600

Keterangan : n = jumlah sampel *Sd* = standard deviasi

### Suhu sarang

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh pada tabel 2 diatas suhu diluar dan didalam sarang sangat bervariasi, hal ini menunjukkan hasil kerja dekomposisi mikroba penghancur serasah di dalam sarang. Suhu didalam sarang yang diperoleh rata-rata 32,71°C, bervariasi dari 29°C hingga 38°C. Penelitian suhu sarang selama penetasan alami burung Brush turkey (*Alectura lathami*) di Australia diperoleh variasi 25 hingga 40°C namun biasanya bervariasi 32 dan 36°C, hal ini disebabkan cuaca yang ekstrim seperti disebabkan intensitas curah hujan yang sangat tinggi selama beberapa minggu (Eiby dan Booth, 2009) sedangkan penelitian Goth dan Booth (2004) suhu rata-rata 34°C yang bervariasi dari 30°C, hingga 38°C.

### Kelembaban

Kelembaban sarang sangat dipengaruhi oleh iklim mikro yang ada pada tempat tersebut. Pada daerah hutan kelembabannya cukup tinggi karena hal ini yang membantu terjadinya proses dekomposisi atau penguraian serasah yang hasilnya adalah panas yang akan digunakan untuk mempertahankan suhu sarang. Hasil pengukuran kelembaban didalam sarang rata-rata 88,14%, lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Rumpler (1988) pada jenis *Brush turkey* dengan kelembaban 80% namun lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Vleck dkk

(1984) dapat mencapai 100%. Kelembaban yang cukup tinggi ini menunjukkan fungsi serasah sebagai insulator untuk menjaga kadar air mengurangi produksi panas dan memfasilitasi oksigenasi yang memadai bagi telur (Seymour dkk, 1986).

#### *Intensitas cahaya*

Intensitas cahaya pada lokasi penelitian cukup bervariasi dari 600 hingga 1500 lux dengan rata-rata 1.200 Lux. hal ini diduga karena sarang yang ditemukan dilokasi penelitian cukup bervariasi dari daerah yang cukup terbuka hingga berdekatan dengan vegetasi yang cukup rapat, hal ini menunjukkan bahwa pemilihan lokasi sarang oleh pejantan Maleo lebih pada vegetasi pembangun sarang dibandingkan pengaruh intensitas cahaya. Hasil pengamatan lokasi sarang juga menunjukkan pemilihan sarang umumnya didaerah yang memiliki kemiringan sehingga dapat menghindari terendahnya sarang akibat curah hujan yang tinggi. Penelitian intensitas cahaya yang dilaporkan Sofyan (2001) pada jenis burung *Megapodius freycinet* pada daerah Pulau Mansinam Manokwari rata-rata 1.340 Lux.

#### *Struktur Telur*

Hasil penelitian struktur telur burung Maleo gunung didalam sarang yang diperoleh dari habitat alami tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Struktur telur burung Maleo gunung (*Aepyodius arfakianus*) didalam sarang

Komponen	n	Rata-rata	Maksimum	Minimum
Posisi kemiringan telur ( <sup>0</sup> )	20	5,5	15	0
Kedalaman telur (cm)	20	65,4	99	43
Jarak antar telur (cm)	20	6,3	10	4
Pola telur dalam sarang	5	Mengitari sarang		

Keterangan : n = jumlah sampel

#### *Posisi kemiringan telur*

Dari hasil pengamatan pada sarang telur burung Maleo gunung, keseluruhan kerabang telur bagian lancip terdapat dibagian bawah sedangkan posisi telur bervariasi 0-15<sup>0</sup>, hal ini sedikit bervariasi yang ditemukan Manik dkk (2011) pada sarang Maleo gunung bervariasi hingga 10<sup>0</sup> dan semua telur diletakkan pada posisi bagian lancip dibagian bawah.

#### *Kedalaman telur*

Sarang burung Maleo Gunung yang diperoleh dari hasil pengamatan, bervariasi 43-99 cm, kedalaman telur dari permukaan sarang *Aepyodius arfakianus* yang dilaporkan Kloska dan Nicolai (1988) berkisar 25 hingga 50. Kedalaman telur ini diduga berhubungan dengan suhu dan kelembaban yang optimal selama penetasan berlangsung. Variasi yang ada ini sejalan dengan pernyataan Jones (1988), bahwa megapoda pembangunan sarang, pengaturan suhu dan kelembaban pada Megapoda pembangun sarang secara umum dilakukan oleh pejantan sedangkan kedalaman telur bergantung pilihan betina.

#### *Jarak antar telur*

Hasil pengamatan terhadap jarak telur dalam sarang menunjukkan rata-rata 6,3 cm, hal ini menunjukkan jarak antar telur berhubungan dengan periode peneluran setiap betina (*Clutch*). Hasil ini sesuai pengamatan lapangan menunjukkan adanya terowongan didalam sarang sehingga setiap individu betina telah memilih tempat yang sesuai dengan suhu dan kelembaban yang sesuai. Hasil penelitian ini didukung pernyataan Goth (2007) bahwa tidak semua pejantan brush turkey memiliki kemampuan membangun sarang dengan pengaturan temperatur yang stabil.

#### *Pola telur dalam sarang*

Hasil Pengamatan telur didalam sarang, telur diletakkan mengelilingi sarang, pada sarang yang besar pola telur akan bertingkat mengelilingi sarang.

### **SIMPULAN**

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik sarang Maleo gunung yaitu bentuk sarang gunung api, ukuran sarang : diameter sarang rata-rata 2,52 m; tinggi sarang rata-rata 1,17 m. Bahan penyusun sarang tanah dan serasah dedaunan (70%), potongan kayu dan

ranting (25%), pecahan bebatuan kecil (5%), vegetasi sarang terdiri dari *Syzygium sp*, *Leucosyke sp*, *Nauclea sp*, *Litsea sp*, *Diplazium sp*, *Pipturus sp*, *Eugenia sp*, *Alchornea sp*, *Sterculia sp* dan *Aglia sp*. Mikroklimat sarang yaitu suhu diluar sarang rata-rata  $22,78 \pm 1,1$  °C, suhu didalam sarang rata-rata  $32,87 \pm 2,4$  °C, Kelembaban diluar sarang rata-rata  $74,52 \pm 2,2\%$ , Kelembaban didalam sarang rata-rata  $88,14 \pm 3,1\%$  dan intensitas cahaya rata-rata  $1.200$  Lux dan struktur telur dalam sarang yaitu posisi telur dengan kemiringan  $5,5^{\circ}$ , kedalaman telur rata-rata  $65,4$  cm dan jarak antar telur rata-rata  $6,3$  cm serta pola telur mengitari sarang.

### Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M Dikti yang telah memberikan dana penelitian melalui Hibah Bersaing, sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa, Nakeus Muid, Pailus Wenda, Yorim Tengket yang telah membantu pengumpulan data selama penelian dilakukan dan kepada masyarakat Kampung Sigim atas kerjasama yang telah diberikan dalam membantu penelitian ini dari awal sampai akhir.

### DAFTAR PUSTAKA

- Beehler, B.M., Pratt dan Zimmerman. 2001. Burung-Burung di Kawasan Papua. Puslitbang Biologi-LIPI. Jakarta
- Carey Cynthia. 1980. The Ecology of Avian Incubation. BioScience, Vol.30,No.12 ,pp 819-824
- Dekker, R. W and T.G. Brom. 1990. Maleo Eggs and The Amount of Yolk in Relation to Diffrent Incubation Strategies in Megapodes. Australian Journal of Zoology 38:19-24
- Goth, A., and D. T. Booth. 2004. Temperature Dependent Sex Ratio in a Bird. Bology Letters 1:31-33
- Eiby Y. and D. Booth. 2009. The Effects of Incubation Temperature on The morphology and Composition of Australian Brush-turkey (*Alectura lathami*) chicks. J Comp Physiol B 179:875-882
- Jones, D.N.1988.Construction and Maintenance of the Incubation Mounds of the Australian Brush-turkey *Alectura lathami* .Emu, 88:210-218
- Jones, D.N., R. Dekker and C.. Roselaaar. 1995. The Megapodes. Bird Families of the World. Oxford University Press.
- Kloska, C. and J. Nicolai. 1988. Fortpflanzungsverhalten des Kamm-Talegalla (*Aepyodius arfakianus* Salvad). *Journal fur Ornithologie*, 129, 185-204.
- Manik, H. 2008. Ekologi Persarangan Burung Maleo Gunung (*Aepyodius arfakianus*) pada areal Aliran Kali Mokwam Kabupaten Manokwari Papua Barat. Jurnal Ilmu Peternakan. Vol 3 (2) hal 101-106
- Manik, H., B.W. Irianti Rahayu dan Angelina N. Tethool. 2009. Uji Keberhasilan Penetasan Burung Maleo Gunung (*Aepyodius arfakianus*) dengan Mesin Tetas. Jurnal Ilmu Peternakan . Vol 4 (1) hal 35-41
- Manik,H.,Tri Yuwanta dan Kustono.2011. Modifikasi Penetasan Telur Burung Maleo Gunung (*Aepyodius arfakianus*) untuk Meningkatkan Daya Tetas. Jurnal Buletin Peternakan Fakultas Peternakan UGM
- Rumpler,G.1988. Erster Nachwuchs bei den Buschhuhnern *Alectura lathami* im allwetterzoo Munster. Gefiederte welt 112: 254-255
- Seymour, R. S., D. Vleck and C. M.Vleck. 1986. Gas Exchange in The Incubation Mounds of Megapode Birds. Journal of Comparative Physiology, 156B, 773-82.
- Sofyan.2001. Ekologi Persarangan Megapoda Kelam (*Megapodius freycinet* G) dan Status Populasinya di Pulau Mansinam. Skripsi Sarjana Kehutanan. UNIPA Manokwari
- Vleck, D., C. M. Vleck and R.S. Seymour.1984. Energetics of Embryonic Development in The Megapodes Birds. Mallee fowl *Leipoa ocellata* and Brush turkey *Alectura lathami*. Physiol. Zool. 57:444-456



# Keanekaragaman Arthropoda Pada Persawahan Irigasi Di Kalimantan Selatan Studi Kasus Di Desa Sungai Rangas

Samharinto<sup>1</sup>, Abdul Latief Abadi<sup>2</sup>, Bambang Tri Rahardjo<sup>2</sup> dan Hakimah Halim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Email : samharinto@yahoo.com

Telah dilakukan penelitian terhadap arthropoda pada tanaman padi sawah beririgasi di desa Sungai Rangas Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan sejak bulan April – Nopember 2011. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui jumlah, status dan keanekaragaman arthropoda yang terdapat pada tanaman padi di persawahan yang beririgasi. Untuk mengetahui jumlah, jenis dan keanekaragaman jenis arthropoda tersebut dilakukan penangkapan arthropoda dengan menggunakan jaring serangga, jebakan sumuran, dan perangkap kuning. Arthropoda yang tertangkap diidentifikasi berdasarkan morfospesies dan dikelompokkan menjadi arthropoda fitofagus, parasitoid, predator dan lainnya. Keanekaragaman jenis arthropoda ditentukan dengan indeks keanekaragaman jenis menurut Shannon-Wiener. Dari hasil penelitian telah diketahui arthropoda fitofagus berjumlah 4.579 ekor yang terdiri dari 46 jenis, parasitoid berjumlah 1.298 ekor yang terdiri dari 29 jenis, predator berjumlah 2.828 ekor yang terdiri dari 37 jenis dan arthropoda lainnya berjumlah 174 ekor yang terdiri dari 6 jenis. Berdasarkan jenis-jenis arthropoda yang berhasil ditangkap telah diketahui indeks keanekaragaman jenis sebesar 2,6.

Kata kunci : Keanekaragaman jenis arthropoda, persawahan irigasi Kalimantan Selatan

## PENDAHULUAN

Arthropoda adalah salah satu organisme yang hidup di sekitar pertanaman padi di persawahan, dan berperan penting baik sebagai perusak tanaman (fitofagus), parasitoid, predator maupun sebagai organisme yang menguntungkan seperti penyerbuk, pengurai dan lain-lain (Pimentel *et al.*, 1989). Keanekaragaman jenis arthropoda yang merupakan bagian dari keanekaragaman hayati memberikan kontribusi kepada keseimbangan biologis. Persawahan di provinsi Kalimantan Selatan terdiri dari berbagai tipe salah satu diantaranya adalah persawahan beririgasi. Air irigasi yang digunakan berasal dari bendungan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pangeran Muhammad Noor.

Keanekaragaman arthropoda di persawahan irigasi belum banyak diteliti sehingga perlu diteliti. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui jenis-jenis arthropoda penting di persawahan yang berperan baik yang berguna maupun yang tidak berguna, dan dengan diketahuinya nilai indeks keanekaragaman jenis arthropoda tersebut maka akan diketahui pula kestabilan agroekosistem di persawahan irigasi tersebut.

## METODE PENELITIAN

### *Waktu dan Tempat*

Penelitian ini dilaksanakan di desa Sungai Rangas, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan sejak bulan April – Oktober 2011.

### *Bahan dan Alat*

Bahan yang digunakan adalah tanaman padi varietas lokal Siam, pupuk Urea, SP 36 dan KCl, herbisida berbahan aktif glyfosat.

Alat yang digunakan jaring serangga, jebakan kuning, lampu perangkap, perangkap jatuhan, botol pembunuh, botol koleksi.

### *Metode*

Untuk mengetahui keanekaragaman jenis arthropoda dilakukan penangkapan arthropoda dengan menggunakan empat jenis alat, yaitu jaring serangga, perangkap kuning, lampu perangkap dan perangkap jatuhan. Penangkapan arthropoda dilakukan sejak tanaman padi berumur  $\pm 1,5$  bulan setelah tanam hingga menjelang panen ( $\pm 5$  bulan setelah tanam) dengan periode penangkapan satu minggu sekali, dengan pada petak percobaan seluas 10 x 50 m. Penggunaan jaring serangga dengan mengayunkan jaring 10 x ayunan ganda pada titik-titik sudut dan pada perpotongan diagonal petak demikian juga pemasangan perangkap jatuhan pada titik-titik tersebut. Perangkap kuning yang digunakan sebanyak dua buah pada garis tengah memanjang dari petak, sedangkan lampu perangkap sebanyak satu buah diletakkan di tengah-tengah petak. Hasil

tangkapan dikoleksi dengan koleksi basah dan kering, di foto untuk selanjutnya diidentifikasi secara morfospesies sampai tingkat famili dan tingkat jenis apabila memungkinkan. Hasil identifikasi divalidasi di Laboratorium Entomologi LIPI Cibinong. Pustaka rujukan yang digunakan adalah pengenalan serangga dan musuh alami hama tanaman padi oleh Borror *et al.* (1991), **Gauld (1984)**, Reissig *et al.* (1986), Goulet dan Huber (1993), Bolton (1994), Barrion dan Litsinger (1995), Jocque, Dippenaar-Schoeman (2006) dan Oosterbroek (1998)

Keanekaragaman jenis arthropoda ditentukan dengan Indeks Keanekaragaman Jenis menurut Shannon-Wiener, dengan rumus:

$$H' = \Sigma \{(ni/N) \ln(ni/N)\}$$

dimana:

H' = indeks keanekaragaman jenis

ni = Jumlah individu tiap jenis

N = Jumlah total semua individu

Ln = Logaritma natural

Nilai H' akan berkisar antara 1 – 3 dengan kriteria sebagai berikut (Rahayu, Setiawan, Husaeni dan Suyanto, 2006):

Nilai H < 1 berarti keanekaragaman rendah.

Nilai 1 < H < 3 berarti keanekaragaman sedang.

Nilai H' > 3 berarti keanekaragaman tinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penangkapan telah diketahui bahwa arthropoda terdiri dari fitofagus, parasitoid, predator dan lainnya adalah

Tabel 1. Status arthropoda, jumlah jenis dan kelimpahannya pada sawah irigasi di Desa Sungai Rangas

Status	Kelimpahan	
	Jenis	Individu (ekor)
Fitofagus	46	4.579
Parasitoid	29	1.298
Predator	37	2.828
Penyerbuk	1	2
Pengurai	3	13
Vektor	1	9
Musuh alami gulma	1	150
Lainnya	0	0
<b>Jumlah</b>	<b>118</b>	<b>8.879</b>

Dari hasil perhitungan indeks keanekaragaman jenis telah diperoleh nilai H' sebesar 2,6, nilai ini termasuk keanekaragaman sedang (Rahayu, *et al.*, 2006).

Dari tabel di atas ternyata baik jumlah jenis maupun individu arthropoda yang berstatus musuh alami berupa parasitoid dan predator secara keseluruhan lebih tinggi dibandingkan dengan hama (fitofagus), sehingga diduga akan mampu menekan perkembangan populasi hama. Menurut Yuherwandi dan Syam (2007) keanekaragaman jenis adalah salah satu yang utama dalam penelitian ekologi, seperti untuk mempelajari pengaruh perubahan kondisi lingkungan terhadap keanekaragaman spesies dan bagaimana keanekaragaman tersebut mempengaruhi stabilitas komunitas alami. Menurut Arifin *et al.* (1997) kestabilan ekosistem erat kaitannya dengan indeks keanekaragaman. Di sisi lain menurut Mahrub (1999) pada agroekosistem persawahan serangga menempati kedudukan dan fungsi dinamis yang dapat menjaga keseimbangan dan kestabilan ekosistem.

Menurut Arifin *et al.* (1997) indeks keanekaragaman jenis dalam ekosistem padi tanpa pestisida relatif lebih tinggi dengan jenis yang relatif lebih banyak dan kondisi ini mendorong terjadinya kestabilan populasi. Keragaman flora dan fauna dalam suatu habitat akan membentuk jaring makanan (*food web*) yang menguntungkan bagi semua komponen yang saling berinteraksi dan akhirnya akan menciptakan agroekosistem yang stabil (Tarmizi, 2008).

## KESIMPULAN

Keanekaragaman jenis arthropoda di persawahan irigasi di desa Sungai Rangas tergolong sedang dengan nilai indeks keanekaragaman jenis sebesar 2,6, sehingga dapat dikatakan bahwa kestabilan agroekosistem di lokasi tersebut juga sedang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., I.B.G. Suryawan, B.H. Priyanto dan A. Alwi. 1997. Diversitas artropoda pada berbagai teknik budidaya padi di Pemalang, Jawa Tengah. *Pen Perta Puslitbangtan* 15 (2): 5-12.
- Borror, D.J., De Long D.M. and Triplehorn, C.A. 1991. *An Introduction to The Study of Insects*. Philadelphia, Saunders College Publishing.
- Bolton, B. 1994. *Identification Guide to The Ant Genera of The World*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, London England. 222 pp.
- Christa and Deeleman Reinhold. 2001. *Forest Spiders of South East Asia with A Revision of The Sac and Ground Spiders (Araneae: Clubionidae, Corinnidae, Liocranidae, Gnaphosidae, Prodidomidae and Trochanterriidae)*. Brill Leiden, Boston, Koln. 591 pp.
- Gauld, I. D. 1984. *An Introduction to Ichneumonidae of Australia*. British Museum (Natural History) Cromwell Road London SW 75BD. Publication No. 895. 419 pp.
- Goulet, G. and J. T. Huber. 1993. *Hymenoptera of The World*. Centre for Land and Biological Resources Research Ottawa Ontario. Research Branch Agricultural Canada. Publication 1894 LF. 668 pp.
- Jocque, R., A.S. and Dippenaar-Schoeman. 2006. *Spider Families of The World*. 2006. *Spder Families of The World*. Africa Tervuren: Koninklijk Museum vorr Midden-Africa Musee Royal De L'Afrique Centrale ARC-PPRI. 336 pp.
- Mahrub, E. 1999. Kajian Keanekaragaman Artropoda pada Lahan Sawah Tanpa Pestisida dan Manfaatnya dalam Pengendalian Hama Terpadu. *J Perlntan Ind*. 5 (1): 35-41, Juli 1999.
- Oosterbroek, P. 1998. *The Families of Diptera of Malay Archipelago*. Fauna Malaysiana Handbook 1. Brill Leiden, Boston, Koln. 217 pp.
- Pimentel, D., T. W. Buttler, I. W., Reinemann, D. J. and Beckman, K. B. 1989. Low Input Suistanable Agriculture Using Ecological Management Practice. *Agric. Ecosyst. Environ.* 27(3):24
- Rahayu, S., A. Setiawan, E.A. Husaeni dan S. Suyanto. 2006. Pengendalian Hama *Xylosandrus compactus* pada Agroforestry Kopi Multi Strata Secara Hayati Studi Kasus di Kecamatan Sumberjaya, Lampung Barat. *Agrivita* 28 (3):286-297. Oktober 2006.
- Reissig, W.H., E.A. Heinrichs, J.A. Litsinger, K. Moody, L. Fiedler, T.W. Mew and A.T. Barrion. 1986. *Illustrated Guide to Integrated Pest Management in Rice in Tropical Asia*. International Rice Research Institute Los Banos Lguna Philippines. Manila. 411 pp.
- Tarmizi. 2008. Pengelolaan Habitat pada Satu Siklus Pola Tanam Berbasis Padi untuk Pengendalian Hama *Spodoptera exigua* Hubn. di Ekosistem Bawang Merah. Disertasi. Program Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. 109 pp.
- Yaherwandi, Syam U. 2007. Keanekaragaman dan Biologi Reproduksi Parasitoid Telur Wereng Coklat *Nillaparvata lugens* Stal. (Homoptera: Delphacidae) pada Struktur Lanskap Pertanian Berbeda. *J. Akta Agrosia* 10 (1):76-86. Januari – Juni 2007. Diakses tanggal 07 September 2010

## Struktur Komunitas Tingkat Pohon di Kawasan Suaka Margasatwa Nantu Sub Kawasan Kabupaten Gorontalo Utara

**Marini Susanti Hamidun**

*Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo  
Email : marinish70@gmail.com*

Kawasan Suaka Margasatwa Nantu merupakan hutan hujan dataran rendah yang memiliki tingkat keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur komunitas jenis pohon yang berada di Kawasan Suaka Margasatwa Nantu, Sub Kawasan Kabupaten Gorontalo Utara. Metode penelitian yang digunakan adalah metode garis berpetak, dengan petak berukuran 20m x 20m dan jarak antar petak sebesar 100m, yang diletakkan sepanjang jalur pengamatan. Analisis data dilakukan dengan metode analisis vegetasi yang menghitung frekuensi, kerapatan, dominansi, frekuensi relatif, kerapatan relatif, dominansi relatif, dan Indeks Nilai Penting (INP), serta Indeks Keanekaragaman Jenis ( $H'$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi jenis pohon pada kawasan ini terdiri atas 34 jenis yang didominasi oleh pohon Nantu (*Palaquium obovatum EngL*) dengan nilai INP 44,19% , pohon Beringin (*Ficus nervosa Heyne*) dengan nilai INP 25,49%, dan pohon Molipota (*Albizia lebeck Benth*) dengan INP 23,38%, serta Indeks keanekaragaman jenis tergolong tinggi dengan nilai  $H' > 3$ .

Kata kunci : struktur komunitas, keanekaragaman, analisis vegetasi, Suaka Margasatwa Nantu

## Keragaman Jenis dan Potensi Siput Air Tawar (Mollusca: Gastropoda) Serta Kelestariannya di Danau Sentani Jayapura, Papua

**Suriani Surbakti<sup>1</sup>, Evi Warikar<sup>2</sup>, Vita Purnamasari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jurusan Biologi Program S2, Universitas Cendrawasih*

<sup>2</sup>*Jurusan Biologi Program S1, Universitas Cendrawasih*

*Email : anisurbakti06@yahoo.com*

Di Danau Sentani Kabupaten Jayapura, telah dilakukan Penelitian pada bulan Januari 2012 - Juni 2013. Untuk mengetahui tingkat keragaman dan kepadatan mollusca dihubungkan dengan kondisi ekologi, potensi serta kelestariannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode wawancara, survei, kuadrat, dokumentasi dan studi pustaka. Hasil penelitian diperoleh 14 jenis mollusca (gastropoda) dan dikelompokkan menjadi 2 kelas, 4 ordo dan 6 famili. Indeks keragaman tertinggi pada wilayah Bararongko  $H' = 0,79$  dan diikuti wilayah Ambar  $H' = 0,68$  dan wilayah Pantai Yahim  $H' = 0,56$  selanjutnya Jembatan Dua  $H' = 0,52$  dan keragaman terendah Kampung Yoka yaitu  $H' 0,46$ . Kepadatan jenis perstasiun berkisar antara 45-69 ind/m<sup>2</sup>. Diantara jenis yang di peroleh 5 diantaranya dikonsumsi sebagai sumber protein oleh masyarakat yang bermukim di sekitar Danau Sentani, umumnya memiliki kandungan protein tinggi, beberapa jenis diantaranya sudah jarang ditemukan misalnya *Melanoides Sentaniensis*. Maka disimpulkan bahwa kondisi ekologi Danau Sentani saat ini sudah mengalami perubahan.

Kata kunci : Mollusca, Potensi, Keragaman, Kelestarian

## Survey Kepadatan Nyamuk *Aedes* spp yang Berperan Sebagai Vektor Demam Berdarah di Ex Kotatip Purwokerto

**Endang Srimurni K, Edy Riwidiharso, Edi Basuki, Hery Pratiknyo, Darsono, Trisnowati Budiambarningrum, Endang Ariyani S, Rokhmani**

*Laboratorium Entomologi-Parasitologi, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman*  
Email : endang\_sk@lycos.com

Purwokerto terdiri atas empat kecamatan yaitu Purwokerto Selatan, Barat, Utara, dan Timur, dengan 27 kelurahan, dimana 16 kelurahan masuk dalam kategori endemisdemam berdarah dengue (DBD) sedangkan 11 kelurahan lainnya masuk dalam kategori sporadis. Terjadinya endemisitas di suatu tempat, diantaranya disebabkan terus tersedia nyamuk vektornya yaitu *Aedes* spp (*A. aegypti* dan *A. albopictus*) serta kepadatannya. Oleh karena itu tujuan penelitian ini untuk mengetahui kepadatan nyamuk vektor demam berdarah di ex Kotatip Purwokerto. Metode yang digunakan survei dengan teknik pengambilan sampel secara proporsif sampling, yaitu hanya nyamuk *Aedes* spp yang diambil sebagai sampel penelitian. Sampel diambil pada empat desa yang mewakili masing-masing kecamatan, menggunakan umpan manusia. Nyamuk ditangkap di dalam dan luar rumah ketika nyamuk hinggap (*landing*) dengan delapan umpan manusia, pada jam 08.00-09.00 dan 09.00-10.00. Masing-masing desa diambil 25 rumah dan dilakukan pengulangan dua kali, sehingga total rumah yang diamati 100 rumah dan 200 kali pengambilan sampel, nyamuk yang didapat diidentifikasi. Analisis data dilakukan dengan Angka-angka MHD (*Man Hour Density*) yaitu jumlah nyamuk yang tertangkap pada umpan dibagi jumlah jam penangkapan kali jumlah kolektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan nyamuk *Aedes* spp di dalam rumah lebih rendah dibanding nyamuk yang ditangkap di luar rumah. Pada jam 08.00-09.00 kepadatan nyamuk yang ditangkap di dalam rumah lebih rendah dibandingkan jam 09.00-10.00, sedangkan kepadatan nyamuk di luar rumah, kepadatan nyamuk yang ditangkap pada jam 08.00-09.00 lebih tinggi dibandingkan kepadatan pukul 09.00-10.00.

## Prediksi Laju Degradasi dan Perubahan Ekosistem Mangrove di Taman Nasional Sembilang, Kawasan Pantai Timur Sumatera Selatan (KPTSS) Berdasarkan Interpretasi Citralandsat

Yetty Hastiana Hasyim<sup>1</sup>, Fachrurrozie Sjarkowi<sup>2</sup>, Dinar Dwi AP<sup>2</sup>, Rasjid Ridho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Palembang

<sup>2</sup>Universitas Sriwijaya, Program Pascasarjana, Palembang

Email : yet\_hasti@yahoo.com

Mengingat pentingnya peran ekosistem mangrove dengan biodiversitas yang dimilikinya terhadap stabilitas ekosistem estuari dan perairan laut, diperlukan studi dan penelitian tentang ekosistem mangrove. Beberapa bentuk studi dapat dilakukan antara lain dengan melihat dan memprediksi penurunan dan perubahan luasan kawasan konservasi mangrove selama kurun waktu tertentu. Hasil prediksi dan analisis ini dapat dijadikan dasar bagi pihak terkait untuk menentukan prioritas perlindungan kawasan dengan semua komponen biodiversitas yang dimilikinya. Sebagai langkah awal dalam melakukan analisis kelola ekosistem mangrove di kawasan Pasut, TN. Sembilang Kawasan Pantai Timur Sumatera Selatan (KPTSS), akan dilakukan interpretasi dan identifikasi perubahan kawasan mangrove di TN. Sembilang selama delapan tahun, sejak sebelum ditetapkan sebagai kawasan taman nasional tahun 1999 sampai pasca ditetapkan sebagai kawasan suaka alam tahun 2003. Beberapa teknik dapat dilakukan untuk menganalisis perubahan ekosistem, salah satunya dengan analisis spasial dengan menerapkan teknik penginderaan jauh. Pada penelitian ini pendekatan penginderaan jauh menggunakan pengolahan data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005 dan 2006. Penggunaan data citra landsat secara berkala bertujuan menginterpretasi dan mengidentifikasi perubahan kawasan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama delapan tahun telah terjadi penurunan dan perubahan luasan mangrove sebesar 34,86% atau sekitar 43608,94Ha. Jika dihitung pertahun penurunan tersebut berkisar 4,35% per tahun atau sekitar 541,12Ha per tahun. Kondisi ini mengindikasikan perlunya upaya rehabilitasi dan konservasi ekosistem mangrove di kawasan KPTSS. Hasil analisis ini diharapkan menjadi acuan untuk menerapkan kebijakan dan strategi pengelolaan kawasan. Pendekatan analisis dan strategi pengelolaan kawasan menjadi bagian dari optimasi kawasan untuk mengurangi tekanan lingkungan, diantaranya perlindungan keanekaragaman hayati, perlindungan kawasan pesisir pantai dan pulau-pulau kecil dari efek perubahan iklim global (EGW *effect Global Warming*).

Kata kunci: Analisis Spasial, Citralandsat, Ekosistem Mangrove, Kawasan Pantai Timur Sumatera Selatan (KPTSS), TN. Sembilang SumSel.

### PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove banyak dijumpai di sepanjang pesisir Pantai Kawasan Pantai Timur Sumatera Selatan, tepatnya pada zona pengelolaan Taman Nasional Sembilang, Kabupaten Banyuasin, Kawasan ini masih memiliki ekosistem mangrove yang cukup stabil, walaupun telah banyak mengalami degradasi akibat pemanfaatan lahan yang tidak terencana dan terkendali. Kompleksitas permasalahan yang ada akibat tumpang tindihnya aktivitas manusia dalam memanfaatkan sumberdaya alam dan faktor alam, diantaranya penebangan ilegal, konversi hutan mangrove, menyebabkan terjadinya perubahan kondisi dan luasan mangrove. Kondisi ini membutuhkan perhatian seluruh *stakeholder* agar kelestarian dan kestabilan ekosistem dapat dipertahankan, karena kerusakan salah satu ekosistem daerah pesisir akan mempengaruhi kestabilan ekosistem lainnya, seperti ekosistem estuari. Secara administrasi daerah ini termasuk Kecamatan Banyuasin II, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Luas seluruhnya mencapai 387.500 ha termasuk di dalamnya ekosistem mangrove seluas 77.500 ha (Danielsen *et al*, 1990). Sejak tahun 1993, kawasan ekosistem mangrove Sembilang, mempunyai status Suaka Alam Sembilang (DKDJPHK-TNS, 2008).

Kawasan perairan Sembilang, merupakan perairan produktif sebagai daerah perikanan tangkap. Terdapat beberapa jenis mamalia besar, keunikan kawasan ini merupakan tempat persinggahan burung migran. Potensi Ekosistem mangrove di kawasan ini juga didukung oleh beberapa faktor: (1) Pantai Timur Sumatera Selatan memiliki daratan lebih rendah dibanding pantai barat, (2) banyaknya sungai besar mengalir ke pantai timur. Kondisi ini mendorong pertumbuhan mangrove di daerah muara semakin subur dan luas, akibat banyaknya sedimen yang terbawa arus sungai. Ekosistem mangrove di Sumatera mempunyai kekayaan jenis yang tinggi (Whitten, 1984; Anwar, 1994; Chapman, 1984; Dodd, 1999).

Keberadaan mangrove sangat penting, karena itu pemanfaatannya harus rasional. Beberapa komponen pendukung (*carring capacity*): ekologis, sosial, budaya dan ekonomi berperan mempertahankan keseimbangan ekosistem (Bahar, 2004; Noor, 2009; Rauf, 2008). Pada proses

perkembangannya, daya dukung akan dibatasi oleh kerentanan dan daya pulih (*recovery*) (Odum, 1983; Dodd, R.S, 1999; Rauf, 2008; Khakhim, 2009). Terganggunya ekosistem mangrove berdampak pada berkurangnya vegetasi dan menurunnya luasan habitat. Pada skala global menurunnya luasan lahan basah berpengaruh pada punahnya satwa dan biota perairan, pada akhirnya berdampak pada kehidupan masyarakat (Soeriatmadja, 1997; Sukardi, 2009).

Mangrove mempunyai berbagai fungsi: fisik, biologis, sosial ekonomi. Keberadaan mangrove menyebabkan tingginya nutrien dan detritus sebagai hasil dekomposisi di perairan pantai, kondisi ini menyebabkan produksi primer perairan di sekitar mangrove cukup tinggi dan penting bagi kesuburan perairan (Kennish, 1990; Aksornkoe, 1993; Dodd, 1999; Ginting, 2002). Ekosistem mangrove dikenal sebagai *fragile ecosystem*, karena mudah rusak jika terjadi perubahan pada salah satu unsur pembentuknya (Aksornkoe, 1993; Alikodra, 1995; Dodd, 1999; Saenger, 2002). Melihat fungsi mangrove yang strategis dan semakin meluasnya kerusakan, maka upaya pelestarian mangrove harus segera dilakukan.

Beberapa teknik dapat dilakukan untuk menganalisis suatu ekosistem, salah satunya dengan analisis perubahan lahan dan pengenalan bentang lahan dengan teknik penginderaan jauh. Pola dasar pengenalan bentuk lahan dan bentang lahan terdiri dari (Turner, 1989, Danoedoro, 1996): Topografi, Pola pengaliran, Tekstur pengaliran, tipe Parit, Rono foto dan tekstur foto, Pola vegetasi, Pola tata guna lahan. Salah satu teknik yang digunakan untuk penerapan pengenalan dan perubahan bentang lahan adalah menggunakan penginderaan jauh. Pada penelitian ini menggunakan pengolahan data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005 dan 2006. Penggunaan data citra landsat secara berkala bertujuan mengetahui seberapa besar tingkat perubahan yang terjadi selama rentang waktu 8 tahun, dari tahun 1999 sampai 2006.

## BAHAN DAN METODA

### *Interpretasi Penginderaan Jauh untuk Identifikasi dan Pemetaan Mangrove*

Sumber data dikelompokkan menjadi dua, yaitu sumber data utama terdiri dari data citra penginderaan jauh dan data lapangan. Citra penginderaan jauh digunakan sebagai sumber data utama untuk memperoleh informasi sebaran mangrove. Citra yang digunakan adalah citra satelit Landsat tahun 1999 ETM+ path/row:17uts124061m tanggal 15 Desember 1999, 2001 ETM+ path/row: 15tts124061m, tanggal 6 Agustus 2001, 2005 ETM+ path/row: 15 tts124061m, tanggal 14 Juni 2005, dan 2006 ETM+ path/row;15tts124061m, tanggal 20 Agustus 2006.

Data lapangan yang berupa data struktur dan komposisi vegetasi digunakan untuk mendukung re-interpretasi dan validasi. Adapun sumber data pendukung lainnya adalah berupa peta dan data tubuler dari berbagai sumber untuk mendukung pemetaan mangrove dalam hal ini data peta sekuneer diperoleh dari Dinas Kehutanan Povinsi SumSel, BPKH (Balai Pemetaan Konservasi Hutan) dan Balai TN. Sembilang. Aplikasi pengolahan data selanjutnya menggunakan program softwear ERMEPPER dan ArcGIS.

Secara umum tahapan Interpretasi meliputi: 1) deteksi, melakukan pengenalan awal suatu obyek yang terlihat pada citra, 2) identifikasi, menggali informasi lanjut tentang karakteristik obyek, 3) analisis/klasifikasi, memahami obyek dan menilai keberadaan obyek terhadap lingkungan sekitar (Kamal, dkk. 2009).

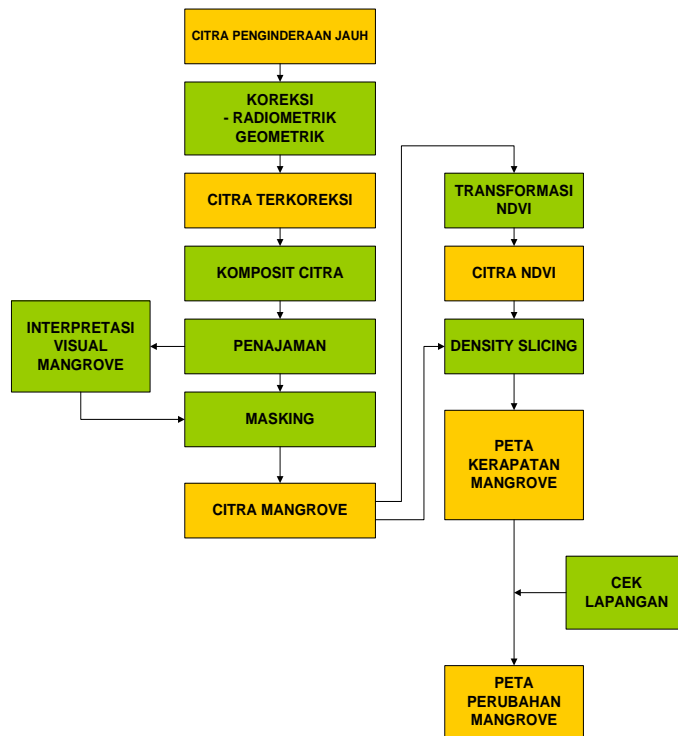
Selanjutnya diungkapkan ada tiga cara umum mengenali mangrove melalui citra landsat (Wicaksono,dkk., 2010), meliputi: 1) interpretasi visual dengan memanfaatkan unsur-unsur intrepretasi citra, seperti: rona warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, tinggi, bayangan, situd dan asosiasi); 2) klasifikasi digital dengan mengambil training area; 3) penggunaan indeks vegetasi, berupa transformasi citra untuk menonjolkan aspek vegetasi secara relatif. Pada Gambar 1 ditampilkan skema secara umum tentang identifikasi dan pemetaan hutan mangrove:

Ada beberapa metode klasifikasi multispektral (Wicaksono, 2010), yaitu: *unsupervised classification*, *supervised classification* dan *hybrid classification*. Klasifikasi *unsupervised classification* memproses pengelompokkan alami piksel dalam citra dengan interaksi analisis yang minimal. Prosedur *Supervised classification* melibatkan interaksi analisis secara intensif, dimana analisis menuntun proses klasifikasi dengan identifikasi obyek pada citra (*training area*). Sedangkan klasifikasi *hybrid*, merupakan perpaduan prosedur keduanya.

Pada penelitian ini pengolahan klasifikasi citra multispektral menggunakan metode *supervised classification* yang diawali dengan pengambilan daerah sampel/acuan (*training area*). Pengambilan sampel tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan pola spektral pada setiap panjang gelombang tertentu, sehingga diperoleh daerah acuan yang baik untuk mewakili suatu

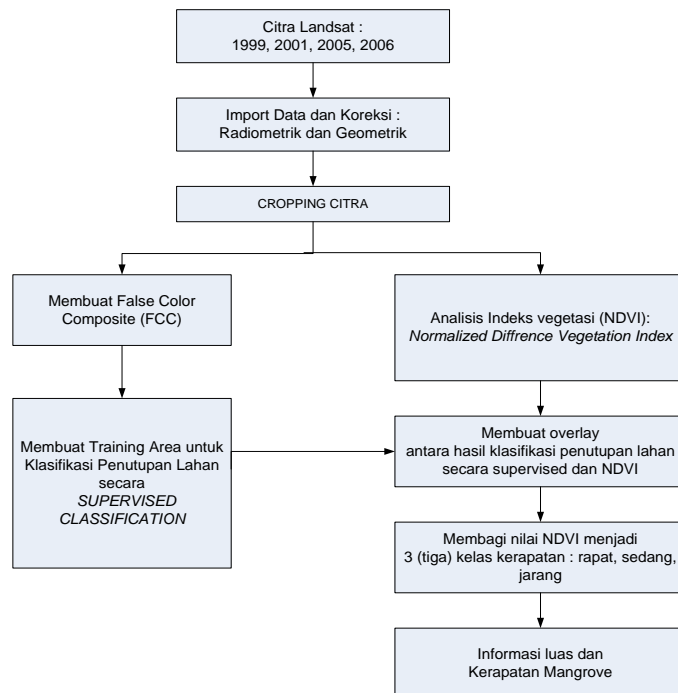


obyek tertentu. Sampel yang telah diambil tersebut selanjutnya dijadikan sebagai masukan dalam proses klasifikasi untuk seluruh citra (Danoedoro, 2004; Wicaksono, 2010).



Gambar 1. Skema Umum Identifikasi dan Pemetaan Mangrove (Sumber: Kamal, dkk., 2009)

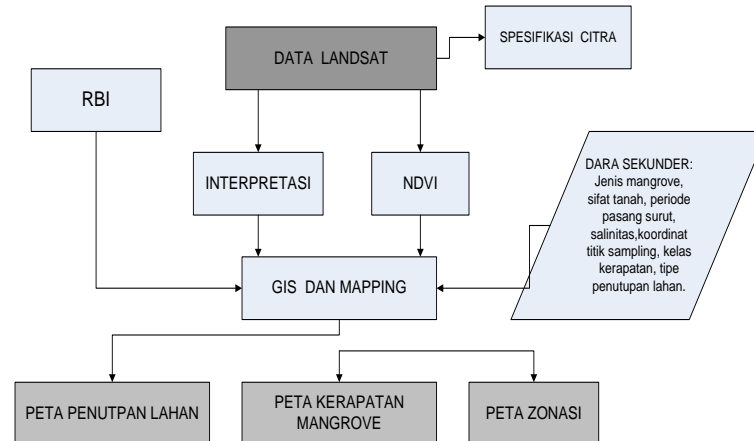
Secara lebih khusus seperti tampak pada Gambar 2 disajikan skema tentang tahapan pengolahan data citra, koreksi radiometrik dan geometrik, pemotongan citra, komposit band, klasifikasi serta overlay citra (hasil klasifikasi dan formulasi NDVI). Informasi mengenai luasan dan kerapatan mangrove yang dapat digunakan sebagai analisis pada citra.



Gambar 2. Tahapan Pengolahan Data Citra (Danoedoro, 1996, 2004)

### *Penilaian Ekosistem Mangrove dengan Analisis Inderaja dan GIS*

Tahap pertama dilakukan dengan menggunakan teknologi GIS (*Geographic Information System*) dan inderaja (citra satelit) dari kawasan mangrove yang akan diinventarisasi, kemudian dilakukan tahap pengecekan lapangan (tahap kedua) terhadap hasil interpretasi dan analisis citra (tahap pertama). Secara skematis, tahap kegiatan penilaian tersebut ditunjukkan pada Gambar 3. Dalam tahap ini dilakukan kegiatan pengadaan data citra Satelit Landsat 7 ETM+ dan pembuatan peta-peta hasil pengolahan citra serta hasil data sekunder, yaitu Peta Penutupan Lahan/Penggunaan Lahan, Peta Kerapatan Mangrove dan Peta Zonasi/Formasi Jenis Mangrove.



Gambar 3. Analisis Data Penginderaan Jauh. *Sumber* : (Dephut, DJRLHS, 2006).

#### *Penafsiran Citra Satelit*

Pembuatan Peta Penutupan Lahan menggunakan Citra Satelit Landsat 7 ETM+. Peta Penutupan Lahan ini merupakan hasil interpretasi penutupan lahan pada citra skala 1 : 50.000. Dalam pelaksanaannya, citra yang akan diinterpretasi terlebih dahulu dilakukan beberapa proses pengolahan citra, yaitu (Bakorsutanal, 1996, 2005):

- a) Penyesuaian proyeksi dan koordinat citra
- b) Penggabungan layer (saluran) atau pembentukan *Citra Color Compositte*.
- c) Penajaman spektral citra

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses interpretasi citra dengan cara *digitation on screen* adalah penggunaan *zooming monitor* harus selalu konstan pada skala yang dikehendaki:

- 1) Jenis penggunaan lahan. Interpretasi penutupan lahan menggunakan metode '*digitiz on screen*'.
- 2) Kerapatan tajuk mangrove. Kerapatan mangrove dapat didekati dengan pengenalan manual atau dengan cara digital. Sistem saluran digunakan untuk mengidentifikasi pantulan hijau daun dengan menggunakan formula NDVI (*Normalized Defference Vegetation Index*). Prinsip kerja analisis NDVI adalah dengan mengukur tingkat intensitas kehijauan. Adapun formula yang digunakan pada NDVI adalah (DKDJRLPS, 2010):

$$NDVI = \frac{\text{Saluran 4} - \text{Saluran 3}}{\text{Saluran 3} + \text{Saluran 4}}$$

Keterangan: -

Saluran 3 = merah

Saluran 4 = infra merah

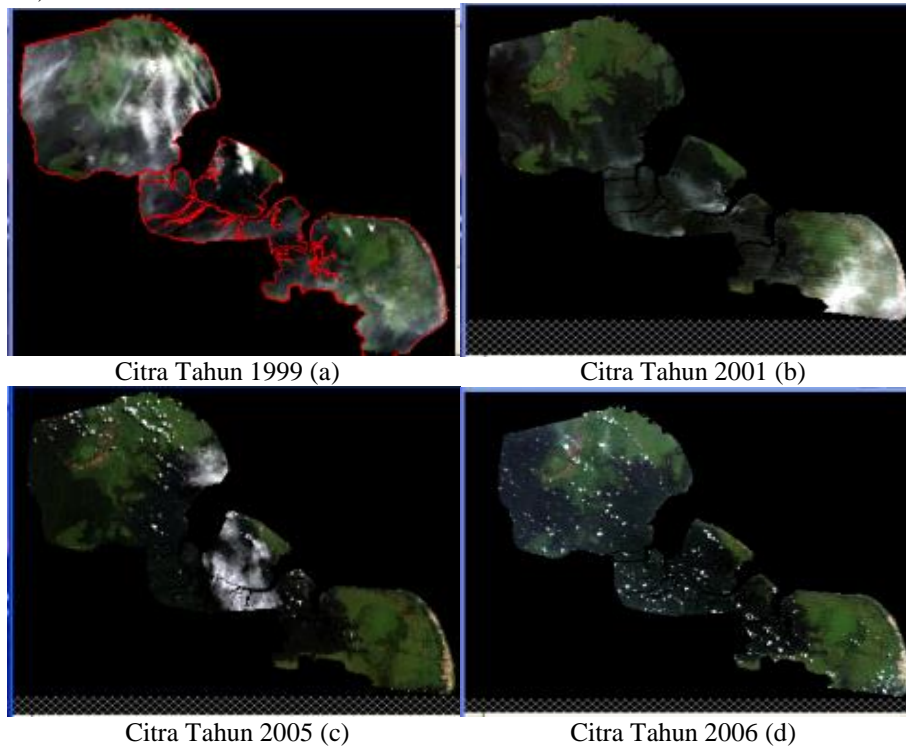
NDVI = Normalized Defference Vegetation Index

Klasifikasi kerapatan tajuk mangrove ditentukan berdasarkan rentang nilai NDVI hasil perhitungan. Jumlah klasifikasi kerapatan mengacu pada buku Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Mangrove yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Departemen Kehutanan (Dephut,2010).

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada Gambar 4 menunjukkan tampilan data citra asli tahun 1999, 2001, 2005 dan 2006. Setelah dilakukan analisis data citra asli, tahap berikutnya di tahun yang sama dilakukan indentifikasi dan klasifikasi digital citra secara supervised, hasil yang diperoleh disajikan pada

Gambar 5. Data citra terkoreksi selanjutnya diklasifikasikan secara supervised agar dapat menginterpretasi: jenis dan tipe penggunaan lahan (*landuse*), kondisi vegetasi tutupan lahan (citra mangrove)

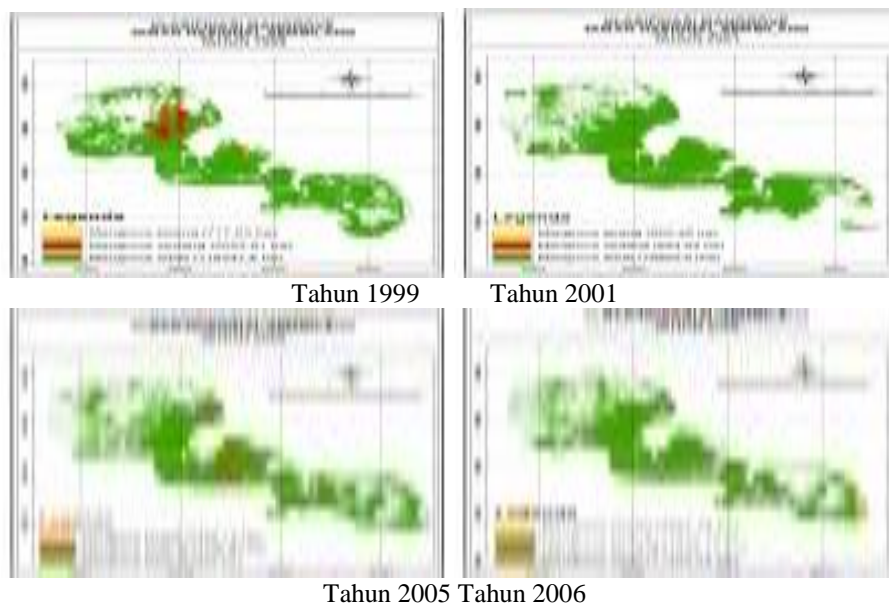


Gambar 4. Hasil Interpretasi Data Citralandsat (Tahap Terkoreksi)

Sumber: ekstraksi olah data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005, 2006.

***Klasifikasi Citra Mangrove dan Transformasi Analisis Indeks Vegetasi (NDVI = Normalized Difference Vegetation Index)***

Hasil interpretasi data citra vegetasi mangrove secara berkala dalam empat tahun berselang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Klasifikasi Mangrove Berdasarkan Luasan (Ha) dan Kerapatan Mangrove Tahun 1999, 2001, 2005 dan 2006

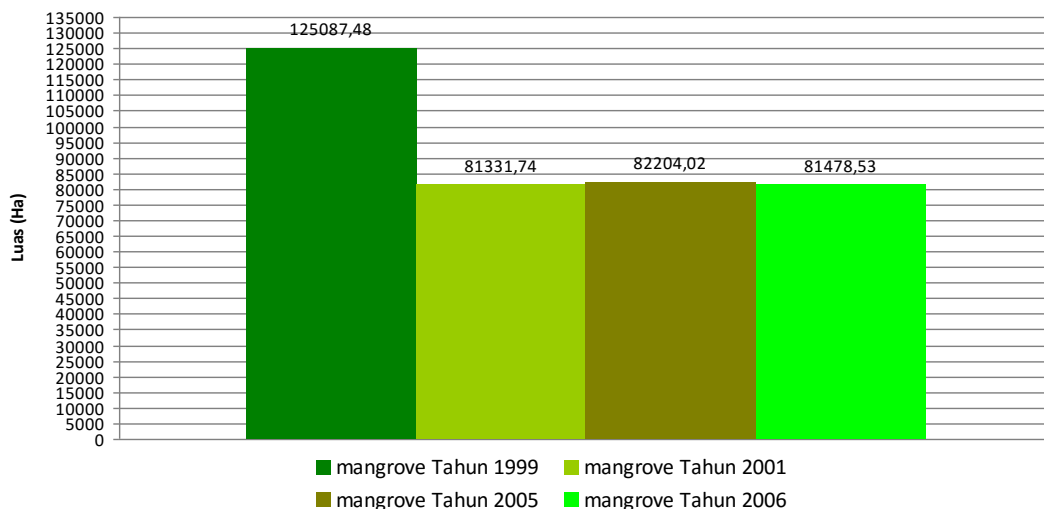
Sumber: ekstraksi dan olah data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005, 2006.

Secara umum proses mengenali vegetasi mangrove dari citra melalui tahapan berikut: 1) interpretasi visual, dengan memanfaatkan unsur-unsur interpretasi; 2) klasifikasi digital, dengan mengambil training area; 3) penggunaan indek vegetasi, dengan transformasi citra untuk memunculkan aspek vegetasi secara relatif berdasarkan kelas kerapatan (mangrove jarang=MJ, mangrove sedang=MS dan mangrove lebat=ML).

Berdasarkan hasil olah data citra mangrove diperoleh informasi mengenai perubahan luasan mangrove dalam waktu delapan tahun dari tahun 1999 sampai 2006 atau dalam selang waktu empat tahun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada tahun 1999 total luasan relatif lebih luas dibanding tahun 2001, 2005 dan 2006. Pada tahun 1999 selain memiliki total luasan lebih tinggi didukung oleh kualitas kerapatan yang relatif lebih baik. Ini mengindikasikan pada tahun tersebut kondisi hutan mangrove relatif terjaga. Tahun berikutnya terjadi penurunan luasan sekitar 34,98%, yang diikuti dengan peningkatan luasan kembali di tahun 2005 sekitar 1,06% dari empat tahun sebelumnya. Pada tahun 2006 luasan mangrove yang tercover mengalami penurunan kembali selama dalam jangka waktu satu tahun yaitu sekitar 0,88%.

Berdasarkan perhitungan secara umum tanpa memperhatikan kualitas kelas kerapatan bahwa selama jangka waktu 8 tahun telah terjadi penurunan luasan mangrove sebesar 34,86% sekitar 43608,94 Ha. Jika dihitung pertahun penurunan ini berkisar 4,35%/tahun sekitar 5451,12 Ha/tahun. Kondisi ini mengindikasikan perlunya upaya rehabilitasi dan regenerasi mangrove.



Gambar 6. Perbandingan Perubahan Vegetasi Mangrove Berdasarkan Total Luasan (Ha) dalam Selang Waktu Delapan Tahun (Tahun 1999 sampai 2006)

Tahap selanjutnya melalui transformasi nilai Analisis Indeks Vegetasi (NDVI = *Normalized Diffrence Vegetation Index*) akan diketahui aspek vegetasi mangrove secara relatif berdasarkan kelas kerapatan, untuk itu pada Gambar 7.

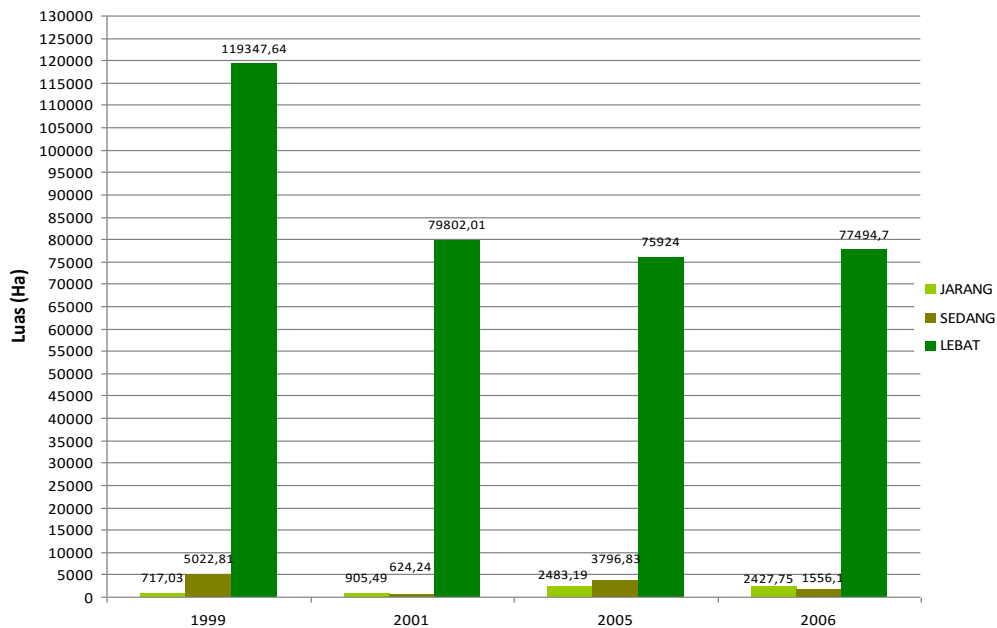
Data kuantitatif yang diperoleh dari pengklasifikasian digital citra mangrove dan transformasi analisis indeks vegetasi (NDVI) selanjutnya diolah dan dideskripsikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 7. Dinamika yang fluktuatif pada vegetasi mangrove juga terlihat pada perubahan kualitas kelas kerapatan mangrove selain ditunjukkan dengan perubahan luasan total mangrove.

Jika dilihat berdasarkan kualitas kelas kerapatan, maka pada tahun 1999 dan 2001 persentase mangrove dengan kualitas lebat berkisar 95,41% sampai 98,12% dari total luasan. Bahkan pada tahun 1999 juga diperkirakan kualitas mangrove jarang paling sedikit dibanding tiga periode waktu setelahnya, sekitar 0,57%, sedang untuk kualitas mangrove sedang juga relatif lebih tinggi sekitar 4,01% dari total luasan pada waktu itu.

Pada tahun 2001 terjadi gejala recovery kualitas kerapatan yang ditunjukkan dengan terjadinya peningkatan luasan mangrove lebat sekitar 98,12% dari total luasan pada tahun tersebut. Meskipun jika dilihat dari luasan total terjadi penurunan dari tahun sebelumnya.

Selanjutnya tahun 2005, meskipun ada peningkatan luasan total, namun jika dilihat dari kelas kerapatan, terjadi penurunan kualitas mangrove. Hal ini ditandai dengan penurunan kualitas

mangrove lebat sekitar 92,36% dan peningkatan kualitas mangrove jarang dan sedang berturut-turut berkisar 3,02% untuk mangrove jarang dan 4,61% untuk mangrove sedang dari luasan total.



Gambar 7. Perbandingan Perubahan Vegetasi Mangrove Berdasarkan kelas Kerapatan Mangrove dari Tahun 1999 sampai 2006

Sumber: olah data berdasarkan ekstraksi data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005, 2006.

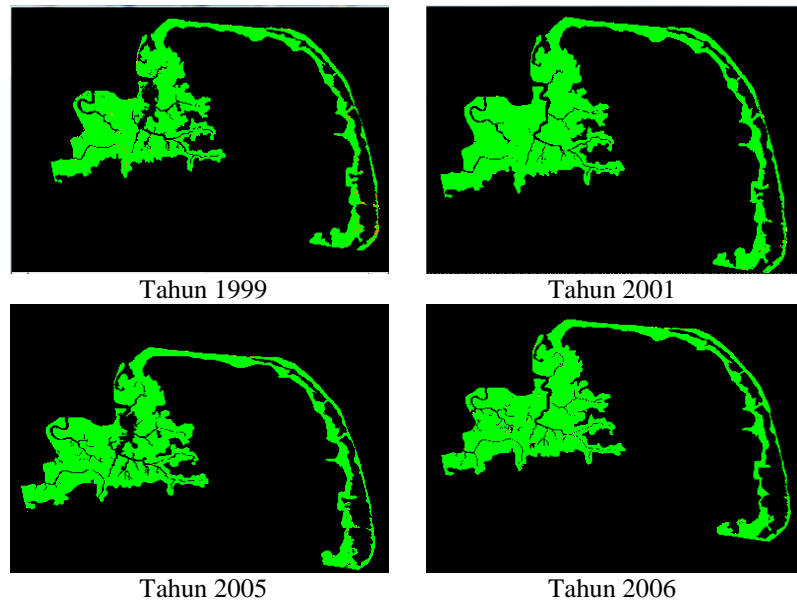
Pada tahun berikutnya dalam selang waktu setahun kembali terjadi upaya pemulihan, kondisi ini ditandai dengan penurunan mangrove jarang dan sedang masing-masing sekitar 2,97% dan 1,90% dari luas total. Sedangkan kelas mangrove lebat meningkat sekitar 2,75% dari tahun sebelumnya atau sekitar 95% dari total luas mangrove pada tahun 2006.

Namun berdasarkan hasil perhitungan rata-rata secara umum dapat dilihat adanya suatu kecenderungan, bahwa dari tahun 1999 sampai 2006 terjadi pola peningkatan luasan mangrove jarang sekitar 0,3% per tahun, penurunan mangrove sedang sekitar 0,26% per tahun. Sedangkan untuk mangrove lebat terjadi penurunan sekitar 0,04% per tahun. Kondisi ini mengindikasikan perlunya upaya konservasi dan rehabilitasi ekosistem mangrove.

Dinamika terjadinya keseimbangan ekosistem melalui proses pemulihan komponen ekosistem dan peran daya dukung terlihat jelas ketika menganalisis gejala perubahan kualitas mangrove yang didasarkan atas indek kelas kerapatan.

#### ***Klasifikasi Analisis Indeks Vegetasi (NDVI = Normalized Difference Vegetation Index) Mangrove Berdasarkan Wilayah Pengelolaan (SPTN I, II, dan III)***

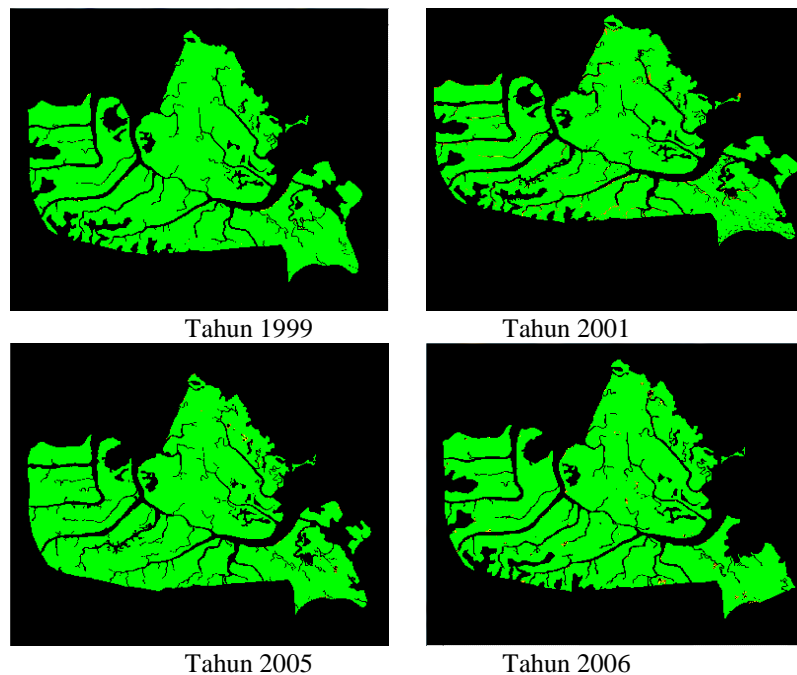
Pada bagian ini pengklasifikasin vegetasi mangrove memperhatikan pembagian batas wilayah pengelolaan. Seperti diketahui, batas wilayah pengelolaan Taman Nasional Sembilang oleh Dep. Kehutanan dibagi menjadi tiga batas wilayah pengelolaan, meliputi: SPTN I (Seksi Pengelolaan Taman Nasional I) meliputi wilayah Sungsang dan sekitar, SPTN II (Seksi Pengelolaan Taman Nasional II) meliputi wilayah Sembilang dan sekitar, SPTN III (Seksi Pengelolaan Taman Nasional III) meliputi wilayah Tanah Pilih dan sekitar. Pada Gambar 8 disajikan hasil olah citra berdasarkan Luasan (Ha) dan Kerapatan Mangrove di Wilayah SPTN I dari Tahun 1999 sampai 2006.



Gambar 8. Peta Klasifikasi Mangrove berdasarkan Luasan (Ha) dan Kerapatan Mangrove di Wilayah SPTN I dari Tahun 1999 sampai 2006

Sumber: ekstraksi dan olah data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005, 2006

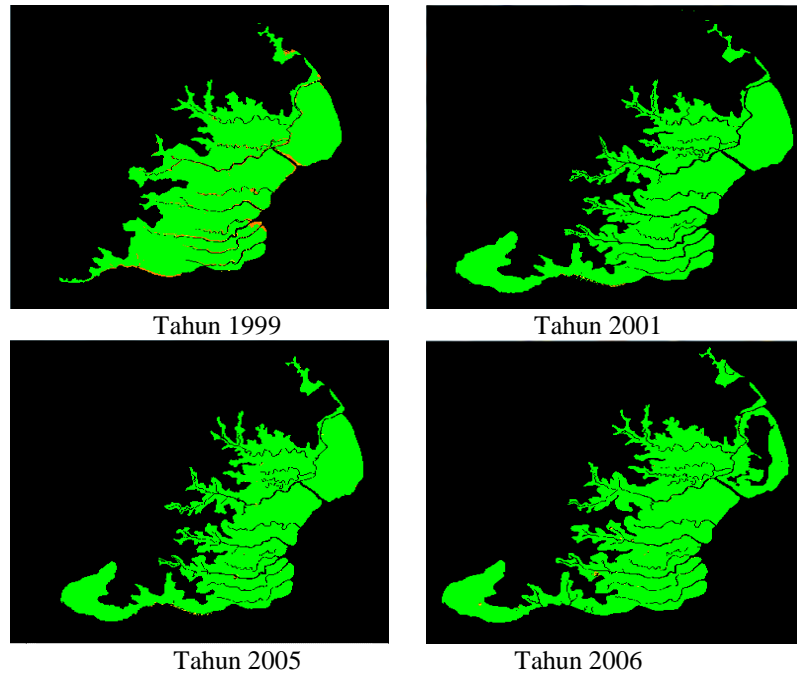
Pada Gambar 9. disajikan hasil olah citra berdasarkan Luasan (Ha) dan Kerapatan Mangrove di Wilayah SPTN II dari Tahun 1999 sampai 2006.



Gambar 9. Peta Klasifikasi Mangrove berdasarkan Luasan (Ha) dan Kerapatan Mangrove di Wilayah SPTN II dari Tahun 1999 sampai 2006

Sumber: ekstraksi dan olah data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005 2006.

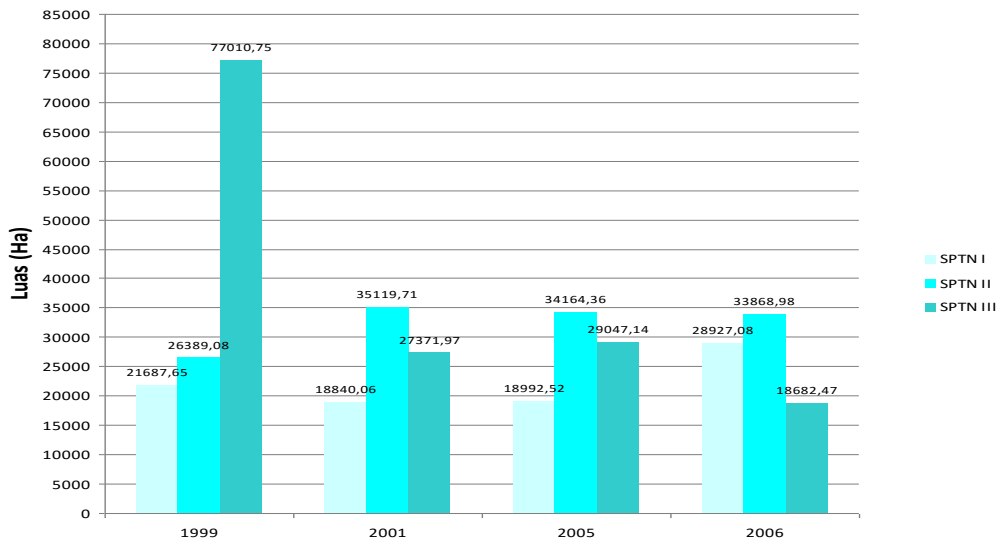
Pada Gambar 10 disajikan hasil olah citra berdasarkan Luasan (Ha) dan Kerapatan Mangrove di Wilayah SPTN III dari Tahun 1999 sampai 2006.



Gambar 10. Peta Klasifikasi Mangrove berdasarkan Luasan (Ha) dan Kerapatan Mangrove di Wilayah SPTN III dari Tahun 1999 sampai 2006

Sumber: ekstraksi dan olah data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005, 2006.

Pada Gambar 11 disajikan perbandingan total luasan (Ha) Vegetasi Mangrove pada masing-masing batas Wilayah Pengelolaan Balai Taman Nasional Sembilang (SPTN I, II dan III) selama Delapan Tahun dari tahun 1999 sampai 2006. Sedangkan pada Gambar 5.106 ditampilkan perbandingan luasan vegetasi mangrove berdasarkan indek kelas kerapatan pada masing-masing batas Wilayah Pengelolaan (SPTN I, II dan III) Selama Delapan Tahun dari tahun 1999 sampai 2006.



Gambar 11. Perbandingan Perubahan Total Luasan (Ha) Vegetasi Mangrove Berdasarkan Batas Wilayah Pengelolaan (SPTN I, II dan III) Selama Delapan Tahun (tahun 1999 sampai 2006).

Sumber: olah data berdasarkan ekstraksi data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005, 2006

Jika pembahasan dibatasi berdasarkan wilayah batas pengelolaan, meskipun secara legalitas di tahun 1999 status TN. Sembilang sebagai kawasan konservasi masih dalam proses pengkajian, namun dapat dikatakan bahwa pada tahun 1999 luas total lahan yang ditutupi oleh dominansi tajuk vegetasi mangrove dominan ada di wilayah SPTN III, meliputi seksi kelola Tanah Pilih dan

sekitarnya. Tampak adanya gejala fluktuasi dan perubahan luas total mangrove di wilayah ini, awalnya mengalami penurunan, dikuti dengan peningkatan sedikit dan di tahun 2006 terjadi penurunan yang ekstrim sekitar 75,74%. Jika dikuantitatifkan secara rata-rata, maka selama 8 tahun terjadi pengurangan area yang ditutupi tajuk vegetasi mangrove sekitar 9,46% per tahun.

Wilayah pengelolaan SPTN II yang meliputi seksi kelola daerah Sembilang dan sekitarnya, menunjukkan dinamika fluktuasi juga, namun tidak ekstrim. Terlihat bahwa dibanding perhitungan antara tahun pertama 1999 dan tahun terakhir penghitungan tahun 2006, ada kecenderungan peningkatan luasan wilayah yang ditutupi tajuk vegetasi mangrove sekitar 22,08% atau terjadi penambahan tutupan area oleh tajuk mangrove sekitar 2,76% per tahun.

Kondisi yang tidak jauh berbeda dengan batas wilayah pengelolaan SPTN II adalah wilayah SPTN I. Jika pada SPTN II dinamika fluktuasi luasan kawasan yang ditutupi tajuk mangrove tidak begitu jelas, sebaliknya pada wilayah SPTN I ini fenomena fluktuatif dapat dilihat sangat jelas.

Pada tahun 1999 sampai 2005 terjadi penurunan area yang mendapat tutupan tajuk vegetasi mangrove sebesar sekitar 12,42%, selanjutnya selama selang waktu setahun, pada tahun 2006 terjadi lagi peningkatan sebesar 34,34%. Jika dilakukan perhitungan antara tahun 1999 sampai tahun 2006, ada kecenderungan terjadi peningkatan luasan area di wilayah SPTN I yang ditutupi canopy vegetasi mangrove sekitar 25,02% atau terjadi penambahan tutupan area oleh tajuk mangrove sekitar 3,13% per tahun.

Pada Gambar 12 disajikan deskripsi mengenai perbandingan perubahan luasan lahan oleh tutupan tajuk vegetasi mangrove (Ha) berdasarkan kelas kerapatan mangrove pada masing-masing wilayah pengelolaan (SPTN I, II dan III) dalam delapan tahun berselang (dari tahun 1999 sampai 2006). Pada Gambar 12 menggambarkan dinamika perubahan vegetasi mangrove beserta kualitas kelas kerapatan yang terbentuk dalam selang waktu delapan tahun.



Gambar 12. Perbandingan Perubahan Luasan Vegetasi Mangrove (Ha) Berdasarkan Kelas Kerapatan Mangrove pada masing-masing Wilayah Pengelolaan (SPTN I, II dan III) Selama Delapan Tahun (dari 1999 sampai 2006).



Keterangan: (a) wilayah pengelolaan SPTN I, (b). SPTN II, (c). SPTN 3, (d) Perbandingan Perubahan dalam 4 tahun berselang. *Sumber*: olah data berdasarkan ekstraksi data citra landsat tahun 1999, 2001, 2005, 2006.

## PUSTAKA

- Aksornkoae, S. 1993. *Ecology and Management of Mangrove*. IUCN. Bangkok Thailand.
- Alikodra, H.S. 1995. Interaksi Masyarakat dengan Hutan Mangrove, *Simposium Nasional Rehabilitasi dan Konservasi Mangrove*. INTIPER. Yogyakarta.
- Anwar, J., Sengli, J., Damani, Hasim, N., Whitten, AS. 1984. *Ekologi Hutan Sumatera*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Bahar Ahmad. 2004. Kajian Kesesuaian Dan Daya Dukung Ekosistem Mangrove Untuk Pengembangan Ekowisata Di Gugus Pulau Tana Keke Kabupaten Takalan, Sulawesi Selatan. *Disertasi*. Pascasarjana IPB. Bogor.
- Bakorsurtanal. 1996. *Pengembangan Prototipe Wilayah Pesisir dan Marine*. Kupang Nusa Tenggara Timur. Pusbina-Inderasig. Cibinong.
- Bakorsurtanal. 2005. *Pedoman Survei Cepat Terintegrasi (Rapid Integrated Survey) Inventarisasi Sumber Daya Alam Wilayah Pesisir*. Laporan Penelitian. Jakarta.
- Chapman, V.J., 1984. *Mangrove Biogeography* in F.D Porr and Inka Dor (eds.). Hydrobiology of The Mangal. Dr. W. Junk Publisher.
- Danielsen, Finn., and Verheugt, Wim. 1990. *Integrating Conservation and Land Use Planning in the Coastal Region of South Sumatra. A Cooperative Project of The Directorate General of Forest Protection and Natural Conservation (PHPA) and Asian Wetland Bureau (AWB Indonesia)*. PPLH Unsri. Palembang.
- Danoedoro, Projo. 1996. *Pengolahan Citra Digital*. Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- Danoedoro, P. 1996. *Pengelolaan Citra Digital: Teori dan Aplikasinya dalam Penginderaan Jauh*. Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Danoedoro, Projo. 2004. *Sains Informasi Geografis*. Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Departemen Kehutanan Direktorat Jendral Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. 2008. *Statistik Balai Taman Nasional Sembilang*. Balai Taman Nasional Sembilang. Palembang.
- Departemen Kehutanan, Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. 2010. *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi*. Jakarta.
- Dodd, R.S. 1999. *Diversity and Function in Mangrove Ecosystem*. Kluwer Academic Publisher: Dordrech, Boston, London.
- Ginting, I.M. 2002. Analisis Fungsi Ekosistem dan Sumberdaya Estuari Sebagai Penunjang Perikanan Berkelanjutan. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Kamal, Muhammad dkk. 2009. Identifikasi dan Pemetaan Hutran Mangrove dengan Metode Penginderaan Jauh dan SIG. Disampaikan pada *Rapat Konsultasi Teknis Perencanaan Rehabilitasi Hutan Mangrove Se-Wilayah kerja BPHM I Departemen Kehutanan* pada 26-28 Oktober,. Denpasar.
- Kennish, M.J. 1990. *Ecology of Estuaries: Biological Aspect. Volume II*. CRC Press. Florida.
- Khakhim, Nurul. 2009. Kajian Tipologi Fisik Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta untuk Mendukung Pengembangan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir. *Disertasi*. Pascasarjana IPB. Bogor.
- Noor, Rusila Y., Khazali, M., Suryadiputra. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PKA/WI-IP. Bogor.
- Odum, E.P. 1983. *Dasar Dasar Ekologi* Edisi ketiga. Penterjemah: Tjahjono Samingan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pusat Survei Sumberdaya Alam Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL). 2001. *Pedoman Umum Penyusunan Neraca Sumberdaya Alam Kelautan Spasial*. Pusat Survei Sumberdaya Alam BAKOSURTANAL. Bogor.
- Rauf, Abdul. 2008. Pengembangan Terpadu Pemanfaatan Ruang Kepulauan Tanakekek Berbasis Daya Dukung. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Saenger, Peter. 2002. *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, Boston, London.
- Soeriatmadja. 1997. *Prospect of Development Marine and Beach Tourism in Indonesia. Planning Sustainable Tourism*. ITB, Bandung.
- Sukardi. 2009. Desain Model Pemberdayaan Masyarakat Lokal Dalam Pengelolaan Hutan Berkelanjutan. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Turner, Monica. 1989. *Landscape Ecology: The Effect Of Pattern On Process*. Annual Review Of Ecology An Systematics. 22/1989.
- Whitten, J. et al. 1984. *The Ecology of Sumatera*. UGM Press. Yogyakarta.
- Wicaksono, Pramaditya. 2010. *Juknis Identifikasi dan Pemetaan Mangrove Menggunakan Data Indrajat dan Sistem Informasi Geografis*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

## Kajian Ekologi Serangga Wereng (Hemiptera: Auchenorrhyncha) pada Ekosistem Padi di Kawasan Tapanuli-Sumatera Utara

**Binari Manurung<sup>1)</sup>, Puji Prastowo<sup>1)</sup>, Erika Rosdiana<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>*Jurusan Biologi, Universitas Negeri Medan*

<sup>2)</sup>*SMA Negeri 1 Perbaungan, Perbaungan-Serdangbedagai*

*Email: binari44@hotmail.com*

Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman, kelimpahan dan sebaran serangga wereng (Hemiptera: Auchenorrhyncha) yang terdapat pada tanaman padi dan singgang-singgang tanaman padi di tiga kabupaten (Tobasa, Tapanuli Utara dan Humbang Hasundutan) yang berada di kawasan Tapanuli-Sumatera Utara telah dilakukan dari bulan Mei hingga Juli 2013. Sampling wereng dilakukan pada enam lokasi penelitian dengan menggunakan jala serangga, masing-masing 400 ayunan pada setiap sampling dan kemudian dilanjutkan dengan kurasi serta identifikasi spesies di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan pada ekosistem padi di kawasan Tapanuli ditemukan minimal tujuh spesies wereng yakni lima spesies termasuk ke family Cicadellidae dan dua spesies ke family Delphacidae. Spesies yang termasuk ke family Cicadellidae adalah *Nephotettix nigropictus* Stål, *Nephotettix virescens* Distant, *Cofana spectra* Distant, *Thaia ghaurii* Dworakowska, dan *Recilia dorsalis* Motschulsky, sedangkan spesies yang termasuk ke family Delphacidae adalah *Sogatella furcifera* Horvath dan *Nilaparvata lugens* Stål. Keanekaragaman dan kelimpahan serangga wereng pada masa singgang-singgang tanaman padi lebih tinggi dibandingkan pada masa tanaman padi. Keanekaragaman dan kelimpahan wereng pada ekosistem padi yang terdapat di daerah kabupaten Tobasa relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang terdapat di kabupaten Tapanuli Utara dan Hasundutan.

Kata kunci: Serangga wereng, ekosistem padi, Tapanuli, Cicadellidae, Delphacidae

## Diversitas dan Etnobotani Tumbuhan Famili Piperaceae di Suku Dayak Meratus Loksado Kalimantan Selatan

Gunawan<sup>1</sup>, Eny Dwi Pujawati<sup>2</sup>, Riany Andita Putri<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Prodi Biologi Fmipa Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup> Prodi Ilmu Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

Email : gunawan\_unlam@yahoo.com

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mendokumentasikan kearifan budaya lokal, keanekaragaman dan pemanfaatan tumbuhan famili Piperaceae pada kehidupan masyarakat Suku Dayak Meratus, Kecamatan Loksado, Kalimantan Selatan. Tumbuhan famili Piperaceae merupakan tumbuhan yang memiliki ciri khas batang basah atau perdu seringkali memanjat dengan daun tunggal yang duduknya tersebar, bunga tersusun sebagai bulir atau bunga lada, dan buah berupa buah batu. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode deskriptif dan teknik observasi lapangan dan wawancara semi struktural. Tercatat 12 jenis tanaman famili Piperaceae bergenus *Piper* dan *Peperomia* yang dimanfaatkan oleh suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung, untuk pengobatan, ritual adat, tanaman hias, dan bumbu dapur. Keberadaan tumbuhan famili Piperaceae di lokasi penelitian berupa tumbuhan liar dan budidaya. Pemanfaatan tanaman dengan cara mengolah terlebih dahulu. Bagian tanaman yang digunakan meliputi daun, akar dan seluruh bagian tanaman.

Kata kunci: diversitas, etnobotani, piperaceae, suku dayak meratus

### PENDAHULUAN

Keanekaragaman tumbuhan dapat memperkaya keanekaragaman budaya dalam pemanfaatan tumbuhan sesuai dengan konsep-konsep budaya masyarakat. Hubungan yang erat antara manusia dengan alam lingkungannya merupakan cerminan tingkatan pengetahuannya dalam memanfaatkan dan mengelola lingkungan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Dari sejarah perkembangan pemanfaatan keanekaragaman jenis tumbuhan oleh manusia dapat diketahui dengan jelas bahwa perkembangan pengetahuan tentang dunia tumbuhan seiring dengan perkembangan kebutuhan manusia itu sendiri (Walujo, 1998).

Hubungan antara manusia dengan tumbuhan dapat dipelajari melalui studi etnobotani. Studi etnobotani tidak hanya mengumpulkan tumbuhan berguna, mencatat nama lokal dan cara pemanfaatannya, namun mengungkapkan juga cara berpikir suatu kelompok masyarakat, konsep-konsep mengenai tumbuhan, kebijakan dalam pemanfaatan budidaya, konservasi keanekaragaman hayati yang secara tradisi diselimuti aturan dan nilai budaya, serta kepercayaan dan ritual (Walujo, 1998). Menurut Martin (1998) dalam Dharmono (2007), etnobotani merujuk pada kajian interaksi antara manusia dengan tumbuhan.

Masyarakat Suku Dayak Meratus menggunakan tumbuhan famili Piperaceae terutama jenis *Piper betle* L. dalam setiap perayaan hari besar dan kegiatan ritual adat, keberadaan jenis *Piper betle* L. dalam setiap ritual adat yang diadakan oleh warga Suku Dayak hukumnya adalah wajib. Selain itu, mereka juga menggunakan jenis tumbuhan famili Piperaceae sebagai bahan obat dan kelengkapan bahan manginang. Tumbuhan famili Piperaceae merupakan salah satu jenis tumbuhan yang penting dan sering digunakan oleh Suku Dayak Meratus. Oleh karenanya, untuk mengetahui seberapa besar pemanfaatan dan diversitas tumbuhan famili Piperaceae di Suku Dayak Meratus, perlu dilakukan penelitian mengenai kajian etnobotani tumbuhan famili Piperaceae dalam kehidupan masyarakat Suku Dayak di Pegunungan Meratus, Kalimantan Selatan.

### BAHAN DAN METODA

#### *Alat dan Bahan*

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera, pisau atau cutter, kantong plastik, luxmeter, altimeter, hygrometer, pH meter, termometer, soil tester, buku identifikasi, koran, tali, sasak atau alat pengepres, kertas label, kuesioner dan jangka sorong, penggaris. Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel tumbuhan famili Piperaceae dan alkohol 70%.

#### *Pengambilan sampel dan distribusi kuisisioner*

Prosedur penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik observasi lapangan dan wawancara semi struktur (*semi structural interview*). Pengambilan sampel tumbuhan ditentukan secara *purposive sampling* berdasarkan petunjuk dari responden.

Responden diambil pada tiga kampung yaitu kampung Malaris, kampung Manutui dan kampung Luapanggang. Intensitas sampling adalah 10% + 3 dari jumlah kepala keluarga yang ada di tiap kampung. Dimana 3 orang responden mencakup balian(kampung), tetua kampung dan ketua rukun tetangga (RT).

#### *Pengamatan sampel di lapangan*

Pengamatan sampel tumbuhan meliputi pengamatan morfologis dan pengamatan parameter lingkungan tempat tumbuhan tersebut hidup. Pengamatan morfologis berupa bentuk batang, percabangan batang, serta mengukur bagian batang (panjang dan diameter), daun, bunga dan buah di habitat aslinya (Dharmono, 2007). Sedangkan pengamatan parameter lingkungan berupa intensitas cahaya, suhu udara, kelembapan udara, ketinggian serta kelembapan dan pH tanah.

#### *Pembuatan herbarium*

Herbarium tanaman Piperaceae dibuat langsung di lokasi penelitian untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sampel pada saat proses pengangkutan ke laboratorium untuk diidentifikasi.

#### *Identifikasi dan karakterisasi sampel tumbuhan*

Spesimen herbarium selanjutnya diidentifikasi dan dikarakterisasi dengan menggunakan buku-buku acuan, antara lain Flora (Steenis, 2003), dan Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta (Tjitrosoepomo, 2000).

#### *Analisis Data*

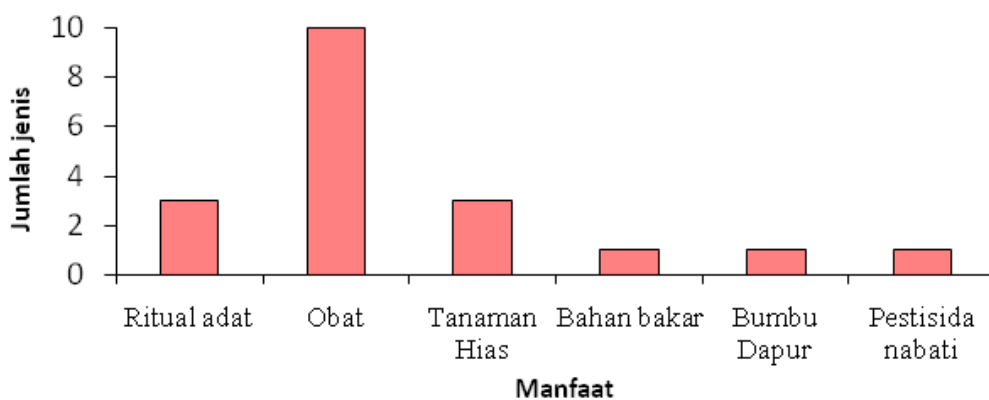
Data yang diperoleh ditabulasi (Lampiran 2) kemudian dianalisa secara deskriptif dengan mengacu pada studi pustaka (Attamimi, 1997; Dharmono, 2007).

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### *Informasi Etnobotani*

Penelitian yang dilakukan di Desa Lok Lahung, Kecamatan Loksado, Kalimantan Selatan telah mencatat beberapa jenis pemanfaatan tanaman yang termasuk dalam famili Piperaceae. Terdapat 12 jenis tanaman famili Piperaceae yang termasuk dalam genus *Piper* dan *Peperomia* dimanfaatkan oleh Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung. Seluruh jenis yang ditemukan tersebut, tidak dimanfaatkan untuk penggunaan yang sama, melainkan dalam beberapa jenis pemanfaatan, yaitu: a). Keperluan ritual adat, b). Obat-obatan, c). Tanaman hias, d).Bumbu dapur, dan e). Pestisida nabati. Jumlah jenis berdasarkan pemanfaatan tanaman famili Piperaceae yang ditemukan tersebut, disajikan pada Gambar 1.

Adapun rincian jenis tanaman famili Piperaceae yang dimanfaatkan di tiap kampung di Desa Lok Lahung, Kecamatan Loksado Kalimantan Selatan, disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Jumlah jenis berdasarkan pemanfaatan tanaman famili Piperaceae yang ditemukan

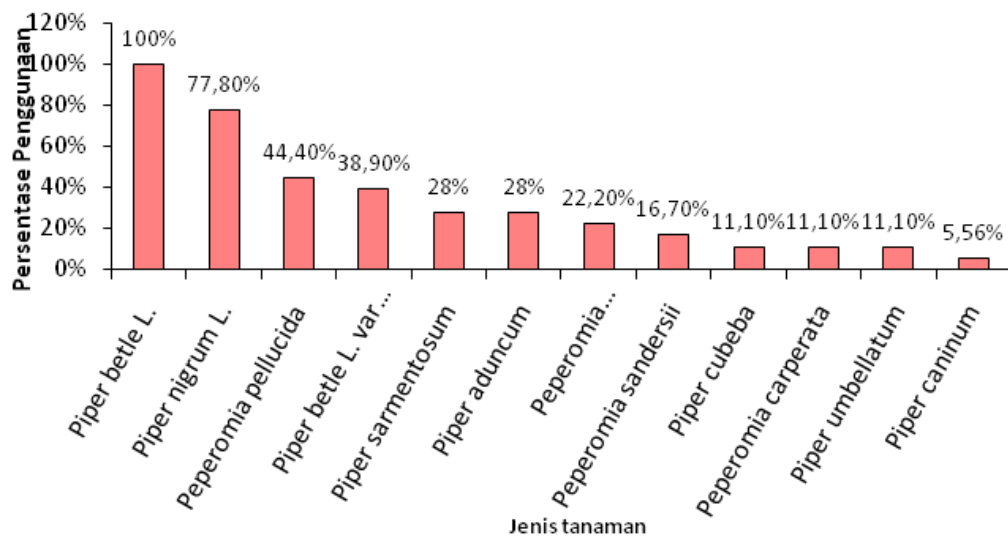
Tabel 1. Jenis tanaman famili Piperaceae yang dimanfaatkan di tiap kampung di Desa Lok Lahung Kecamatan Loksado Kalimantan Selatan.

No.	Jenis tanaman famili Piperaceae yang dimanfaatkan		Kampung		
	Nama ilmiah	Nama daerah	Malaris	Manutui	Luas Panggang
1.	<i>Piper betle</i> L.	Sirih	✓	✓	✓
2.	<i>Piper nigrum</i> L.	Sahang	✓	✓	✓
3.	<i>Peperomia pellucida</i> L.	Rumput siram-siram	✓	✓	✓
4.	<i>Piper betle</i> L. var. rubrum	Cambai lampung	✓	✓	✓
5.	<i>Piper aduncum</i> L.	Basirih	✓	✓	✓
6.	<i>Piper sarmentosum</i> Roxb.	Cambai karuk	✓	✓	✓
7.	<i>Peperomia obtusifolia</i>	Rumput sisik iwak	✓	✓	✓
8.	<i>Peperomia sandersii</i>	Silabuntar	✓	✓	-
9.	<i>Peperomia carperata</i>	Cambai ilat naga	✓	✓	-
10.	<i>Piper umbellatum</i> L.	Gumba	✓	✓	-
11.	<i>Piper cubeba</i> L. Kunth	Cambai hutan	-	✓	✓
12.	<i>Piper caninum</i> Blume	Sahang-sahang	-	✓	-

Keterangan:

- ✓ Dimanfaatkan
- Tidak dimanfaatkan

Persentase penggunaan jenis tanaman famili Piperaceae oleh responden Suku Dayak Meratus, Kalimantan Selatan disajikan pada Gambar 2



Gambar 2. Persentase penggunaan jenis tanaman famili Piperaceae oleh Responden Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung, Kecamatan Loksado, Kalimantan Selatan

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa tanaman famili Piperaceae yang paling banyak digunakan oleh warga Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung adalah jenis Sirih (*Piper betle* L.) dan Sahang (*Piper nigrum* L.). Hal ini karena tanaman sirih merupakan salah satu tanaman yang memiliki banyak manfaat, antara lain untuk pengobatan dan sesaji pada ritual adat. Tanaman sirih ini juga mudah ditemukan karena tumbuh dengan subur di hutan tempat tinggal warga.

***Jenis-Jenis Tumbuhan Famili Piperaceae dan Pemanfaatannya oleh Suku Dayak Meratus  
Desa Lok Lahung Kecamatan Loksado Kalimantan Selatan***

Hasil eksplorasi pemanfaatan tumbuhan famili Piperaceae di Desa Lok Lahung, beserta status tumbuhan, bagian tumbuhan yang digunakan, dan cara pemanfaatannya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar pemanfaatan tumbuhan famili Piperaceae oleh Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung, Kecamatan Loksado, Kalimantan Selatan.

No.	Nama Daerah & Nama Ilmiah Tumbuhan	Keberadaan Tumb.	Bagian yang digunakan	Manfaat	Cara Pemanfaatan
1.	Sirih ( <i>Piper betle</i> L.)	L/B	Daun, Bunga	Ritual adat  Obat sakit perut  Obat batuk, maag, sakit badan Obat kewanitaan	Giling Pinang (bunga) Digabung dengan bunga-bunga lainnya Daun diremas, digosokkan ke perut. Daun direndam lalu diminum Direbus lalu diminum Direndam, direbus, airnya digunakan untuk mencuci bagian kewanitaan
2.	Cambai hutan ( <i>Piper cubeba</i> L. Kunth)	L/B	Daun	Obat gatal-gatal  Pestisida nabati	Diremas, digosokkan ke bagian yang gatal Daunnya dibakar, kemudian diasapkan
3.	Sahang ( <i>Piper nigrum</i> L.)	-	Buah	Bumbu dapur Obat masuk angin/ sakit perut Ritual adat	Ditumbuk halus Ditumbuk, digosok Digabung dengan jenis biji-bijian lain
4.	Cambai lampung ( <i>Piper betle</i> L. var. <i>rubrum</i> )	B	Daun	Obat sakit perut, mual, gatal-gatal, memar Perlengkapan dukun, Ritual adat "batawar" dan menghilangkan kerasukan roh	Diremas, digosok Diberi air, dipercikkan
5.	Basirih ( <i>Piper aduncum</i> L.)	L	Daun, Batang	Kayu/bahan bakar Obat sakit perut, luka infeksi, koreng, gatal-gatal	Diambil bagian batang Diremas, digosok
6.	Cambai karuk ( <i>Piper sarmentosum</i> Roxb.)	L/B	Daun	Obat sakit perut Obat demam, panas dingin	Diremas, digosok Akarnya direndam, lalu airnya diminum
7.	Rumput siram-siram ( <i>Peperomia pellucida</i> L. Kunth)	L	Akar, seluruh bagian tanaman	Obat sakit kencing Tanaman hias Obat patah tulang  Obat sakit urat, asma Gatal-gatal, demam, bintil mata  Cacar air	Ditanam Daun dipanaskan lalu ditempel ke bag. yang sakit Daun direndam, air dibuat mandi Daunnya diremas, lalu ditempel ke bagian yang sakit Daunnya digosokkan, akarnya direndam lalu diminum.

No.	Nama Daerah & Nama Ilmiah Tumbuhan	Keberadaan Tumb.	Bagian yang digunakan	Manfaat	Cara Pemanfaatan
8.	Rumput sisik iwak ( <i>Peperomia obtusifolia</i> )	L	Daun	Obat gatal-gatal Obat patah tulang	Diremas, digosok Daun dipanaskan lalu ditempel ke bagian yang sakit
9.	Silabuntar ( <i>Peperomia sandersii</i> )	B	Seluruh bagian tanaman	Ritual adat Tanaman hias	Ditanam di huma Ditanam
10.	Cambai ilat naga ( <i>Peperomia caperata</i> )	L	Daun, seluruh bagian tanaman	Tanaman hias	Ditanam
11.	Sahang-sahang ( <i>Piper caninum</i> Blume)	L	Daun	Obat sakit perut	Daunnya diremas, lalu digosokkan ke bagian perut yang sakit
12.	Gumba ( <i>Piper umbellatum</i> L.)	L	Daun	Obat demam, pusing, disengat serangga	Daunnya diremas, lalu digosokkan ke bagian yang sakit

Keterangan:

L : Liar

B : Budidaya

\*Kegiatan makan/mengunyah sirih

### ***Kajian Etnofarmakologi Tumbuhan Famili Piperaceae***

Kajian etnofarmakologi adalah kajian tentang penggunaan tumbuhan yang berfungsi sebagai obat atau ramuan yang dihasilkan penduduk setempat untuk pengobatan (Martin, 1998). Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Gambar 7 dan Tabel 3, diketahui bahwa beberapa tumbuhan famili Piperaceae yang ditemukan di Desa Lok Lahung, banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan pengobatan. Menurut Hariana (2007), tumbuhan dari famili Piperaceae memiliki sifat rasa hangat dan pedas, khasiatnya antara lain sebagai peluruh kentut, menghentikan batuk, mengurangi peradangan, dan menghilangkan gatal. Cara pemanfaatan tumbuhan famili Piperaceae untuk pengobatan terbagi menjadi 2 cara, yaitu pengobatan luar dan pengobatan dalam.

Pengobatan luar untuk menyembuhkan penyakit seperti gatal-gatal, sakit perut, kembung, masuk angin, demam, memar, luka infeksi, patah tulang dan tersengat serangga. Jenis pengobatan luar umumnya memanfaatkan bagian tanaman seperti daun dengan variasi cara sebagai berikut: diremas lalu digosokkan ke bagian yang sakit; ditumbuk halus dan ditambahkan kapur lalu dioleskan di bagian yang sakit; daun dipanaskan dengan api, lalu dibuat sebagai kompres; daun direbus lalu air rebusan digunakan untuk mandi atau membasuh bagian yang sakit.

Pengobatan dalam dengan memanfaatkan bagian tanaman seperti daun dan akar, umumnya untuk menyembuhkan jenis penyakit seperti batuk, maag, sakit badan karena kelelahan, panas dingin, dan sakit kencing. Cara pemanfaatan tanaman famili Piperaceae untuk pengobatan dalam meliputi metode perendaman dan perebusan, lalu air rendaman dan air rebusan diminum secara teratur hingga penyakit sembuh.

Tanaman Sirih (*Piper betle* L.) mengandung minyak atsiri, kavibetol, hidroksikavikol, eugenol, estragol, terpenenna, seskuiterpena, fenil propana, tanin, diastase, gula dan pati. Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung memanfaatkan tanaman sirih untuk mengatasi masalah batuk, sakit perut dan masalah kewanitaan. Sirih mengandung eugenol dan tanin yang berfungsi sebagai astringen (mengurangi sekresi cairan pada vagina) serta mematikan cendawan *Candida albicans* yang menyebabkan keputihan (Hariana, 2007).

Sahang (*Piper nigrum* L.) memiliki rasa pedas, berbau khas dan aromatik, bahan kimia yang terkandung dalam tanaman ini diantaranya kamfena, boron, seskuiterpena, alkaloid (piperin, piperilin, piperolein, piperanin, serta piperonal), saponin, flavonoid, minyak atsiri, resin, amilum dan minyak lada. Menurut Hariana (2007), efek farmakologis dari rasa pedas dan hangat tanaman ini mampu merangsang timbulnya kejang, meluruhkan haid, relaksasi otot serta menghilangkan kelelahan. Selain digunakan untuk menghilangkan masuk angin dan kelelahan, oleh masyarakat Desa Lok Lahung sahang juga digunakan sebagai bumbu dapur karena rasanya yang pedas dan baunya yang khas.

Daun basirih (*Piper aduncum* L.) mengandung saponin, flavonoida, polifenol, minyak atsiri, dihydrochalcone, piperaduncin A, B, dan C, serta 2,6-dihidroksi-4-metoksidihidrokhalkon (DMC) dan 2,6,4-trihidroksi-4 metoksi-dihidrokhalkon. Getah batang *Piper aduncum* berkhasiat sebagai obat bisul dan obat luka baru. Cambai hutan (*Piper cubeba* L. Kunth). mengandung

minyak atsiri, seskuiterpen, asam kubebat, zat pahit kubebin, piperina, piperidin, zat pati, gom dan resin. Sedangkan minyaknya mengandung terpena, d-sabinena, dipentena, sineol, d-terpeneol, kadinena, kadinol, derivat seskuiterpena. Tanaman ini berkhasiat sebagai peluruh dahak, peluruh kencing, peluruh keringat, menambah nafsu makan, desinfektan untuk sistem urogenital dan antidiare. Selain itu, buahnya digunakan sebagai ekspektoran, obat sakit perut, iritasi vulva dan uretra serta sebagai antiinflamasi.

Tanaman cambai hutan juga dimanfaatkan sebagai pestisida nabati oleh warga Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung. Tanaman ini digunakan untuk mematikan herbivora seperti ulat yang menyerang padi warga. Menurut Dyer dan Palmer (2004), kandungan metabolit sekunder dari golongan amida yang dimiliki tanaman dari genus *Piper* secara kimiawi dapat melindungi tanaman tersebut dari serangan herbivora dan insekta. Warga Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung memanfaatkan tanaman cambai hutan dengan cara membakar lembaran daun untuk mengasapi padi yang diserang herbivora.

Salah satu kegiatan pencegahan timbulnya penyakit juga dilakukan oleh Suku Dayak Meratus melalui kegiatan *manginang*. *Manginang* merupakan suatu kegiatan makan sirih yang dilakukan oleh warga Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung, Kecamatan Loksado. Menurut Suryadarma (2008), *Nginang* adalah bagian dari kebudayaan agraris, dan *nginang* tidak hanya bermakna makan sirih, tetapi sebenarnya *nginang* mengandung aspek tradisi, ritual, pergaulan yang berdimensi agama. *Nginang* sebagai sebuah tradisi memiliki makna fisik (skala) dan bukan fisik (niskala), antara sesuatu yang terungkap dengan sesuatu yang bersifat internal. Tradisi *nginang* juga menggambarkan keutuhan kehidupan manusia antara aktifitas fisik, hati dan spiritual. Tradisi *nginang* memiliki dimensi pengobatan yang bersifat integratif dan mengutamakan pencegahan dibanding penyembuhan.

#### ***Kajian Etnoantropologi Tumbuhan Famili Piperaceae***

Masyarakat tradisional di berbagai belahan bumi memiliki kepercayaan kuat terhadap bumi sebagai ibu pertiwi, tetumbuhan sebagai sumber kehidupan. Keberadaan tumbuhan bahan pangan, bahan pakaian, obat-obatan dan upacara adat istiadat merupakan elemen penunjang dasar kehidupan dan kebudayaan manusia mulai awal sejarahnya (Suryadarma, 2008). Warga Desa Lok Lahung Kecamatan Loksado Kalimantan Selatan berpendapat bahwa setiap jenis tanaman merupakan perwujudan dari dewata atau nabi tertentu, sehingga tanaman tidak boleh diperlakukan secara sembarangan. Pengambilan tanaman dari tempat tumbuhnya pun harus dengan tata cara tertentu melalui serangkaian proses *meminta izin* dari dewata atau nabi pemilik tanaman tersebut.

Tanaman famili Piperaceae terutama jenis tanaman sirih (*Piper betle* L.) merupakan bahan utama dalam setiap ritual adat *Aruh Ganal* yang diselenggarakan oleh warga Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung. Upacara *Aruh Ganal* merupakan ritual keagamaan sebagai perwujudan rasa syukur atas hasil panen, keselamatan dan kesehatan yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Esa. Pada ritual ini, terdapat *panjulang*, yaitu rangkaian janur yang diletakkan di tengah-tengah balai adat, warga percaya bahwa roh yang datang akan bersemayam di *panjulang* tersebut. Di sekeliling *panjulang* terdapat sesaji bagi roh leluhur, salah satu sesaji yang wajib ada yaitu *giling pinang* yang terbuat dari lembaran daun sirih, tembakau, pinang, gambir dan kapur.

Silabuntar (*Peperomia sandersii*) digunakan dalam upacara *bamula banih* yaitu upacara yang dilakukan saat akan menanam benih padi yang baru di *pahumaan*. Tumbuhan Silabuntar ditanam di *pahumaan* dengan harapan akan mendatangkan berkah dan padi yang ditanam akan tumbuh dengan baik. Sedangkan tumbuhan Cambai lampung (*Piper betle* L. var *rubrum*), umumnya digunakan dalam ritual *batawar* sebagai bahan kelengkapan bagi dukun yang menjalankan ritual, dalam ritual ini daun cambai lampung dimasukkan ke dalam air, kemudian oleh dukun, air dan daun tersebut dipercik-percikkan kepada pasiennya, umumnya ritual ini digunakan untuk menghilangkan sakit yang terasa di badan juga untuk mengusir roh yang memasuki tubuh seseorang. Selain digunakan untuk ritual adat, beberapa jenis tumbuhan famili Piperaceae yang ditemukan di Desa Lok Lahung juga dimanfaatkan sebagai tanaman hias dan bahan bakar. Berikut penjelasan mengenai pemanfaatan tumbuhan famili Piperaceae sebagai tanaman hias dan bahan bakar.

#### ***Kajian Etnoekonomi Tumbuhan Famili Piperaceae***

Etnoekonomi adalah kajian mengenai segi manfaat tumbuhan dalam nilai ekonomis sebagai penambah pendapatan masyarakat (Dharmono, 2007). Hasil penelitian pemanfaatan tanaman famili Piperaceae di Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung Kecamatan Loksado menunjukkan



bahwa di desa ini, tanaman famili Piperaceae tidak memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena tidak diperjualbelikan. Namun, jika ditinjau dari segi kesehatan masyarakat Desa Lok Lahung, warga desa dapat menghemat pengeluaran untuk berobat karena tanaman famili Piperaceae tumbuh melimpah di sekitar pemukiman warga dan dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat 12 jenis tanaman famili Piperaceae yang dimanfaatkan oleh Suku Dayak Meratus Desa Lok Lahung yang terdiri dari: Sirih (*Piper betle* L.); Sahang (*Piper nigrum* L.); Rumput siram-siram (*Peperomia pellucida*); Cambai lampung (*Piper betle* L. var. *rubrum*); Cambai karuk (*Piper sarmentosum* L.); Basirih (*Piper aduncum*); Rumput sisik iwak (*Peperomia obtusifolia*); Silabuntar (*Peperomia sandersii*); Cambai hutan (*Piper cubeba* L. Kunth); Cambai ilat naga (*Peperomia carperata*); Gumba (*Piper umbellatum* L.) dan Sahang-sahang (*Piper caninum* Blume) dengan status tanaman liar dan budidaya.
2. Tanaman famili Piperaceae sebagian besar dimanfaatkan untuk pengobatan, sedangkan sebagian kecil lainnya dimanfaatkan untuk ritual adat, tanaman hias, bahan bakar, bumbu dapur dan pestisida nabati. Cara pemanfaatan tanaman yaitu dengan diolah terlebih dahulu baik dengan cara dihaluskan maupun direndam dan direbus, bagian tanaman yang digunakan meliputi daun, akar dan seluruh bagian tanaman.

### DAFTAR PUSTAKA

- Attamimi, F. 1997. Pengetahuan Masyarakat Suku Mooi tentang Pemanfaatan Sumberdaya Nabati di Dusun Maibo Desa Aimas Kabupaten Sorong. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Cenderawasih, Manokwari.
- Cotton, C. M. 1996. *Ethnobotany Principles and Applications*. Jhon Wiley and Sons. Chichester, UK.
- Dharmono. 2007. Kajian Etnobotani Tumbuhan Jalukap (*Centella asiatica* L.) di Suku Dayak Bukit Desa Haratai 1 Loksado. *Jurnal Bioscientiae*, vol 4
- Dyer, A. and A.D.N., Palmer. 2004. Piper: a model genus for studies of phytochemistry, ecology, and evolution. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York.
- Hariana, A. 2007. *Tumbuhan Obat dan Khasiatnya*. Seri 1. Penerbit PT. Penebar Swadaya, Depok.
- Kuntorini, E. M. 2005. Botani Ekonomi Suku Zingiberaceae sebagai Obat Tradisional oleh Masyarakat di Kotamadya Banjarbaru. *Jurnal Bioscientiae*, vol 2
- Tjitrosoepomo, G. 1994. *Taksonomi Tumbuhan Obat-Obatan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suryadarma. 2008. *Etnobotani. Diktat Kuliah*. Universitas Negeri Yogyakarta. Fakultas Pendidikan Biologi FMIPA, Yogyakarta.

# Studi Etnobotani Jenis-Jenis Tanaman Obat pada Suku Dayak Meratus Loksado Kalimantan Selatan

**Gunawan, Siti Hamidah, Eko Suhartono, Adistina Fitriani**

*Prodi Biologi Fmipa Universitas Lambung Mangkurat  
Email : gunawan\_unlam@yahoo.com*

Telah dilakukan penelitian tentang studi etnobotani jenis-jenis tanaman obat pada suku dayak meratus loksado kalimantan selatan. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan informasi jenis dan potensi tanaman obat. Metode yang digunakan adalah wawancara langsung maupun semi struktural terhadap pemangku adat dan dukun/tabib, dokumentasi dan koleksi tanaman Obat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suku dayak Meratus mengetahui dan memanfaatkan berbagai jenis tanaman obat untuk mengobati berbagai penyakit.

Kata kunci: etnobotani, tanaman obat, suku dayak meratus loksado

## PENDAHULUAN

*World Conservation Monitoring Center* telah melaporkan bahwa wilayah Indonesia merupakan kawasan yang banyak dijumpai beragam jenis tumbuhan obat dengan jumlah tumbuhan yang telah dimanfaatkan mencapai 2.518 jenis (EISAI,1995).

Selain keanekaragaman tumbuhan tersebut, Indonesia juga kaya dengan keanekaragaman etnik dan budaya. Hidayah (1997) telah mengkaji 554 kelompok etnik di Indonesia berdasarkan keaslian bahasa dan asal etnis. Sensus Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2000 menyebutkan di Indonesia memiliki 1.068 etnik yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Masing-masing etnik memiliki khasanah yang berbeda-beda. Pada setiap etnik, terdapat beranekaragam kekayaan kearifan lokal masyarakat, termasuk di dalamnya adalah pemanfaatan tumbuhan untuk pengobatan tradisional termasuk Kalimantan Selatan.

Penelitian mengenai eksplorasi pengetahuan lokal tumbuhan obat di indonesia perlu dilakukan untuk menggali pengetahuan lokal etnomedisin sebagai bagian kearifan lokal masing-masing etnik dan keanekaragaman tumbuhan obat yang menjadi dasar bagi pengembangan riset berkelanjutan dalam bidang etnomedisin dan tumbuhan obat.

## BAHAN DAN METODE

Desain penelitian adalah metode metode survey, teknik pengumpulan data wawancara terstruktur dan bebas, observasi lapangan, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan secara deskriptif terhadap data tumbuhan obat yang didapatkan, ramuan jamu, pengetahuan etnomedisin dan kearifan lokal dalam pengelolaan tumbuhan obat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kajian Etnobotani*

Suku Bukit/Buguet atau lebih dikenal dengan urang Bukit merupakan sebutan bagi masyarakat Dayak yang hidup di Pegunungan Meratus Kalimantan Selatan dengan ketinggian antara 200 – 1.500 m dpl. Suhu di daerah ini berkisar antara 20-30 derajat celsius. Beberapa jenis tanaman obat yang didapatkan di sajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis-jenis tanaman obat yang digunakan oleh suku dayak meratus.

No	Nama lokal	Nama ilmiah	Famili	Habitus	Bagian yang digunakan	Kegunaan
1.	Laka			Pohon	akar	Mengobati demam, batu marine, menambah stamina
2.	Rukam	<i>Flacourtia rukam</i>		Semak-pohon	akar	Mengobati demam, batu marine, menambah stamina, ambien
3.	Limau hantu			Pohon	akar	Mengobati batu marine, menambah stamina, demam

No	Nama lokal	Nama ilmiah	Famili	Habitus	Bagian yang digunakan	Kegunaan
4.	Sambung-sambung			Semak	akar	Mengobati ambien
5.	Pulut-pulut tahi bayi				Akar	Mengobati panas
6.	Kumpai jepang	<i>Eupatorium inulaefolium</i> H.B.& K	Compositae	Semak	Getah	Mengobati luka luar
7.	Sambil ikan			Pohon	Akar	Mengobati malaria
8.	Anak tandui			Pohon	Akar	Mengobati penawar racun ular
9.	Terambisa			Pohon	Akar	Mengobati sakit gigi
10.	Dilam			Semak	Daun	Kecantikan
11.	Keratau			Pohon	Akar	Mengobati masa nifas
12.	Bua-buas				Daun dan batang	Mengobati anak supaya cepat Jalan
13.	Ulin	<i>Eusidoroxylon zwagerii</i>	Lauraceae	Pohon	Akar	Ramuan lelaki
14.	Rumput pikajar				Akar, daun	Ramuan Lelaki
15.	Manggarsih	<i>Parameria laevigata</i>	Parameria	Semak	Akar, batang	Mengobati organewanitaan & KB
16.	Ruhut	<i>Parameria polyneura</i> Hook.f.	Apocynaceae	Semak	Akar	Mengobati sakit pinggang
17.	Mampat			Liana	Akar	Mengobati sakit perut
18.	Carikan laki			Liana	Akar	Mengobati sakit perut
19.	Waring			Pohon	Akar	Mengobati darah tinggi, sakit gigi

Suku Dayak yang berada di pegunungan Meratus menggunakan banyak jenis tanaman obat untuk mengobati beberapa jenis penyakit. Berdasarkan hasil yang diperoleh, seperti yang terlihat pada Tabel 1, maka jumlah tanaman obat yang sering dipergunakan oleh para penenamba atau dukun berjumlah 19 jenis tanaman obat.

Beberapa jenis tanaman obat yang dipergunakan (hanya beberapa/sebagian kecil), merupakan tanaman obat yang sudah sangat lazim dipergunakan baik oleh suku-suku lain di Indonesia maupun masyarakat modern umumnya (seperti: bawang putih, limau nipis, kumis kucing, kunyit dan lain-lain). bahkan ada yang hanya bisa didokumentasikan tanpa bisa diambil koleksinya, dan ada yang sama sekali tidak bisa ditemukan saat dilakukan pencarian tanaman obat tersebut. Ada beberapa penyebab, antara lain: keberadaan tanaman tersebut sudah langka, sehingga untuk bisa mendapatkannya harus memasuki wilayah hutan yang lebih ke dalam lagi (jauh) dan juga ada yang disebabkan oleh faktor musim, dimana tanaman yang dimaksud sebenarnya mudah ditemukan, namun keberadaannya hanya pada musim-musim tertentu. Sebagian dukun bahkan percaya, bahwa jika tanaman obat yang dicari tidak berhasil ditemukan, maka memang sudah ditakdirkan bagi si pasien, tidak akan bisa disembuhkan. Mereka percaya bahwa jika saat pencarian tidak ditemukan, maka penguasa hutan memang tidak mengizinkan kita untuk mengambilnya.

### Kearifan Lokal

Kearifan lokal masyarakat dayak Meratus dalam pengelolaan tanaman obat adalah dengan pengambilan secara selektif tanaman-tanaman tersebut, terutama tanaman obat yang sulit tumbuh di luar hutan. Masyarakat dayak Meratus, khususnya yang berada di wilayah Loksado, sangat kukuh mempertahankan keberadaan hutan. Mereka berpendapat bahwa tanaman obat, khasiatnya akan hilang atau berkurang jika ditanam di tempat lain.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2000. Sensus Kependudukan.
- Hidayah, Z. 1997. Ensiklopedi Suku Bangsa di Indonesia. LP3ES, Jakarta
- Ngari, E.W., Chiuri, L.W., Kariuki, S.T., and Hockett, S. 2010. Ethnomedicine o Ogiek of River Njoro Watershed, Nakuru-Kenya. *Ethnobotany Research and Applications Vol 8: 135-152*
- Rugayah, Retnowati,A., Windadri, F.I., dan Hidayat, A. 2004. *Pengumpulan Data Taksonomi dalam Pedoman Pengumpulan Data Keanekaragaman Flora*. Pusat Penelitian Biologi LIPI. Bogor.

## Keanekaragaman Jenis Vegetasi Pohon Hutan Gunung Sinabung pada Jalur Pendakian Lau Kawar Pasca Letusan Tahun 2010\*

**Retno Widhiastuti dan Kaniwa Berliani**

*Departemen Biologi, FMIPA Universitas Sumatera Utara  
Email: retnows2002@yahoo.com*

Gunung Sinabung merupakan gunung tertinggi di Sumatera Utara dengan ketinggian 2.451 m di atas permukaan laut. Keanekaragaman vegetasi di hutan gunung Sinabung sangat tinggi, namun dengan terjadinya letusan tahun 2010 telah terjadi penurunan. Terdapat dua jalur pendakian di gunung Sinabung, yakni pendakian jalur Lau kawat, dan jalur Sigarang-garang. Penelitian ini memilih jalur pendakian Lau Kawar, karena jalur tersebut yang dijadikan jalur ekowisata. Penelitian menggunakan metode survei jalur berpetak melalui pembuatan transek selebar 20 m, dan di dalam jalur transek tersebut dibuat subplot secara kontiniu dengan ukuran 20 X 20 m untuk pengamatan pohon dewasa (dbh > 20 cm), 10 X 10 m di dalam petak 20 m x 20 m untuk tingkat tiang (pohon muda). Hasil penelitian menemukan 83 jenis yang termasuk dalam 33 suku. Jenis *Castanopsis* sp. (suku Fagaceae) yang mendominasi untuk strata pohon, sedangkan strata pohon muda didominasi oleh *Lithocarpus* sp. (suku Fagaceae). Indeks keanekaragaman jenis 2,23 termasuk rendah, karena Kent dan Paddy (1992) menyatakan bahwa Nilai Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) berkisar antara 0 - 7.

Kata kunci: keanekaragaman jenis, vegetasi, gunung Sinabung, pasca letusan

*\*Bagian dari penelitian BOPTN USU Tahun 2013*

## Karakteristik Fisik Sebagai Dasar dalam Konservasi Danau Limboto

**M. Fakhruddin**

*Pusat Penelitian Limnologi LIPI  
Email: mfakhruddin@limnologi.lipi.go.id*

Danau Limboto yang terletak di Gorontalo merupakan danau tektonik yang berfungsi sebagai pengendali banjir, imbuan air tanah, budidaya perikanan dengan jaring apung dan perikanan tangkap, sumber irigasi pertanian dan pariwisata. Fluktuasi muka air danau sangat ekstrim, saat kemarau kedalaman maksimum berkurang dari sekitar 6 meter menjadi 2,5 meter. Areal pinggir (pantai) danau berubah menjadi lahan pertanian (sawah dan palawija) dan tempat penggembalaan ternak, serta lahan ini sebagian juga sudah menjadi areal pemukiman penduduk. Berdasarkan kondisi ini dilakukan penelitian guna mengungkapkan sifat-sifat fisik danau untuk dijadikan dasar dalam melakukan konservasi Danau Limboto. Hasil pemetaan batimetri danau menunjukkan bahwa pada elevasi air 6 meter luas danau sekitar 5.121 ha dengan volume air 135,6 juta m<sup>3</sup> dan ketika kemarau (elevasi air 2,5 meter) luas danau hanya 1.503 ha dengan volume air 10,4 juta m<sup>3</sup>. Luas DTA (Daerah Tangkapan Air) Danau Limboto (900 km<sup>2</sup>) yang mencapai lebih dari 17 kali luas permukaan danau (51,21 km<sup>2</sup>) dan kedalaman air yang dangkal, kedua hal ini mengindikasikan bahwa kondisi danau sangat dipengaruhi oleh proses-proses yang terjadi di DTA. Peranan sungai yang mengalir ke danau menjadi penting, sehingga air danau baik kualitas maupun kuantitas sebagian besar ditentukan oleh kondisi sungai tersebut. Sungai-sungai besar yang mengalir masuk ke Danau Limboto adalah Sungai Biyonga, Sungai Meluopo dan Sungai Alo-Pohu, sedangkan outlet danau melalui Sungai Tapodu. Sungai Biyonga merupakan sungai yang mempunyai kontribusi terbesar dalam sedimentasi Danau Limboto. Berdasarkan penggunaan lahan di DTA danau, sumber sedimen dapat berasal dari tegalan seluas 20,8% , perkebunan rakyat seluas 12,3% dan semak belukar (14,3%) ketika diolah menjadi lahan pertanian, serta hutan produksi tetap.

Kata kunci: sifat fisik, danau limboto, daerah tangkapan air, konservasi

## Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton Situ Gunung di Sukabumi, Jawa Barat

Sulastri

*Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong, Bogor.*  
Email: *lastri@indo.net.id*

Di Jawa Barat danau kecil dikenal dengan nama "Situ", memiliki banyak fungsi yakni sebagai pengendali banjir, penyediaan air bersih, irigasi pertanian, kegiatan perikanan dan wisata. Situ Gunung merupakan situ yang dikelola oleh Balai Konservasi Sumberdaya Alam, Departemen Kehutanan dan dimanfaatkan untuk kegiatan wisata. Situ merupakan perairan yang dangkal sehingga masukan bahan-bahan organik dari DAS atau daratan sekitarnya akan mempercepat penyuburan perairan dan pada kondisi tertentu dapat mendorong terjadinya marak fitoplankton yang kurang menguntungkan dari segi estetika dan wisata. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui komposisi dan kelimpahan fitoplankton di Situ Gunung. Penelitian dilakukan pada bulan September, Oktober, November dan Desember, 2008. Fitoplankton dianalisis secara kuantitatif menggunakan metode Lackey Drop Microtransect termodifikasi. Parameter unsur hara dan kandungan klorofil juga diamati dan dianalisis menggunakan metoda standar. Hasil pengamatan menunjukkan komposisi fitoplankton pada permukaan didominasi oleh jenis-jenis dari kelompok alga hijau (Chlorophyta), sedangkan pada kedalaman Secchi dish didominasi oleh kelompok diatom (Chrysophyta). Chlorophyta yang tinggi dijumpai pada bulan September, sedangkan Chrysophyta pada bulan Desember. Cyanophyta mendominasi pada bulan Oktober dengan kelimpahan 9150 sel/L. Melimpahnya kelompok alga biru (Cyanophyta) kurang menguntungkan dari segi kualitas air pada bulan tersebut. Total jenis berkisar 38 sampai 44 jenis selama pengamatan. Kelimpahan fitoplankton yang tinggi dijumpai di kedalaman Secchi dish dengan kisaran 4.725 - 120.600 sel/L mengindikasikan perairan yang subur. sedangkan klorofil rata-rata berkisar antara 1,619 - 6,301 mg/m<sup>3</sup>. Rasio TN:TP pada umumnya mengindikasikan nitrogen menjadi faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton.

Kata kunci: Fitoplankton, komposisi, kelimpahan Situ Gunung.

### PENDAHULUAN

Di Jawa Barat danau kecil dikenal dengan nama "Situ", memiliki banyak fungsi yakni sebagai pengendali banjir, penyediaan air bersih, irigasi pertanian, kegiatan perikanan dan wisata. Situ Gunung terletak di kaki Gunung Gede Pangrango, termasuk dalam kawasan Taman Nasional Gunung Gede Prangango. Situ Gunung ditetapkan sebagai Taman Wisata alam, yang dikelola oleh Balai Konservasi Sumberdaya Alam terletak di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.

Situ merupakan danau yang dangkal sehingga masukan bahan-bahan organik dari daerah tangkapan atau daratan sekitarnya akan mempercepat penyuburan perairan (Wetzel, 2001). Demikian juga dilaporkan danau kecil yang dangkal lebih banyak dipengaruhi oleh *run off*, waktu air tinggal di danau (*hidraulic retention time*) yang lebih pendek dan masukan nutrisi ke perairan lebih tinggi, sehingga komposisi dan suksesi fitoplankton tidak seperti dari danau-danau yang dalam (Reynold, 1984). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya hubungan kondisi penggunaan lahan wilayah DAS dengan komposisi fitoplankton dan kualitas air beberapa danau kecil di Jawa Barat (Sulastri *et al.*, 2008). Gergel *et al.* (1999) dan Knoll *et al.* (2003) juga melaporkan penggunaan lahan di daerah tangkapan air mempengaruhi kondisi kimia air, karena itu danau-danau di wilayah urban menunjukkan peningkatan kandungan nitrat dan fosfat yang mendukung penyuburan dan produktivitas perairan. Oleh karena itu peningkatan kandungan nutrisi secara terus menerus pada suatu perairan dapat mendorong terjadinya marak alga (*blooming* fitoplankton).

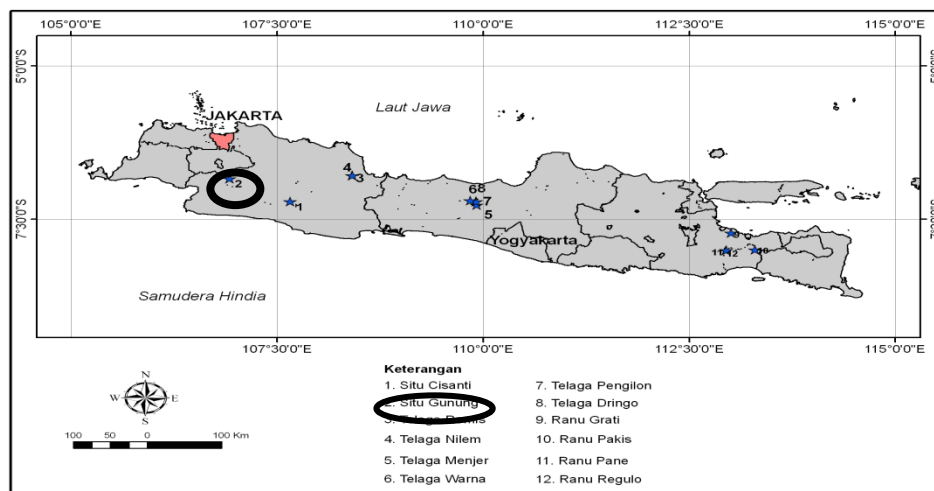
Penyuburan oleh jenis-jenis alga biru kurang menguntungkan ditinjau dari segi estetika dan kualitas air serta aktivitas wisata. Dilaporkan bahwa peningkatan biomassa alga biru hijau sering diikuti oleh produksi dan pelepasan bahan beracun yang menyebabkan keracunan pada binatang ataupun manusia (Roland *et al.*, 2005). Jenis-jenis alga biru hijau yang diketahui memiliki bahan beracun diantaranya, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Planktothrix*, *Nostoc*, *Nodularia*, *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon*, *Lyngbia*, *Oscillatoria* dan *Schizothrix*. Blooming fitoplankton alga biru hijau tidak hanya kurang menarik dan mengganggu aktivitas wisata di perairan tetapi juga menyebabkan masalah kesehatan pada manusia dan binatang, (Carmichael, 2001 dalam Mankiewicz *et al.*, 2003). Di Indonesia blooming *Microcystis aeruginosa* pernah terjadi di danau Maninjau yang menyebabkan konflik sosial karena kematian ikan secara masal dan bau kurang sedap yang mengganggu masyarakat sekitarnya (Syandry, 2000).

Situ Gunung yang berada di kawasan Taman Nasional Gunung Gede kondisi DAS nya masih alami atau 100 % dimanfaatkan untuk hutan (Sulastri, 2009), maka diduga kondisi perairan situ nya masih baik dan belum tercemar oleh material organik yang dindikasikan oleh rendahnya kandungan unsur dan tidak mengalami penyuburan perairan. Fitoplankton sering digunakan sebagai indikator biologi untuk mengevaluasi kondisi kesuburan perairan karena diketahui memiliki respon terhadap dampak aktivitas antropogenik yang mengindikasikan adanya pengkayaan unsur hara (Hutchinson, 1967). Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui komposisi dan kelimpahan fitoplankton serta faktor lingkungannya yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi dan monitoring status kualitas perairan Situ Gunung.

### BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dari bulan September sampai dengan bulan Desember 2008 di Situ Gunung (Gambar 1). Pengambilan sampel fitoplankton dan air dilakukan pada permukaan perairan dan kedalaman *Secchi dish* pada stasiun yang paling dalam. Pengamatan kondisi perairan mencakup parameter kualitas air dan nutrisi. Parameter kualitas air seperti suhu, pH oksigen terlarut (DO), kekeruhan dan konduktivitas diukur langsung secara insitu menggunakan WQC Horiba-U 10.

Parameter nutrisi dan klorofil-a dianalisis di laboratorium Hidrokimia, Puslit Limnologi-LIPI menggunakan metode standar Anonimus (1992). Metode dan alat yang digunakan untuk analisis parameter nutrisi dan klorofil-a disajikan tabel 1. Pengambilan sampel Fitoplankton dilakukan pada lokasi yang sama dengan pengukuran kondisi lingkungan perairan. Sampel fitoplankton diambil dengan menyaring air sebanyak 2 liter pada permukaan perairan dan kedalaman Cakram Secchi menggunakan plankton net ukuran mata jaring 40 µm dan diawet menggunakan larutan lugol sebanyak 1 %



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tabel 1. Parameter nutrisi dan klorofil-a yang dianalisis, metode, dan alat yang dipergunakan selama analisis di laboratorium.

No	Parameter	Metode	Alat utama
1	Amonia (N-NH <sub>4</sub> )	Fenat	Spektrofotometer
2	Total N	Destruksi asam askorbat	Spektrofotometer
3	Orthofosfat (P-PO <sub>4</sub> )	Asam askorbat	Spektrofotometer
4	Total P	Destruksi asam askorbat	Spektrofotometer
5	Klorofil-a	Kolorimetrik	Spektrofotometer

Jenis-jenis fitoplankton diidentifikasi menggunakan buku rujukan yang disajikan Prescott (1951), Scott dan Prescott 1961, Sonneman *et al* (1999) dan Baker & Fabbro (1999) dengan bantuan alat *inverted microscope*. Penghitungan kuantitatif fitoplankton menggunakan metode Lackey Drop Microtranct (Anonimus, 1992).



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kondisi Lingkungan Perairan*

Kondisi kualitas air Situ Gunung disajikan pada table 2. Kualitas air kondisinya menunjukkan masih baik untuk kehidupan aquatik. Suhu menunjukkan kondisi yang umum di perairan tropis yakni berkisar 24,2 – 27,45 °C. Suhu yang rendah dijumpai pada bulan November dan Desember yang umumnya merupakan bulan-bulan yang mewakili musim hujan. pH menunjukkan kondisi bervariasi (5,78 – 8,77), kondisi ini dapat dipahami karena pada danau dangkal seperti situ sifat kualitas air sangat berfluktuasi karena pengaruh aliran air masuk yang pH nya lebih rendah. Konduktivitas berkisar 0,033 – 0,053 mS/cm. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan konduktivitas di Situ Lembang (0,014 – 0,053 mS/cm). Untuk perairan tawar konduktivitas berkisar < 25 - > 500 µS/cm (Boyd, 1982). Di Situ Lembang konduktivitas berkisar. Turbiditas atau kekeruhan juga menunjukkan kondisi yang baik untuk kehidupan akuatik. Quinn *et al.*, (1992) melaporkan peningkatan turbiditas > dari 23 NTU menurunkan kekayaan dan kepadatan taxa fauna makrozoobenthos. DO juga menunjukkan kondisi baik untuk kehidupan aquatic atau >3 mg/L yang disarutkan untuk kehidupan ikan (Anonymous, 2001).

Tabel 2. Kondisi kualitas air Situ Gunung 2008

Waktu Pengamatan	Strata	pH	konduktivitas mS/cm	Turbiditas NTU	DO mg/L	Temperatur °C
September	0 m	8,57	0,044	9,75	7,82	27,45
	Secchi	8,77	0,044	9,50	8,03	26,90
Oktober	0 m	5,96	0,052	1,0	6,25	26,5
	Secchi	6,26	0,053	1,0	5,48	26,0
November	0 m	5,90	0,033	6,67	5,66	24,7
	Secchi	5,78	0,033	7,00	-	24,2
Desember	0 m	6,94	0,039	2,00	6,23	24,4
	Secchi	6,94	0,039	2,00	6,23	24,4

Konsentrasi unsur hara, korofil-a dan material tersuspensi disajikan pada Tabel 2. Konsentrasi amonia pada umumnya rendah yakni berkisar 0,0019-0,1314 mg/L. Nilai baku mutu perairan untuk kegiatan perikanan yang ditetapkan oleh pemerintah adalah 0,6 mg/L (Anonymous, 2001). Nilai yang tinggi pada bulan November diduga masukan dari aliran air masuk pada awal musim hujan. Amonia merupakan sumber nitrogen fitoplankton dan di perairan segera diasimilasi oleh fitoplankton. Dilaporkan kecepatan pertumbuhan tertinggi beberapa kelompok alga biru hijau (Cyanobacteria) terjadi bila menggunakan amonia sebagai sumber nitrogen (Wetzel, 2001). Nilai amonia di Situ Gunung lebih rendah dibandingkan dengan Situ Patenggang dan Situ Lembang dengan kisaran masing-masing 0,025-0,327 mg/L dan 0,0938 - 0,1707 mg/L (Sulastris *et al.*, 2008 dan Sulastris 2011a). Total nitrogen (TN) berkisar 0,0659 - 0,8986 mg/L. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan Situ Patenggang ( 0.155-1.075 mg/L) (Sulastris *et al.*, 2008) dan dibandingkan dengan klasifikasi kesuburan tingkat eutrofik di perairan danau (Tabel 3) (Wetzel, 2001)

Fosfat (P-PO<sub>4</sub>) konsentrasinya menunjukkan kisaran yang rendah, yakni berkisar 0,0026 – 0,0281 mg/L. Fosfat merupakan senyawa yang memiliki kecenderungan terikat pada partikel-partikel sedimen dan cenderung mengendap ke dasar perairan. Oleh karena itu fosfat (P-PO<sub>4</sub>) pada umumnya konsentrasinya rendah di perairan (Goldman & Horne, 1983). Bentuk senyawaan fosfor yang merupakan sumber nutrisi yang paling penting untuk tumbuhan atau fitoplankton adalah ion anorganik fosfat (PO<sub>4</sub>). Nilai fosfat di Situ Gunung lebih rendah dibandingkan dengan Situ Lembang (0,0003-0,0319 mg/L) (Sulastris 2011b).

Total fosfor (TP) Situ Gunung menunjukkan konsentrasi yang rendah berkisar 0,0110-0,0329 mg/L. Di Situ Lembang konsentrasi TP berkisar 0,0273-0,0870 mg/L. Konsentrasi total fosfor juga menunjukkan nilai yang rendah dibandingkan dengan klasifikasi kesuburan tingkat eutrofik di perairan danau (Tabel 3) (Wetzel, 2001). Hubungan produktivitas perairan danau dengan rata-rata konsentrasi T-P di lapisan epilimnion dilaporkan oleh Volllenweider (1968) dalam Wetzel (2001) untuk perairan danau ultra-oligotrofik, oligo-mesotrofik, meso-eutrofik, eutrofik dan hipertrofik masing-masing adalah < 5 µg/L; 5 – 10 µg/L ; 10 – 30 µg/L. 30 – 100 µg/L dan > 100 µg/L. Merujuk klasifikasi ini maka Situ Gunung kesuburannya dapat diklasifikasikan pada tingkat mesotrofik.

Rasio TN:TP umumnya rendah kecuali bulan November menunjukkan nilai yang tinggi (79,55-53,37). Nilai TN:TP rasio >12 mengindikasikan fosfor merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan fitoplankton sedangkan TN:TP rasio < 12 mengindikasikan nitrogen merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan fitoplankton (Jorgensen, 1980).

Klorofil-a berkisar antara 0,8814 - 7,794 mg/m<sup>3</sup>, lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi klorofil-a di situ - situ di Jawa Barat lainnya seperti Lembang (7,039-10,868 mg/m<sup>3</sup>), Cileunca (11,14-44,008 mg/m<sup>3</sup>, Paenggang (9,598-21,772 mg/m<sup>3</sup>), Canguang ( 4,478-29,263 mg/m<sup>3</sup>), Gede (6,448-14,165 mg/m<sup>3</sup>) dan Situ lengkung (37,043-51,165 mg/m<sup>3</sup>) ( Sulastri *et al.*, 2008). Konsentrasi klorofil-a bila dirujuk pada klasifikasi status trofik atau kesuburan tergolong tingkat kesuburan mesotrofik (Wetzel (2001)

Tabel 3. Konsentrasi unsur hara dan klorofil-a di Situ Gunung tahun 2008

Waktu Pengamatan	Strata	N-NH <sub>4</sub> mg/L	TN mg/L	P-PO <sub>4</sub> mg/L	TP mg/L	TN:TP	Klorofil-a mg/m <sup>3</sup>
September	0 m	0,0019	0,1047	0,0056	0,0329	3,18	0,8814
	secchi	0,0361	0,3116	0,0281	0,0298	10,46	2,52
Oktober	0m	0,0169	0,1739	0,0171	0,019	9,15	2,1
	Secchi	0,0084	0,0659	0,0098	0,0155	4,25	0,969
November	0 m	0,1314	0,8751	0,0026	0,011	79,55	1,1053
	Secchi	0,0875	0,8966	0,0065	0,0168	53,37	2,58
Desember	0 m	0,0505	0,2649	0,0089	0,0236	11,22	4,136
	Secchi	0,0689	0,3948	0,0076	0,0141	28	7,794

Tabel 4. Klasifikasi status trofik untuk perairan danau berdasarkan konsentrasi, total fosfor, total nitrogen dan klorofil-a menurut Wetzel (2001).

Parameter	Ologotrofik	Mesotrofik	Eutrofik	Hipereutrofik
Total fosfor (mg/m <sup>3</sup> )				
Rata-rata	8,0	26,7	84,4	-
Kisaran	3,0 – 17,7	10,9 – 95,6	16,0 – 386	750 – 1200
Total nitrogen (mg/m <sup>3</sup> )				
Rata-rata	661	753	1875	-
Kisaran	307 – 1630	361 – 1387	393 – 6100	-
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )				
Rata-rata	1,7	4,7	14,3	-
Kisaran	0,3 – 4,5	3 - 11	3 - 78	100 - 150

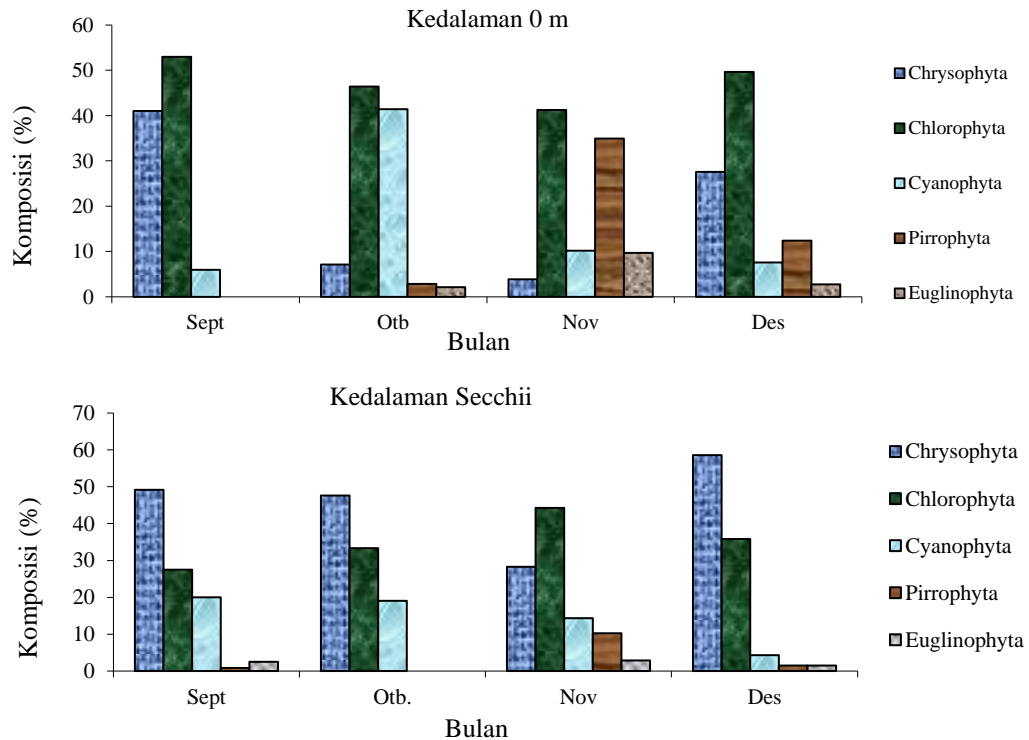
#### **Komposisi dan Jenis-Jenis Fitoplankton.**

Komposisi fitoplankton Situ Gunung disajikan pada Gambar 4. Pada permukaan perairan atau kedalaman 0 m komposisi fitoplankton 41,26-52,99 % didominasi oleh alga hijau (Chlorophyta) sedangkan komposisi fitoplankton pada kedalaman Secchi 28,28-58,58 % didominasi oleh diatom (Crysophyta). Perbedaan komposisi pada permukaan dan kedalaman Secchi dapat dipahami karena diatom memiliki dinding sel yang lebih berat sehingga keberadaannya cenderung menempati kolom dasar dan dalam perairan. Alga biru hijau (Cyanophyta) komposisinya meningkat pada bulan oktober mencapai 43,41 % khususnya pada permukaan perairan (0 m). Pada bulan Oktober Cyanophyta jumlah jenisnya juga meningkat, didominasi oleh jenis *Microcystis aeruginosa* dan *Gomposphaeria sp.* Alga biru hijau seperti *Microcystis* tumbuh pada kolom perairan yang stabil,

Adanya gelembung gas menyebabkan jenis ini mampu mengapung pada permukaan perairan (Reynold, 1984). Alga biru hijau (Cyanophyta) umumnya melimpah pada musim panas. Faktor-faktor yang menentukan melimpahnya alga biru hijau pada musim panas adalah temperatur air lebih dari 25°C, intensitas cahaya yang rendah, rasio TN:TP yang rendah dan kolom air yang stabil (Mankiewicz *et al.*, 2003, Wetzel, 2001, Harris, 1986).

Alga kuning coklat (Pyrrophyta) komposisinya meningkat mencapai 34,95 % pada bulan November. Alga kuning coklat didominasi oleh jenis *Peridinium cinctum*. Jenis alga ini tergolong keduanya *euplankton* yang melayang di perairan dan *tychoplankton* yang keberadaannya dibawa oleh aliran air. Jenis fitoplankton dari kelompok tychoplankton ini umum dijumpai meningkat di danau setelah terjadi hujan (Prescot, 1951; Round, 1984). Fenomena meningkatnya alga kuning

coklat pada bulan November bisa dipahami karena bulan ini merupakan peralihan musim kemarau ke musim hujan atau sudah mewakili musim hujan.

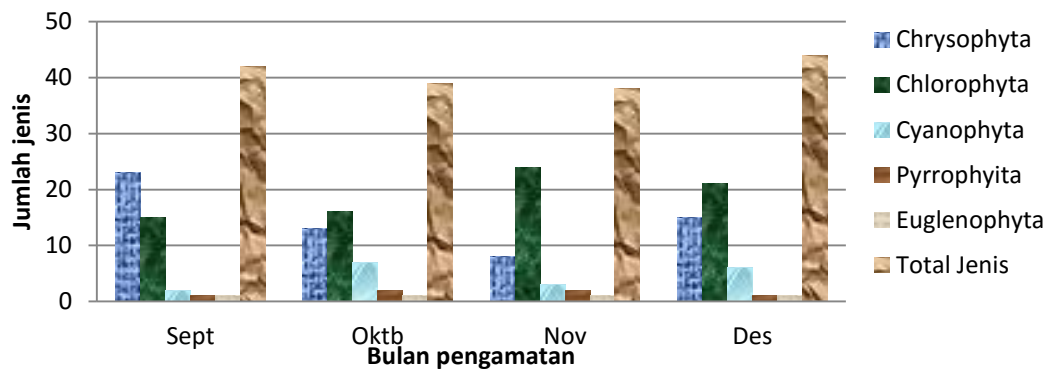


Gambar 2, Komposisi Fitoplankton Situ Gunung.

Jenis-jenis fitoplankton Situ Gunung disajikan pada lampiran. Dari total 87 jenis fitoplankton yang ditemukan di Situ Gunung, 29 jenis adalah dari kelompok diatom (Chrysophyta), sebanyak 42 jenis alga hijau (Chlorophyta), 10 jenis alga biru hijau (Cyanophyta), 5 jenis alga kuning coklat (Pyrrophyta) dan 1 jenis dari kelompok Euglenophyta. Kehadiran dan kelimpahan jenis-jenis dari kelompok diatom sangat bervariasi selama pengamatan. Jumlah jenis dan kelimpahan yang tinggi dari kelompok diatom dijumpai di bulan Desember. Jenis-jenis diatom yang ditemukan di Situ Gunung merupakan jenis-jenis *epiphytic* atau *benthic diatom* seperti *Cymbella*, *Diatoma elongata*, *Fragilaria*, *Navicula* dan *Gomphonema* dan *Eunotia*. (Round, 1984; Kilinc, 1998). Keberadaan jenis-jenis *epiphytic* dan *benthic diatom* pada kolom perairan dangkal dapat dipengaruhi oleh proses pengadukan air yang disebabkan oleh angin (Kilinc, 1998). Di Situ Gunung pengadukan air yang bisa disebabkan oleh angin dan aliran *run off* yang terjadi pada musim hujan pada bulan Desember.

Komposisi jenis-jenis fitoplankton dari alga hijau didominasi oleh jenis-jenis dari kelompok desmid yakni dari 42 jenis alga hijau yang ditemukan, 21 jenisnya diantaranya adalah jenis-jenis dari genera *Cosmarium*, *Closterium*, *Euastrum* dan *Staurastrum*. Beberapa jenis fitoplankton dari kelompok desmid seperti *Pleurotaenium*, *Staurastrum* and *Cosmarium* diketahui dominan pada lingkungan perairan yang miskin fosfor (Huzar *et al*, 1998).

Total jenis fitoplankton pada setiap pengamatan berkisar antara 38 – 44 jenis (Gambar 3). Total jenis fitoplankton lebih tinggi dibandingkan dengan total jenis di Situ Lembang (21 – 35 jenis).



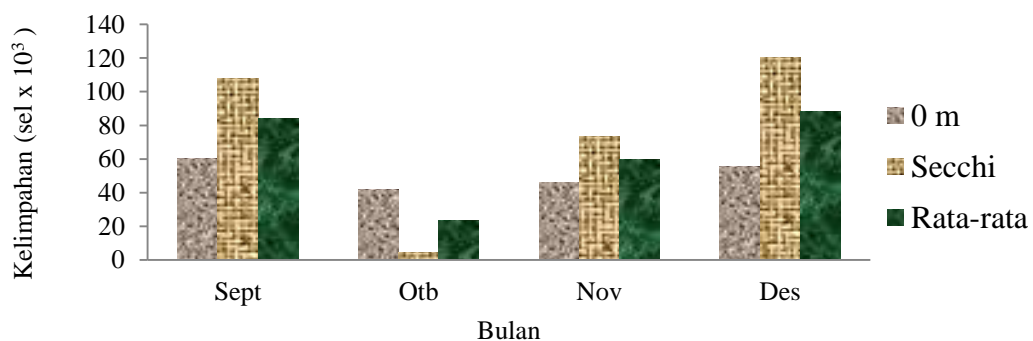
Gambar 3 Total jenis pada masing-masing pengamatan

#### Kelimpahan Fitoplankton

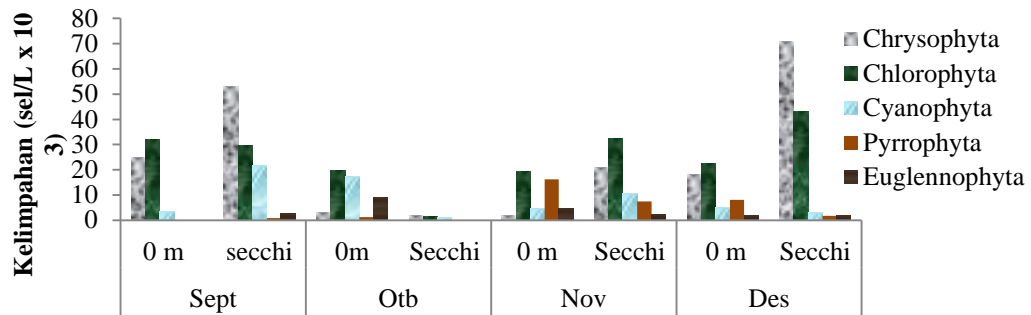
Kelimpahan fitoplankton Situ Gunung disajikan pada gambar 4. Kelimpahan total fitoplankton berkisar 23.363 – 87.975 sel/L (Gambar 4). Dilaporkan bahwa kelimpahan fitoplankton lebih dari 15000 sel/L mengindikasikan perairan eutrofik (Lander, 1979). Kelimpahan yang tinggi umumnya ditemukan pada kelompok diatom (Chrysophyta (Gambar 5). Faktor pertumbuhan diatom dipengaruhi selain unsur hara nitrogen juga dipengaruhi unsur silikat (Si). Dilaporkan bahwa faktor tumbuhan fitoplankton diantaranya yakni rasio Si:P yang tinggi mendorong melimpahnya kelompok diatom (Klinic, 1998). Diatom yang tinggi ditemukan pada bulan September dan Desember. Bila dilihat dari jenis-jenis fitoplankton yang ditemukan (Lampiran) tergolong *epiphytic diatom* dan *benthic diatom*, maka tingginya kelompok diatom pada kedalaman Secchi dibulan tersebut diduga dipengaruhi oleh proses pengadukan air. Situ merupakan perairan dangkal sehingga mudah terjadi pengadukan karena gerakan angin atau aliran air masuk pada musim hujan. Sebaliknya bulan Oktober yang mewakili musim kemarau diduga sedikitnya aliran masuk ke perairan situ sehingga stabilitas kolom air lebih tinggi mendukung jenis jenis alga biru hijau untuk tumbuh pada bulan Oktober (Gambar 2 dan 4, serta lampiran).

Kelimpahan alga biru hijau meningkat pada bulan September dan Oktober masing-masing dengan kelimpahan 21.600 – 17.400 sel/L. Seperti yang disebutkan diatas faktor-faktor yang menentukan melimpahnya alga biru hijau pada musim panas adalah temperatur air lebih dari 25°C, intensitas cahaya yang rendah, rasio TN:TP yang rendah dan kolom air yang stabil (Mankiewicz *et al.*, 2003, Wetzel, 20011, Harris, 1986). Bila dikaitkan dengan kondisi lingkungan perairan nampaknya temperature air dan rasio TN:TP mendukung pertumbuhan alga biru hijau. Rasio TN: TP < 12 mengindikasikan factor pembatas pertumbuhan fitoplankton adalah nitrogen, maka jenis-jenis fitoplankton yang tumbuh pada umumnya alga biru hijau yang mampu memfiksasi nitrogen dari udara (Jorgensen, 1980; Harris, 1986).

Jenis-jenis alga biru yang sering dijumpai adalah *Microcystis aeruginosa* dengan kelimpahan berkisar 2025 - 6775 sel/L. Oleh karena itu perlu di waspadai karena jenis ini sifatnya abadi dan akan muncul melimpah bila kondisi lingkungannya mendukung pertumbuhannya.



Gambar 4. Kelimpahan total Fitoplankton



Titik sampling dan bulan pengamatan

Gambar 5. Kelimpahan total fitoplankton menurut kelompok fitoplankton

### KESIMPULAN

Kondisi lingkungan Situ Gunung menunjukkan kondisi yang masih baik untuk kehidupan akuatik. Ditinjau dari kandungan unsur hara dan klorofil-a Situ Gunung tergolong mesotrofik. Fitoplankton pada permukaan perairan didominasi oleh kelompok alga hijau (Chlorophyta), sedangkan pada kedalaman Secchi. Alga biru hijau komposisinya meningkat pada bulan oktober. Kelimpahan fitoplankton berkisar 23.363 – 87.975 sel/L Kelimpahan yang tinggi didominasi oleh kelompok diatom

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Sdr Sulung Nomosatriyo Msi , Sdr Rosidah Ssi dan tim lainnya atas bantuannya dalam pengumpulan data di Lapangan

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, Tentang Pegelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sekretariat Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 14p.
- Anonymous 1992. Standard Method For the Examination of the Water and Waste Water 17<sup>th</sup> Edition. APA-AWWA-WPCF: 1100 pp.
- Baker, P.D. & L.D. Fabro 1999. A Guide to identification of common blue green algae (Cyanoprokaryotes) in Australia. Cooperative R.C. for Freshwater Ecology, Identification Guide, No.25. 43 pp.
- Boyd, C.E. 1982. *Water quality in ponds for aquaculture*, University of Auburn, Birmingham, Alabama, 482 pp.
- Gergel, S.E., M.G. Turner, and T.K. Kratz, 1999. Dissolved organic carbon as an indicator of the scale of watershed influence on lakes and river. *Ecological Application*, 9: 1377 – 1390.
- Goldman, CR & A.J. Horne, 1983. *Limnologi*. Mc-Graw-Hill Book Company. New York. 464 Pp.
- Harris, G.P. 1986. *Phytoplankton ecology. structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall, London, New York: 384 pp.
- Huszar, V.L.M., L.H.S. Silva, P. Domingos, M.Marinho & S. Melov, 1998. Phytoplankton species is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian tropical lakes. *Hydrobiologia*: 360/370: 59 -71.
- Hutchinson, G.E., 1967. *A Treatise on Limnology, Vol II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton*. John Weley & Sons, New York. 1,115 pp.
- Jorgensen, S.E. 1980. *Lake management*. Pergamon Press Ltd. Oxford-Great Britain: 167 pp.
- Mankaiewicz, J , T. Tarczyska, Z. Walter & M. Zalewski, 2003. Natural txin from cyanobacteria. *ACTA BIOLOGICA CRACoviENSIA Series Botanica* 45/2: 9–20
- Knoll, L.B., J. Vanni, and W.N. Renwick, 2003. Phytoplankton primary production and photo synthetic parameters in reservoir along a gradient of watershed land-use. *Limnology and Oceanography*, 48: 608 – 617.
- Klinic, S. 1998. A Study in The Seasonal Variation of Phytoplankton in Hafik Lake (Sivas, Turkey). *Tr.J. of Botani*, (22):35-41
- Lander, L. 1979. Eutrophication of Lake. Causes, effects and means for control, with emphasis on lakerehabilitation. WHO-Regional Office for Europe. ICP/CEP 210. Stockholm, Sweden. 78 p.
- Prescott, G.W. 1963. *The Freshwater Algae*. W.M. Brown Company Publisher. 347 p.
- Prescott, G.W. 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Cranbrook Institute of Science. Bloomfield Hills, Michigan. Bulletin no 31.

- Quinn J.M., R.J. Davies-Colley, C. W. Hickey, M.L. Vickers, P.A. Ryan, 1992. Effects of Clay Discharges on Stream, 2. Benthic Invertebrates, *Hydrobiologia* 248: 235-247.
- Reynold, C.S.1984. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. New York: 384 pp.
- Round, F.E.,1985. *The ecology of Algae*. Cambridge University, Melbourne, Australia, 633 p.
- Roland, A., D.J. Bird & A. Giant, 2005. Seasonal change in composition of the cyanobacterial community on the occurrence of hepatotoxic blooms in the Eastern township, Quibec Canada. *Journal of Plankton Research*, (27)2: 683 – 694.
- Sonneman, J.A., M. A. Reid, M. A. Illma, A.J. Sincock. 1999. *An illustration key to common diatom genera from Southern Australia*, 64 p.
- Sulastrri, Eko Harsono, Tri Suryono dan Iwan Ridwansyah, 2008. Relationship of Land Use, Water Quality and Phytoplankton Community of Some Small Lakes in West Java, *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 34 (2): 307-332.
- Sulastrri. 2009. Karakteristik komunitas fitoplankton dan faktor lingkungan danau- danau kecil di Pulau Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 15 (2) :5-18.
- Sulastrri, 2011a. Perubahan Temporal Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton Di Situ Lembang, Jawa Barat. *Limnotek Perairan Darat*, 18 (1): 13 – 26.
- Sulastrri, 2011b. Perubahan Temporal Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton Di Situ Lembang, Jawa Barat. *Limnotek Perairan Darat*, 18 (1): 13 – 26.
- Wetzell, 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystem*. 3<sup>th</sup>. Academic Press, New York, London. 1006 pp
- Baker, P.D. & L.D. Fabro1999. A Guide to identification of common blue green algae (Cyanoprokaryotes) in Australia. Cooperative R.C. for Freshwater Ecology, Identification Guide, No.25. 43 pp.
- Gergel, S.E., M.G. Turner, and T.K. Kratz, 1999. Dissolved organic carbon as an indicator of the scale of watershed influence on lakes and river. *Ecological Application*,9: 1377 – 1390.
- Goldman, CR & A.J. Horne, 1983. *Limnologi*. Mc-Graw-Hill Book Company. New York. 464 Pp.
- Harris, G.P. 1986. *Phytoplankton ecology. structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall, London, New York: 384 pp.
- Huszar, V.L.M., L.H.S. Silva, P. Domingos, M.Marinho & S. Melov, 1998. Phytoplankton species is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian tropical lakes. *Hydrobiologia*: 360/370: 59 -71.
- Hutchinson, G.E., 1967. *A Treatise on Limnology*, Vol II. *Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton*. John Weley & Sons, New York. 1,115 pp.
- Jorgensen, S.E. 1980. *Lake management*. Pergamon Press Ltd. Oxford-Great Britain: 167 pp.
- Mankaiewicz, J , T. Tarczynska, Z. Walter & M. Zalewski, 2003. Natural txin from cyanobacteria. *ACTA BIOLOGICA CRACOVIENSIA Series Botanica* 45/2: 9-20
- Knoll, L.B., J. Vanni, and W.N. Renwick, 2003. Phytoplankton primary production and photo synthetic parameters in reservoir along a gradient of watershed land-use. *Limnology and Oceanography*, 48: 608 – 617.
- Prescott, G.W. 1963. *The Freshwater Algae*. W.M. Brown Company Publisher.347 p.
- Prescott, G.W. 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Cranbrook Institute of Science. Bloomfield Hills, Michigan. Bulletin no 31.
- Quinn J.M., R.J. Davies-Colley, C. W. Hickey, M.L. Vickers, P.A. Ryan, 1992. Effects of Clay Discharges on Stream, 2. Benthic Invertebrates, *Hydrobiologia* 248: 235-247.
- Reynold, C.S.1984. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. New York: 384 pp.
- Round, F.E.,1985. *The ecology of Algae*. Cambridge University, Melbourne, Australia, 633 p.
- Roland, A., D.J. Bird & A. Giant, 2005. Seasonal change in composition of the cyanobacterial community on the occurrence of hepatotoxic blooms in the Eastern township, Quibec Canada. *Journal of Plankton Research*, (27)2: 683 – 694.
- Sonneman, J.A., M. A. Reid, M. A. Illma, A.J. Sincock. 1999. *An illustration key to common diatom genera from Southern Australia*, 64 p.
- Sulastrri, Eko Harsono, Tri Suryono dan Iwan Ridwansyah, 2008. Relationship of Land Use, Water Quality and Phytoplankton Community of Some Small Lakes in West Java, *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 34 (2): 307-332.
- Sulastrri, 2011. Perubahan Temporal Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton Di Situ Lembang, Jawa Barat. *Limnotek Perairan Darat*, 18 (1): 13 – 26.
- Wetzell, 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystem*. 3<sup>th</sup>. Academic Press, New York, London. 1006 pp

LAMPIRAN

Jenis-Jenis fitoplankton Situ Gunung tahun 2008.

Divisio/ Species	Waktu Pengamatan			
	September	Oktober	November	Desember
<b>Chrysophyta</b>				
<i>Acanthes trinoides</i>			*	
<i>Cymbella sp</i>	***	*		***
<i>Diatoma elongata</i>	*	*	*	*
<i>Eunotia sp</i>	*		**	**
<i>Eunotia graclis</i>	*	*		***
<i>Fragilaria construent</i>	*		***	***
<i>Fragillaria crotonensis</i>				***
<i>Fragilaria capucina</i>	***	**		
<i>Fragillaria sp</i>	*			
<i>Melosira granulata</i>	***	*	*	*
<i>Navicula sp 1</i>	*			
<i>Navicula medisculus</i>	***			
<i>Navicula anglica</i>		*		
<i>Navicula cryptocephala</i>		*	***	****
<i>Navicula sp 2</i>	**			
<i>Nitzshia apectabilis</i>				**
<i>Gomphonema</i>	***	*		***
<i>Gomphonema gracile</i>	****	*		
<i>Gyrosigma sp</i>		*		*
<i>Gyrosigma attenuatum</i>		*		
<i>Pinnularia nodosa</i>	***			
<i>Pinnulria interupta</i>		*		
<i>Pinnularia aerospaeria</i>			*	*
<i>Rhopalodia sp</i>	**			*
<i>Synedra ulna</i>			**	*
<i>Synedra sp</i>				**
<i>Surirella ongusta</i>	***			
<i>Staurosis acuta</i>				*
<i>Tabellaria fasciculata</i>	**			
<i>Centritractus belanophorus</i>		**	*	***
<b>Chlorophyta</b>				
<i>Asterococcus sp</i>			*	***
<i>Cosmarium depressum</i>				*
<i>Cosmarium moniloforme</i>			*	
<i>Cosmarium ocellatum</i>	***			
<i>Cosmarium identatum</i>	***		***	***
<i>Cosmarium marginatum</i>	***		***	***
<i>Cosmarium subturgidum</i>	*			
<i>Cosmarium spinuliferum</i>			*	*
<i>Cosmarium nuliferum</i>			**	
<i>Cosmarium tumidum</i>			*	
<i>Cosmarium perfisum</i>				***
<i>Cosmarium ongulatum</i>				*
<i>Closterium sp.</i>	***	*	*	*
<i>Closterium porrectum</i>		*	*	**
<i>Closterium kuetzingii</i>	**			
<i>Closterium gracile</i>	*			*
<i>Coelastrum sphaericum</i>		*	***	***
<i>Coelastrum combricus</i>				**
<i>Coelastrum sp.</i>		*		**
<i>Closterium turgidum</i>				*
<i>Euastrum luethemmelleri</i>	**	**		

Divisio/ Species	Waktu Pengamatan			
	September	Oktober	November	Desember
<i>Crucigenia quadrata</i>	***			
<i>Crucigenia truncata</i>			*	
<i>Crucigenia rectangularis</i>			*	
<i>Crucigenia sp</i>		***	***	***
<i>Kirchneriela sp</i>		*	*	
<i>Kirchneriella lunaris</i>			*	
<i>Neprocytium obesum</i>	*	**		*
<i>Oocystis eliptica</i>		*	*	*
<i>Selenastrum gracile</i>			*	*
<i>Scenedesmus sp1</i>		**	*	
<i>Scenedesmus sp 2</i>			*	
<i>Scenedesmus longus</i>		*		*
<i>Sphaerocystis sp</i>		*	***	***
<i>Staurastrum perundulatum</i>	***			
<i>Staurastrum corniculatum</i>	***			
<i>Staurastrum identatum</i>	***	*	***	***
<i>Staurastrum sexongulare</i>			*	*
<i>Staurastrum sp.</i>	*			
<i>Tetraedron sp</i>		*		
<i>Quadrigula</i>				**
<i>Trochiscia reticularis</i>				*
<b>Cyanophyta</b>				
<i>Anabaena afinis</i>		*		*
<i>Anabaena sp</i>	**	**		
<i>Coelosphaerium sp</i>		***		
<i>Chroococcus minatus</i>		***		
<i>Chroococcus sp</i>			*	
<i>Gomposphaeria</i>		***	**	*
<i>Microcystis aeruginosa</i>		***	***	***
<i>Oscillatoria tenuis</i>		**		**
<i>Oscillatoria sp</i>	*			
<i>Pseudoanabaena goleata</i>	***			
<i>Pseudoanabaena sp</i>	***			**
<b>Pyrrhophyta</b>				
<i>Glenodinium armatum</i>	*			
<i>Glenodinium sp</i>		*	*	
<i>Peridinium cinctum</i>			****	***
<i>Peridinium pusilus</i>				*
<i>Peridinium sp</i>		*		
<b>Euglenophyta</b>				
<i>Trachelomonas hispida</i>	***	*	***	***

Keterangan:

. \* <500 sel/L; \*\* : 500-1000 sel/L; \*\*\* 1000-10.000 sel/L; \*\*\*\* 10.000-21.000 sel/L



## Catatan Pertama Tentang Rayap Tanah *Coptotermes gestroi* Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae) dari Lingkungan Permukiman di Kota Bandung

**Eko Kuswanto<sup>1)</sup>, Intan Ahmad<sup>1)</sup>, Ramadhani E. Putra<sup>1)</sup>, Idham S. Harahap<sup>3)</sup>,  
Amran<sup>1)</sup>, Sobri, dan Rudolf H. Scheffrahn<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>*Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Bandung*

<sup>2)</sup>*Fort Lauderdale Research and Education Center, University of Florida*

<sup>3)</sup>*Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor, Bogor*

*Email: ekokuswantolpg@yahoo.co.id*

Rayap tanah *Coptotermes gestroi* Wasmann untuk pertama kali dilaporkan ditemukan pada lingkungan permukiman di Kota Bandung. Rayap ini merupakan jenis paling destruktif dan tersebar pada wilayah tropis. Dari penelitian pada 30 kecamatan di Kota Bandung, hanya di Kecamatan Lengkong rayap ini ditemukan. Pengukuran karakter-karakter morfologi terhadap 10 individu rayap kasta prajurit *C. gestroi* dari tiga koloni berbeda menghasilkan data sebagai berikut: jumlah artikel antenna 15 - 16 buah; jarak foveolar antenna maksimum 0,87 - 1,13 mm; jarak foveolar antenna minimum 0,76 - 1,00 mm; panjang kepala pada dasar mandibel 1,34 - 1,83 mm; panjang labrum 0,28 - 0,39 mm; panjang mandibel kiri 0,61 - 0,94 mm; panjang pronotum pada bagian median 0,37 - 0,56 mm; panjang pronotum maksimum 0,41 - 0,61 mm; lebar kepala pada dasar mandibel 0,50 - 0,69 mm; lebar kepala pada titik terjauh 1,09 - 1,50 mm; lebar labrum 0,31 - 0,39 mm; lebar pronotum 0,76 - 1,12 mm; tinggi kepala dengan posmentum 0,72 - 1,11 mm; tinggi kepala tanpa posmentum 0,61 - 1,00 mm; panjang posmentum 0,78 - 0,93 mm; lebar posmentum maksimum 0,34 - 0,44 mm; lebar posmentum minimum 0,20 - 0,28 mm; panjang tubuh 4,52 - 6,53 mm.

Kata kunci: *Coptotermes gestroi*, permukiman, Kota Bandung, karakter morfologi

## Analisis *Grey Water Footprint* pada Budidaya Kentang Konvensional dan Semi Organik

**Hafsah, Chay Asdak, Parkesit**

*Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Padjadjaran*

*Email: hafsah\_june@yahoo.com*

Permintaan pasar yang tinggi terhadap komoditas kentang memicu naiknya produksi kentang. Aplikasi pupuk kimia sebagai pendukung praktik budidaya juga turut meningkat dan berdampak terhadap penurunan kualitas badan air. Kandungan unsur kimia dalam pupuk menyebabkan timbulnya pencemaran air oleh sektor pertanian. Pada penelitian ini dipilih unsur Nitrogen dalam pupuk sebagai satu jenis pencemar yang dianggap paling memberi dampak terhadap kualitas air. Nitrogen memiliki sifat yang mudah larut dalam air sehingga mudah terlindi ke perairan. *Grey water footprint* digunakan sebagai suatu pendekatan untuk menghitung sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengasimilasi zat pencemar yang masuk ke badan air agar badan air tetap berada pada batas ambien yang diperbolehkan. Jumlah total pemakaian pupuk yang diaplikasikan selama budidaya kentang konvensional adalah sebanyak 800 kg/ton dengan kandungan nitrogen 116,4 kg/ha. Memasukan jumlah total aplikasi nitrogen selama satu kali musim tanam kedalam formula perhitungan *grey water footprint*, dihasilkan nilai *grey water footprint* kentang konvensional sebesar 28,5 m<sup>3</sup>/ton. Nilai ini relatif lebih besar dibandingkan dengan nilai *grey water footprint* budidaya kentang semi organik yang hanya sebesar 16,03 m<sup>3</sup>/ton dengan aplikasi pupuk sebesar 714 kg/ton dengan kandungan nitrogen 103,89 kg/ton. Metode budidaya semi organik dapat menekan nilai *grey water footprint* kentang hingga 56%. Metode budidaya yang lebih sedikit aplikasi pupuk kimia, dianggap dapat mendukung terwujudnya pengelolaan sumber daya air yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci: *water footprint*, *grey water*, kentang

## Kajian Bioekologi Ikan Kerapu Lumpur (*Epinephelus coioides*) di Area Karang Kretek Perairan Ujung Negro Kabupaten Batang

Agung Setyo Sasongko<sup>1)</sup>, Sutrisno Anggoro<sup>2)</sup> dan Muh.Yusuf<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Magister Ilmu kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2)</sup> Ilmu kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: agungsetyosongko@yahoo.co.id

Ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) termasuk kedalam ikan migratory. Ikan tersebut merupakan ikan karang yang sering ditemukan di kawasan terumbu karang di daerah intertidal. Ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) menggunakan terumbu karang didaerah intertidal karena faktor kondisinya biofisiknya cocok sebagai tempat memijah dan asuhan bagi perkembangan larvanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bioekologi Ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) di Karang Kretek Ujung Negro Batang melalui analisis faktor kondisi, hubungan panjang berat, Tingkat Kematangan Gonad serta identifikasi jenis makanan Ikan kerapu lumpur. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif exploratif. Penentuan lokasi pengamatan menggunakan *purposive sampling method*. Penelitian dilaksanakan bulan Juni-Juli 2013 yang dilakukan di area Karang Kretek didapatkan 47 sampel ikan kerapu lumpur. Ikan tersebut dikumpulkan dengan menggunakan Bubu kerapu dan pancing. Sampling ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) dilakukan 1 hari dengan 3 kali penangkapan dari pagi sampai petang. Hasil analisis data biologis reproduksi dengan analisis regresi dan uji-t (t-tabel>t-hit). Pertumbuhan ikan kerapu di Karang Kretek Perairan Ujung Negro, kabupaten Batang Pertumbuhan ikan kerapu jantan bersifat allometrik negatif yang memiliki nilai *slope* (b) sebesar 0,484 dan pertumbuhan ikan kerapu betina bersifat allometrik negatif yang memiliki nilai *slope* (b) sebesar 2,356, selain dikarenakan bentuk morfologi yang terkait dengan lingkungannya, maka nilai tersebut menunjukkan bahwa makanan yang diperoleh lebih diutamakan untuk menunjang proses metabolisme tubuhnya. Dengan demikian apabila energi yang diperoleh dari makanan akan diutamakan untuk mendukung pertumbuhan dalam bentuk panjang dibandingkan dengan berat.

Kata Kunci: Ikan Kerapu Lumpur (*Epinephelus coioides*), Hubungan Panjang-Berat, Faktor Kondisi, Tingkat Kematangan gonad, Kebiasaan makan, Karang Kretek

## Riset Bio-Arkeologi di Indonesia Peran Kajian untuk Masa Lalu untuk Masa Kini dan Masa yang Akan Datang

**Siswanto**

*Balai Arkeologi Yogyakarta -Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Email: siswanto.balar@gmail.com*

Biologi dan cabang-cabang ilmunya (paleontologi, paleoekologi, palinologi dan lainnya) sejak satu abad yang silam sebagai pendukung dan pendamping andalan dalam riset arkeologi di Indonesia, terutama pada kajian-kajian tentang kehidupan manusia masa lampau (prasejarah). Data hasil kajian tidak hanya menjelaskan (rekonstruksi) kehidupan masa lalu saja, namun dapat digunakan sebagai bahan pengambilan keputusan pembangunan masa kini dan perencanaan di masa yang akan datang. Sebagaimana diketahui berdasarkan data hasil-hasil penelitian bio-arkeologi telah menunjukkan bahwa keseimbangan alam di Indonesia mengalami perubahan yang sangat signifikan, beberapa spesies fauna dan flora yang dahulu mewarnai kehidupan di bumi nusantara kini telah punah dan hanya meninggalkan jejak sisa-sisanya saja. Kepunahan spesies tersebut memang dapat diakibatkan karena faktor lingkungan (persaingan antar spesies, ketidakseimbangan alam, dan atau bencana), namun juga dapat diakibatkan karena kebijakan keliru yang tidak ramah lingkungan. Di lain pihak, pertumbuhan populasi manusia yang pesat (terutama di Jawa) selain mendesak atau menggusur populasi lain juga memerlukan sumberdaya hayati untuk energi maupun ekonomi. Oleh karena itu, berdasarkan data masa lalu (bio-arkeologi) maka masukan bagi pemerintah dalam pengambilan kebijakan untuk masa kini dan akan datang dalam rangka keseimbangan lingkungan di nusantara. Bagaimana konsep membangun tanpa merusak atau sering disebut pembangunan berkelanjutan dan bagaimana memberdayakan sumberdaya yang ada tanpa terjadi degradasi lingkungan.

## Analisis Metapopulasi dan Prediksi Kepunahan Lokal Macan Tutul Jawa (*Panthera pardus melas* Cuvier, 1809) Di Jawa Tengah

Hendra Gunawan<sup>1</sup>; Lilik B. Prasetyo<sup>2</sup>; Ani Mardiasuti<sup>3</sup> and Agus P. Kartono<sup>4</sup>

<sup>1)</sup> *Peneliti Utama pada Puslitbang Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Litbang Kehutanan*

<sup>2), 3)</sup> *Guru Besar pada Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor*

<sup>4)</sup> *Dosen pada Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor  
Email: hendragunawan1964@yahoo.com*

Populations of Javan leopard (*Panthera pardus melas* Cuvier, 1809) in Central Java Province have been broke dawn into smaller sub-populations due to forest fragmentation. Sub-populations of javan leopard formed several types of metapopulations that tend to be vulnerable to local extinction. Understanding the metapopulation ecology of this species is therefore a good approach to manage the whole population in a landscape scale. The objectives of this research were to record spatially the Javan leopard population distribution; to identify metapopulation types of Javan leopard; and to predict the risk of local extinction of each population. The methods of this research were included GPS survey for population mapping; questionnaire survey for complementing data of Javan leopard distribution; overlay GPS coordinates of the population distribution with land cover, forest status and forest production management units and comparison between factual distribution pattern with metapopulation types described by Hanski & Simberloff (1997) and Harrison & Taylor (1997). This research discovered one classic metapopulation (5 sub populations) (10.4%); one mainland-islands metapopulation (11 sub populations) (22.9%); six non equilibrium metapopulations (15 sub populations) (31.3%) and three patchy metapopulations (17 sub populations) (35.4%). Due to the types of metapopulation there are eight populations (17%) have high risk of local extinction due to small and isolated habitat or serious degradation; 19 populations (39%) have medium risk due to isolated but wide habitat; obstructed in connectivity; minor degradation and threat from human and 21 populations (44%) have low risk due to high suitability of habitat and low vulnerability to disturbance.

Keywords: *Panthera pardus melas*, leopard, metapopulation, extinction, fragmentation.

### PENDAHULUAN

Macan tutul jawa merupakan satwa yang dilindungi berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1999. IUCN (*International Union for Conservation of Nature & Natural Resources*) memasukkan macan tutul jawa ke dalam *Redlist* dengan kategori *Critically Endangered* (Ario *et al.*, 2008). Macan tutul jawa juga termasuk dalam *Appendix I CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna & Flora)* (Soehartono & Mardiasuti, 2002). Sebaran macan tutul jawa sangat terbatas, hanya di Pulau Jawa (Santiapillai & Ramono, 1992; Meijaard 2004), Pulau Kangean (Direktorat PPA, 1978; 1982), Pulau Nusakambangan (Gunawan, 1988) dan Pulau Sempu (Surabaya Post Hot News, Selasa, 17/09/1996)

Populasi macan tutul jawa diperkirakan terus mengalami penurunan akibat semakin kerusakan dan berkurangnya habitatnya. Hilang dan rusaknya habitat macan tutul jawa banyak disebabkan oleh kegiatan manusia yang mengubah tutupan lahan (*land cover*) atau penggunaan lahan (*land use*) seperti pengembangan pertanian, pemukiman, industri, jaringan transportasi, jaringan listrik dan lain-lain. Hal tersebut kemudian menyebabkan degradasi habitat (*habitat degradation*), kehilangan habitat (*habitat loss*) dan fragmentasi habitat (*habitat fragmentation*) (Bureau of Land Management, 2004). Hilangnya habitat, degradasi kualitas dan fragmentasi habitat merupakan penyebab paling signifikan dari kepunahan populasi dan spesies (Hanski, 1998).

Fragmentasi habitat secara evolusi mengurangi luasan habitat dan menyebabkan isolasi habitat-habitat yang tersisa (McGarigal & Marks, 1995). Hal tersebut kemudian membentuk sekumpulan populasi-populasi yang menurut Levins (1969b) disebut sebagai metapopulasi. Hanski dan Simberloff (1997) mendefinisikan metapopulasi sebagai sekumpulan populasi-populasi lokal di dalam beberapa kantong habitat (*patch*) dan ditandai adanya migrasi dari satu populasi ke beberapa kantong habitat (*patch*) lain yang memungkinkan. Populasi-populasi macan tutul jawa di Pulau Jawa diperkirakan juga telah membentuk metapopulasi-metapopulasi akibat adanya fragmentasi hutan.

Pengetahuan metapopulasi diperlukan untuk mempelajari respon satwaliar terhadap fragmentasi habitat (Morrison *et al.* 1992). Bahkan pengetahuan tipe-tipe metapopulasi yang

terbentuk akibat fragmentasi dapat digunakan untuk memprediksi resiko kepunahan lokal suatu spesies (Harrison & Taylor 1997). Macan tutul jawa di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki laju deforestasi rata-rata 142.560 ha per tahun pada periode 2000-2005 atau 80,6% dari total deforestasi di Pulau Jawa (Departemen Kehutanan, 2007a) memiliki resiko penurunan populasi secara signifikan akibat fragmentasi hutan dan terbentuknya metapopulasi. Dalam rangka penyelamatan dari resiko kepunahan maka diperlukan pengetahuan tentang tipe-tipe metapopulasi macan tutul jawa yang terbentuk akibat fragmentasi hutan pada dekade teraakhir.

Penelitian ini bertujuan mempelajari tipe-tipe metapopulasi macan tutul jawa yang terjadi di Provinsi Jawa Tengah sebagai dampak dari degradasi dan fragmentasi hutan. Tipe-tipe metapopulasi tersebut akan dianalisis untuk memperkirakan resiko kepunahan lokal di masa mendatang.

## METODE PENELITIAN

### *Waktu dan Lokasi*

Penelitian dilaksanakan dari bulan April 2008 sampai Februari 2010. di kawasan hutan di Provinsi Jawa Tengah, baik kawasan hutan produksi dan hutan lindung yang dikelola oleh 20 KPH (Kesatuan Pemangkuan Hutan) Perum Perhutani Unit I Jawa tengah maupun kawasan hutan konservasi yang menjadi wilayah kerja Balai Konservasi Sumberdaya Alam (BKSDA) Provinsi Jawa Tengah serta Taman Nasional (TN) Gunung Merapi dan TN Gunung Merbabu.

### *Alat dan Bahan*

Peralatan yang digunakan antara lain GPS, kamera, *binocular*, komputer dengan *software Arcview 3.2* (ESRI, 1998); Bahan-bahan yang digunakan antara lain peta kawasan hutan Jawa Tengah; peta-peta kerja Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah; laporan margasatwa KPH Perum Perhutani Unit I; laporan margasatwa BKSDA (Balai Konservasi Sumberdaya Alam) dan Balai Taman Nasional (BTN); kuesioner dan peta tutupan lahan Provinsi Jawa Tengah hasil interpretasi citra yang dibuat oleh Ditjen Planologi Departemen Kehutanan dengan skala digitasi 1: 50.000.

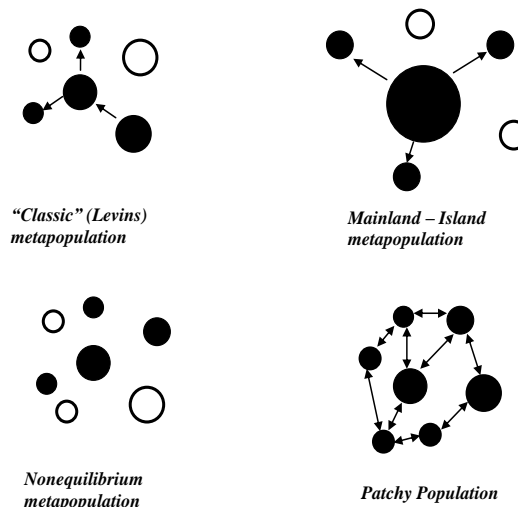
### *Metode*

Informasi lokasi indikasi keberadaan macan tutul jawa diperoleh secara sekunder dan primer. Secara sekunder berdasarkan laporan margasatwa KPH Perum Perhutani Unit I; laporan margasatwa BKSDA dan Taman Nasional serta kuesioner yang dibagikan kepada petugas lapangan Perum Perhutani, BKSDA dan taman nasional. Data primer diperoleh melalui survei lapangan menggunakan GPS. Lokasi macan tutul diketahui dengan perjumpaan langsung maupun tidak langsung melalui indikasi keberadaannya berupa sarang (*breeding site*), suara (*calls*), kotoran (*feces*), tanda pada mangsa (*feeding signs, carrion*), jejak (*footprints*) dan bekas cakaran (van Lavieren, 1982; van Strien, 1983; Alikodra, 1990; Sutherland, 2004). Data posisi GPS lokasi indikasi macan tutul jawa dicatat untuk diplotkan ke peta kawasan hutan.

Populasi-populasi yang telah dipetakan di atas peta tutupan hutan dipelajari kemungkinan konektivitas antara satu dengan lainnya kemudian dibandingkan dengan gambaran tipe-tipe metapopulasi yang dibuat oleh Hanski & Simberloff (1997) serta (Harrison & Taylor 1997) yaitu *classic metapopulation, mainland-island metapopulation, nonequilibrium metapopulation, patchy population* (Gambar 1). Gambar 1 tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut (Harrison & Taylor 1997):

- **Classic metapopulation:** suatu jaringan besar dari *patches* kecil yang serupa, dengan dinamika lokal terjadi pada skala waktu yang jauh lebih cepat dibandingkan dinamika metapopulasi, dalam arti luas digunakan untuk sistem di mana semua populasi lokal, meski mungkin mereka berbeda dalam ukuran, tapi memiliki satu resiko kepunahan yang signifikan.
- **Mainland-island:** sistem dari habitat *patches (islands)* berlokasi di dalam jarak sebaran dari suatu habitat yang sangat besar (*mainland*) di mana populasi lokal tidak akan pernah punah.
- **Nonequilibrium metapopulation:** metapopulasi di mana laju kepunahan (jangka panjang) melampaui laju kolonisasi atau sebaliknya; suatu kasus ekstrim di mana populasi-populasi lokal berlokasi sangat berjauhan satu sama lain sampai tidak ada migrasi di antara mereka sehingga tidak ada peluang rekolonisasi. Sesungguhnya, mereka mungkin tidak menggambarkan metapopulasi sama sekali, tetapi lebih sebagai kumpulan populasi terisolasi yang tidak saling berinteraksi

- **Patchy population:** suatu model metapopulasi di mana laju migrasi antar sub populasi sangat tinggi sehingga dapat dikatakan secara efektif merupakan satu populasi. Dalam *patchy population*, suatu individu mungkin merupakan bagian dari lebih satu sub populasi sepanjang hidupnya.



Gambar 1. Tipe-tipe metapopulasi.  
Keterangan : *patch* hitam berpenghuni, *patch* putih kosong

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Sebaran Macan Tutul Jawa di Jawa Tengah*

Hasil survei lapangan yang dilengkapi dengan laporan margasatwa dari 20 KPH Perum Perhutani Unit I, BKSDA Jawa Tengah dan Taman Nasional Gunung Merapi serta Taman Nasional Gunung Merbabu, diperoleh 48 titik indikasi keberadaan macan tutul jawa yang tersebar di 15 wilayah KPH. Titik-titik indikasi keberadaan macan tutul jawa tersebut disajikan pada Lampiran 1 dan diplotkan ke atas peta kawasan hutan Provinsi Jawa Tengah untuk dianalisis tipe metapopulasinya (Gambar 12).

Beberapa titik mungkin *overlap* atau sebenarnya merupakan satu populasi, misalnya jika dalam satu hamparan hutan yang kompak ditemukan beberapa titik indikasi keberadaan macan tutul seperti di KPH Pekalongan Timur, Pekalongan Barat dan Pemasang. Beberapa titik lainnya tampak secara jelas merupakan satu populasi tersendiri. Populasi ini bisa menjadi bagian dari metapopulasi di suatu wilayah (*region*) atau populasi yang terisolasi yang tidak memiliki peluang berinteraksi dengan populasi lainnya karena adanya penghalang (*barrier*) yang tidak dapat dilewati.

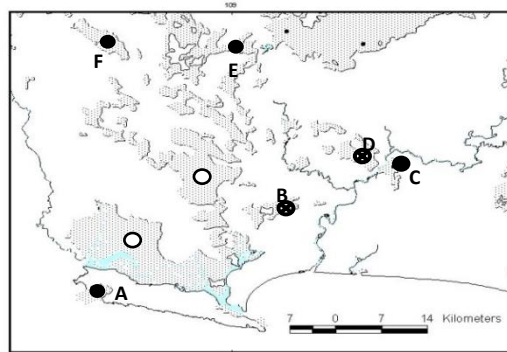
Contoh populasi yang terisolasi antara lain populasi macan tutul jawa di Pulau Nusakambangan yang tidak terhubung dengan populasi macan tutul jawa di daratan Pulau Jawa seperti populasi macan tutul jawa di Majenang, Pesahangan, Cimanggu dan Mandirancan-Kebasen. Populasi-populasi di puncak-puncak gunung yang di sekelilingnya telah berubah menjadi lahan pertanian dan pemukiman juga menjadi populasi yang terisolasi. Lokasi-lokasi tersebut umumnya merupakan gunung-gunung yang hutannya telah ditetapkan sebagai hutan lindung yaitu : Gunung Slamet, G. Prahua, G. Sindoro, G. Sumbing, G. Merapi, G. Merbabu, G. Lawu, G. Ungaran dan G. Muria. Sementara itu, Gunung Merapi dan Gunung Merbabu telah ditetapkan sebagai taman nasional sejak tahun 2004 (Departemen Kehutanan, 2007b).

### *Metapopulasi*

Fragmentasi hutan telah menyebabkan pemecahan suatu populasi macan tutul jawa menjadi beberapa sub populasi di kantong-kantong habitat (*patches*) yang terpisahkan satu sama lain. Populasi macan tutul jawa yang menyebar di Provinsi Jawa Tengah dapat dipandang sebagai empat tipe metapopulasi seperti yang diklasifikasikan oleh Harrison & Taylor (1997) yaitu: (1) *classic metapopulation*; (2) *mainland-island metapopulation*; (3) *non equilibrium metapopulation*; dan (4) *patchy population*. Hasil identifikasi tipe-tipe metapopulasi tersebut diuraikan sebagai berikut:

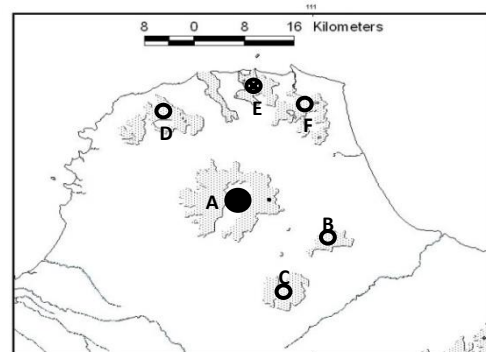
### Non equilibrium population

Contoh metapopulasi tipe *non equilibrium* di Provinsi Jawa Tengah adalah populasi di Gunung Muria (KPH Pati), populasi di Mandirancan dan sekitarnya (KPH Banyumas Timur dan Banyumas Barat), populasi di Gunung Merapi, Gunung Merbabu, Gunung Ungaran dan Gunung Sindoro; serta populasi di Gunung Lawu, Gunung Kidul dan Kulonprogo.



Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

Gambar 1. Tipe *non equilibrium metapopulation* macan tutul jawa di Gunung Muria dan sekitarnya (KPH Pati).



Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

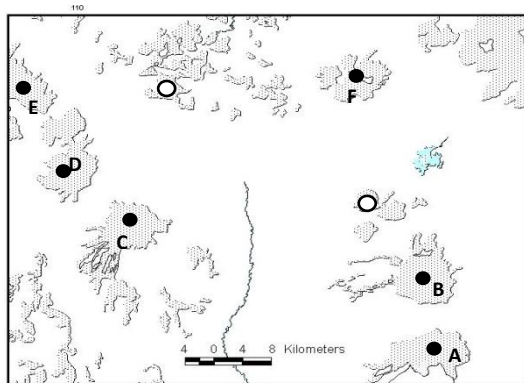
Gambar 2. Tipe *non equilibrium metapopulation* macan tutul jawa di RPH Mandirancan (KPH Banyumas Timur) dan sekitarnya.

Di Gunung Muria dan sekitarnya (Gambar 1), fragmentasi menyebabkan kantong-kantong habitat terpisah cukup jauh dan ada penghalang berupa pemukiman di antara kantong habitat tersebut. Populasi di *patch* Gunung Muria (A) yang sebelumnya mungkin merupakan sumber (*mainland*) bagi *patches* di sekitarnya (B, C, D, E, F) telah terpisah jauh akibat fragmentasi oleh pemukiman. Akibatnya populasi Gunung Muria tidak dapat melakukan kolonisasi terhadap *patches* tersebut. Populasi macan tutul di kantong habitat C (Gunung Clering) mengalami kepunahan lokal pada tahun 2000-an akibat perambahan hutan dan tidak ada konektifitas untuk migrasi ke *patches* lain serta tidak adanya rekolonisasi dari Gunung Muria karena tidak ada konektifitas.

Populasi macan tutul jawa di Mandirancan (C) dan sekitarnya (Gambar 2), terfragmentasi dan terpisah jauh dengan populasi di Notog (D), Jatilawang (B), RPH Kretek (E), Cimanggu (F) dan Nusakambangan (A). Populasi Mandirancan berdekatan dengan populasi Notog namun terfragmentasi secara alami oleh Sungai Serayu dan jalan raya Purwokerto-Cilacap. Sementara populasi Nusakambangan terfragmentasi secara alami oleh Segara Anakan sehingga terpisahkan dari populasi macan tutul di daratan Pulau Jawa. Populasi Cimanggu dan Kretek terpisahkan dari populasi lainnya oleh jalan raya dan pemukiman yang berkembang di sekitar hutan. Dengan kondisi demikian, populasi-populasi tersebut diperkirakan rentan terhadap kepunahan, bahkan populasi Notog dan Jatilawang telah mengalami kepunahan lokal. Dalam metapopulasi ini, populasi Mandirancan, Cimanggu dan Nusakambangan diperkirakan tidak akan bertahan lama. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya konektifitas dengan populasi lain dan luasan habitat yang kecil, yaitu Nusakambangan 952 ha, Mandirancan 1.228,4 ha dan Cimanggu 1.750,8 ha. Sementara Populasi RPH Kretek diperkirakan dapat bertahan karena memiliki habitat yang lebih luas dan adanya kemungkinan rekolonisasi dari Gunung Slamet.

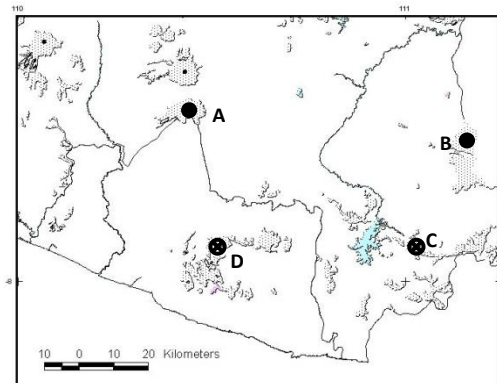
Pada Gambar 3 tampak bahwa populasi macan tutul jawa di Gunung Sindoro (D), Gunung Sumbing (C), Gunung Ungaran (F), Gunung Merapi (A) dan Gunung Merbabu (B) dapat dianggap sebagai populasi tunggal yang terisolasi karena tidak ada konektifitas satu sama lain. Dalam beberapa tahun mendatang, meskipun terisolasi, populasi ini diperkirakan masih dapat bertahan karena luasan habitatnya cukup luas sekitar 5000 ha atau lebih dan jumlah individu dalam populasi tersebut diperkirakan masih cukup banyak. Populasi macan tutul jawa di puncak-puncak gunung juga relatif sedikit mendapat tekanan atau gangguan dari manusia.





Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
 ⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

Gambar 3. Tipe *non equilibrium metapopulation* macan tutul jawa di beberapa gunung di Jawa Tengah.

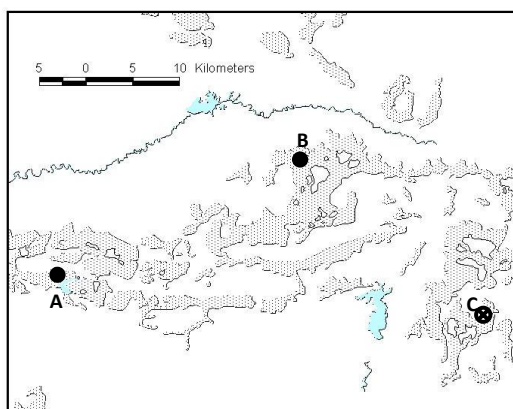


Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
 ⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

Gambar 4. Tipe *non equilibrium metapopulation* macan tutul jawa di Gunung Lawu, Gunungkidul dan Kulonprogo.

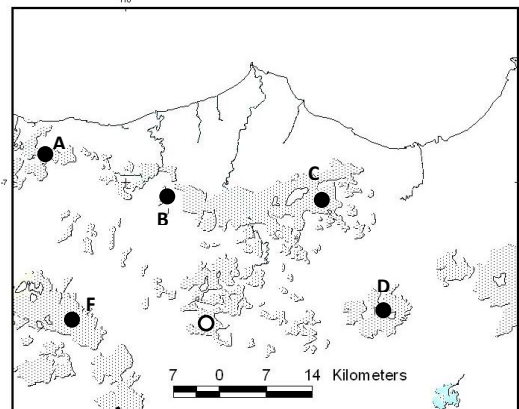
Populasi macan tutul jawa di Gunung Lawu (B), Gunungkidul (C), Kulonprogo (D) dan Gunung Merapi (A) terpisah jauh, mungkin sejak lama (Gambar 4). Populasi-populasi tersebut tidak memiliki konektifitas satu sama lain sehingga tidak ada migrasi untuk kolonisasi atau rekolonisasi. Akibatnya populasi Gunungkidul dan Kulonprogo telah mengalami kepunahan lokal dan tidak akan pernah mendapat rekolonisasi dari populasi Gunung Merapi maupun Gunung Lawu. Populasi Gunung Lawu dan Gunung Merapi menjadi populasi tunggal yang terisolasi. Meskipun terisolasi, kedua populasi tersebut diperkirakan akan dapat bertahan dalam beberapa dekade mendatang karena berada di kawasan hutan yang terlindungi (Taman Nasional Gunung Merapi dan Hutan Lindung Gunung Lawu) yang memiliki luasan cukup besar serta tekanan penduduk yang kecil karena berada di puncak-puncak gunung yang bertopografi berat.

Tipe *non equilibrium metapopulation* juga terjadi pada populasi di KPH Kendal dan sekitarnya (Gambar 5). Populasi Subah (A), Besokor (B) dan Darupono (C) terpisah cukup jauh dan tidak ada konektifitas satu sama lain sehingga tidak dapat saling bertukar individu. Demikian juga dengan populasi di Gunung Prahu (F) dan Gunung Ungaran (D) di KPH Kedu Utara. Kelima populasi tersebut tidak terhubung satu sama lain sehingga dalam jangka panjang rentan terhadap kepunahan lokal. Populasi yang diperkirakan dapat bertahan dalam jangka panjang adalah populasi Darupono, Gunung Ungaran dan Gunung Prahu karena memiliki luasan habitat yang relatif besar (Darupono 13.568,14 ha; Gunung Prahu 2.402.,32 ha; Gunung Ungaran 4.711,97 ha). Disamping itu, kantong habitat di Gunung Ungaran dan Gunung Prahu merupakan hutan lindung sehingga relatif lebih aman dibandingkan populasi di hutan produksi (A, B, C).



Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
 ⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

Gambar 5. Tipe *non equilibrium metapopulation* macan tutul jawa di KPH Kendal dan sekitarnya.



Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
 ⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

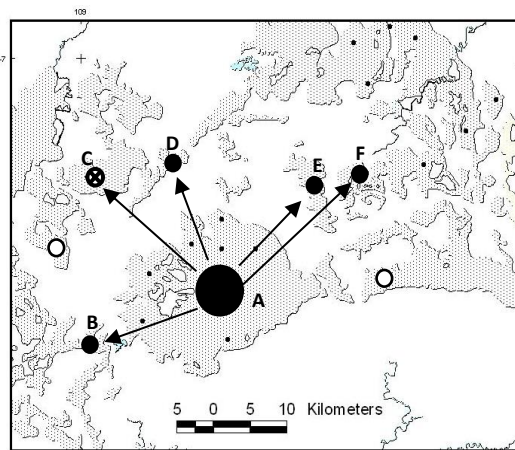
Gambar 6. Tipe *non equilibrium metapopulation* macan tutul jawa di KPH Kedu Selatan.

Populasi yang paling rawan menghadapi kepunahan lokal dalam waktu dekat adalah populasi Besokor. Hal ini disebabkan oleh luasan habitat yang kecil (692,1 ha) dan tidak memiliki konektifitas dengan populasi Subah karena fragmentasi oleh pertanian dan jalan raya Semarang – Pekalongan serta terfragmentasi dengan populasi Darupono oleh lahan pertanian dan jalan raya Weleri-Temanggung. Sementara populasi Subah memiliki luasan yang lebih besar (2.422,77 ha).

Populasi *non equilibrium* lainnya yang ditemukan di Jawa Tengah adalah kumpulan populasi di KPH Kedu Selatan (Gambar 6). Populasi Pringombo (B) terpisah jauh dengan populasi Karangsembung (A) dan populasi Bruno (C). Populasi Bruno telah mengalami kepunahan lokal dan tampaknya sulit mendapatkan kolonisasi kembali dari populasi Pringombo maupun Karangsembung karena jaraknya jauh dan adanya fragmentasi hutan. Populasi Pringombo dan Karangsembung tampaknya memiliki resiko kepunahan lokal yang sama besar karena tekanan penduduk dan kerusakan hutan akibat perambahan yang terjadi setelah gerakan reformasi tahun 1998.

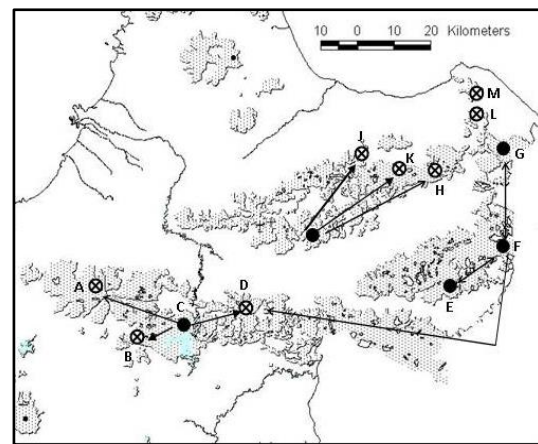
### Mainland-island metapopulation

*Mainland-island metapopulation* merupakan sistem dari habitat *patches* (*islands*) berlokasi di dalam jarak sebaran dari suatu habitat yang sangat besar (*mainland*) di mana populasi lokal tidak akan pernah punah (Harrison & Taylor 1997). Tipe metapopulasi *Mainland-island* bisa digambarkan dengan populasi macan tutul jawa di Gunung Slamet dan sekitarnya (Gambar 7). Populasi macan tutul jawa di Gunung Slamet merupakan *mainland population* yang menjadi sumber kolonisasi bagi *patches* hutan di sekitarnya seperti *patch* hutan RPH Kretek (B), Balapulang (C); Kalibakung (D) Moga (E) dan Paninggaran (F).



Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

Gambar 7. Tipe *mainland-islands metapopulation* macan tutul jawa di Gunung Slamet dan sekitarnya.



Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

Gambar 8. Tipe *classic metapopulation* macan tutul jawa di Jawa Tengah bagian timur.

Populasi Balapulang (C) telah mengalami kepunahan lokal akibat perambahan hutan dan tidak ada rekolonisasi dari Gunung Slamet karena tidak ada konektifitas akibat fragmentasi. Sementara populasi Moga (E) terisolasi dari *mainland* Gunung Slamet (A) dan populasi Paninggaran (F). Beberapa tahun mendatang populasi yang rentan mengalami kepunahan lokal adalah populasi Moga karena terisolasi dan luasannya kecil (2.513,6 ha) dan populasi Kalibakung (D) yang luasnya hanya 619,9 ha. Sementara *patch* hutan Balapulang (C) masih bisa diharapkan menerima migrasi dari populasi Kalibakung (D) jika ada koridor untuk migrasi.

### Classic (Levins) Metapopulation

*Classic metapopulation* merupakan suatu jaringan besar dari *patches* kecil yang serupa, dengan dinamika lokal terjadi pada skala waktu yang jauh lebih cepat dibandingkan dinamika metapopulasi, dalam arti luas digunakan untuk sistem di mana semua populasi lokal, meski mungkin mereka berbeda dalam ukuran, tapi memiliki satu resiko kepunahan yang signifikan (Harrison & Taylor 1997).

Populasi-populasi di Jawa Tengah bagian Timur (KPH Semarang, Telawa, Gundih, Purwodadi, Blora, Randublatung, Cepu dan Kebonharjo) dapat menggambarkan tipe *Classic metapopulation* (Gambar 8) memiliki resiko kepunahan lokal yang sama signifikannya karena memiliki kondisi hutan yang sama dan tingkat ancaman yang relatif sama. Beberapa populasi telah mengalami kepunahan lokal namun masih ada harapan direkolonisasi oleh populasi yang masih ada di dekatnya. Populasi Gunung Lasem (M) dan Pasedan (L) mungkin akan sulit untuk mendapatkan rekolonisasi dari populasi Kebonharjo (G) karena tidak ada konektifitas. Sementara populasi Kebonharjo (G) masih ada konektifitas dengan populasi Cepu (F) dan Randublatung (E).

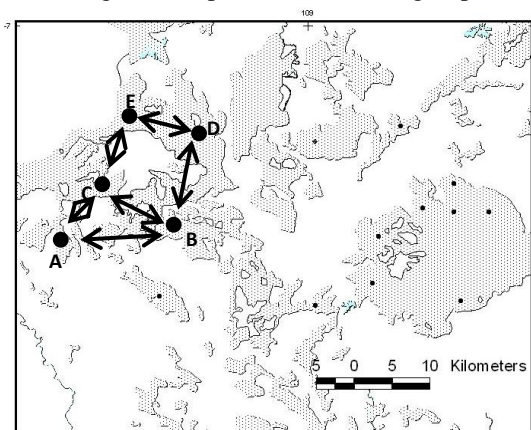
Populasi Karangsono, Telawa (C) dapat menjadi sumber kolonisasi populasi yang telah punah lokal di Gunung Pati, Semarang (A), Sragen, Telawa (B) dan Segorogunung, Gundih (D). Populasi Cepu (F) juga memiliki konektifitas dengan Populasi Segorogunung (D) tetapi jaraknya cukup jauh. Populasi Barisan, Pati (J), Ngiri, Mantingan (K) dan Krocok, Blora (H) hanya memiliki konektifitas dengan populasi Sambirejo, Purwodadi (I). Sementara populasi Kebonharjo (G) tidak memiliki konektifitas dengan ketiga populasi yang telah mengalami kepunahan lokal tersebut (J, K, H) sehingga tidak bisa diharapkan mengkolonisasi ketiga *patches* hutan yang telah kehilangan macan tutul jawa tersebut.

Dengan demikian populasi Karangsono, Telawa (C) dan populasi Sambirejo, Purwodadi (I) memiliki peranan yang sangat penting untuk melakukan kolonisasi kembali bekas-bekas kantong habitat macan tutul jawa yang telah kosong di sekitarnya. Populasi Kebonharjo, Cepu dan Randublatung diperkirakan masih akan bertahan dalam waktu yang lama ke depan karena ketiganya memiliki konektifitas sehingga dapat saling bertukar individu.

#### *Patchy population*

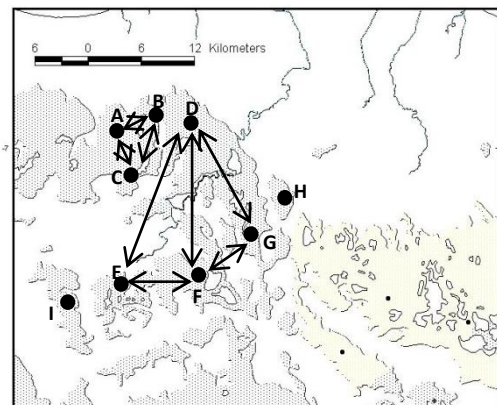
*Patchy population* adalah suatu model metapopulasi di mana laju migrasi antar sub populasi sangat tinggi sehingga dapat dikatakan secara efektif merupakan satu populasi. Dalam *patchy population*, suatu individu mungkin merupakan bagian dari lebih satu sub populasi sepanjang hidupnya (Harrison & Taylor 1997).

*Patchy population* dapat digambarkan oleh metapopulasi di kelompok hutan Salem (KPH Pekalongan Barat) yang menyambung dengan kelompok hutan Majenang (KPH Banyumas Barat) (Gambar 9). Populasi macan tutul di Majenang (A) dan Pesahangan (B) di KPH Banyumas Barat serta populasi di Indrajaya (C), Winduasri (E) dan Cikuning (D) di KPH Pekalongan Barat saling terhubung sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran individu. Lanskap hutan masih tersambung meskipun ada fragmentasi oleh pemukiman dan lahan pertanian. Metapopulasi ini diperkirakan akan terus bertahan dalam beberapa dekade mendatang. Hal ini disebabkan hutannya merupakan tanaman pinus yang disadap getahnya sehingga relatif tidak ada kegiatan penebangan dan sebagian merupakan hutan lindung, seperti di Indrajaya (C) dan Cikuning (D).



Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

Gambar 9. Tipe *patchy population* macan tutul jawa di kelompok hutan Salem, KPH Pekalongan Barat dan kelompok hutan Majenang, KPH Banyumas Barat.

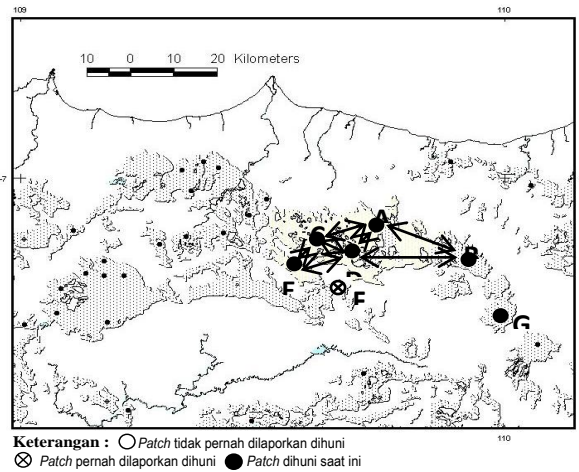


Keterangan : ○ Patch tidak pernah dilaporkan dihuni  
⊗ Patch pernah dilaporkan dihuni ● Patch dihuni saat ini

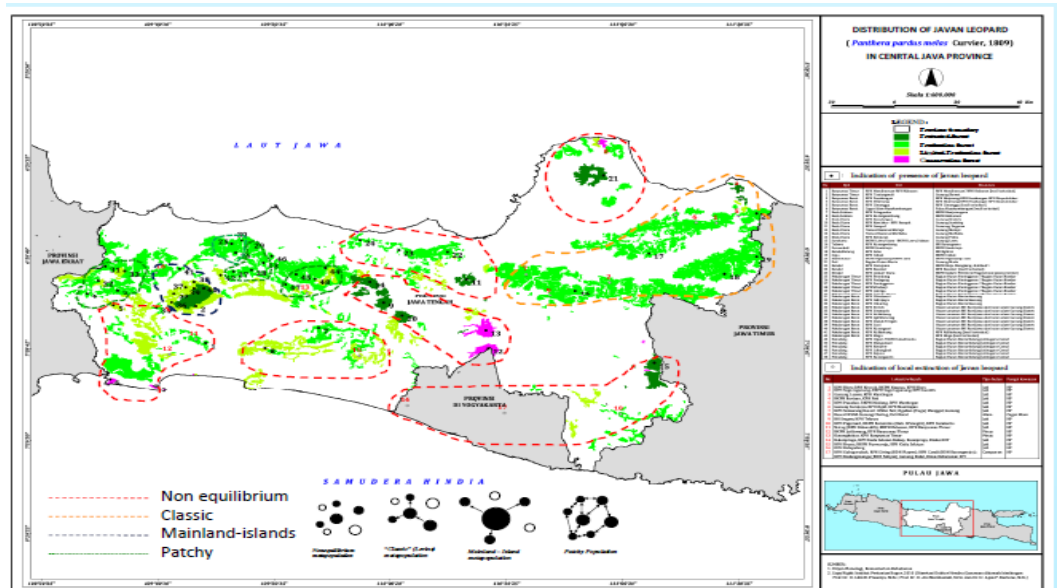
Gambar 10. Tipe *patchy population* macan tutul jawa di KPH Pekalongan Timur dan sekitarnya.

*Patchy population* juga ada di KPH Pekalongan Timur dan sekitarnya (Gambar 10). *Patchy population* yang pertama adalah populasi macan tutul jawa di Brondong (A), Lemahabang (B) dan Pedagung (C) di KPH Pekalongan Timur yang masih terhubung satu sama lain. *Patchy population* kedua terdiri dari populasi macan tutul jawa di Jolotigo, Pekalongan Timur (D), Ciper, Pemalang (G), Winduaji, Pekalongan Timur (F) dan Paninggaran, Pekalongan Timur (E) yang masih saling terhubung sehingga dapat saling migrasi. Sementara di sekitarnya ada populasi kecil, yaitu Lobongkok, Pemalang (H) seluas 1.463,1 ha dan Moga, Pekalongan Barat (I) seluas 2.513,6 ha yang terisolasi dari kedua kelompok *patchy population* tersebut. Kedua populasi kecil dan terisolasi tersebut diperkirakan akan mengalami kepunahan lokal dalam beberapa tahun mendatang apabila tidak ada konektivitas ke populasi lain di dekatnya.

Tipe *patchy population* juga ada di KPH Pemalang dan sekitarnya (Gambar 11). Populasi macan tutul jawa di Mangunsari (A), Karangasem (D), Kenyere (C) dan Kejene (E) di KPH Pemalang serta populasi di Gunung prahu (B) di KPH Kedu Utara saling terhubung satu sama lain sehingga arus pertukaran individunya lancar. Metapopulasi ini diperkirakan akan terus bertahan. Metapopulasi tersebut tidak memiliki konektivitas ke populasi di Karangkoban (F) yang telah mengalami kepunahan lokal beberapa tahun yang lalu. Populasi di Gunung Sindoro (G) juga terfragmentasi dari *patchy population* tersebut.



Gambar 11. Tipe *Patchy population* macan tutul jawa di KPH Pemalang dan sekitarnya.



Gambar 12. Kumpulan metapopulasi macan tutul jawa (*Panthera pardus melas*) di Provinsi Jawa Tengah

### *Analisis Resiko Kepunahan Lokal*

Dari analisis terhadap metapopulasi, populasi-populasi macan tutul jawa di Provinsi Jawa Tengah tersebar dalam empat tipe metapopulasi. Terdapat enam kelompok populasi yang membentuk *non-equilibrium metapopulation* yang melibatkan 15 populasi (lokasi indikasi macan tutul jawa) atau 31,25% dari seluruh populasi. Terdapat satu metapopulasi tipe *mainland-islands* yaitu di Gunung Slamet dan sekitarnya yang melibatkan 11 populasi atau 22,92% dari seluruh populasi. Hanya terdapat satu *classic metapopulation* yang melibatkan lima populasi atau 10,42% dari seluruh populasi dan tiga *patchy population* yang melibatkan 17 populasi atau 35,42% dari seluruh populasi (Tabel 1).

Dari analisis terhadap metapopulasi macan tutul jawa tersebut tampak bahwa *non equilibrium metapopulation* cukup besar (31,25%). Hal ini tentu mengkhawatirkan kelestarian macan tutul jawa di masa mendatang karena populasi-populasi tersebut rentan terhadap kepunahan lokal akibat tidak adanya konektivitas untuk migrasi antar populasi

Tabel 1. Tipe metapopulasi macan tutul jawa di Provinsi Jawa Tengah.

Tipe Metapopulasi	Jumlah Kelompok	Jumlah populasi	Proporsi (%)
1. <i>Non Equilibrium Metapopulation</i>	6	15	31,25
2. <i>Mainland-Islands Metapopulation</i>	1	11	22,92
3. <i>Classic Metapopulation</i>	1	5	10,42
4. <i>Patchy Population</i>	4	17	35,42
<b>Jumlah</b>	<b>12</b>	<b>48</b>	<b>100,00</b>

Populasi yang diharapkan dapat bertahan dalam jangka panjang adalah yang berada di Gunung Slamet dan sekitarnya yang membentuk metapopulasi *mainland-islands*. Gunung Slamet menjadi *patch* sumber (*source*) kolonisasi (*mainland*) bagi populasi-populasi di sekitarnya (*islands*) yang menjadi penerima (*sink*). Populasi yang juga diperkirakan akan terus bertahan dalam jangka panjang ke depan adalah populasi-populasi yang tersebar dalam pola *patchy population* seperti di KPH Pekalongan Barat-KPH Banyumas Barat (Salem-Majenang), Pekalongan Timur (Brondong-Paninggaran dan sekitarnya), dan KPH Pemalang dan sekitarnya.

Populasi-populasi macan tutul di hutan jati banyak yang tersebar dalam pola *Classic metapopulation* antara lain mulai dari KPH Semarang, KPH Telawah, KPH Gundih, KPH Purwodadi, KPH Randublatung, KPH Cepu, KPH Kebonharjo, KPH Mantingan dan KPH Pati. Beberapa populasi pada tipe ini ini juga menghadapi ancaman kepunahan lokal yang serius karena tidak adanya konektivitas, baik sementara akibat penebangan hutan jati maupun permanen akibat konversi untuk pemukiman, jalan dan lahan pertanian.

Berdasarkan analisis metapopulasi tersebut dapat dibuat peta resiko kepunahan lokal macan tutul jawa sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13. Dari Gambar 13 tampak ada delapan populasi (17%) yang memiliki resiko kepunahan lokal tinggi. Hal ini disebabkan oleh luas habitatnya yang kecil dan terisolasi atau terdegradasi berat. Sembilan belas populasi (39%) memiliki resiko kepunahan lokal sedang dan 21 populasi (44%) memiliki resiko kepunahan lokal rendah.

### *Implikasi Manajemen*

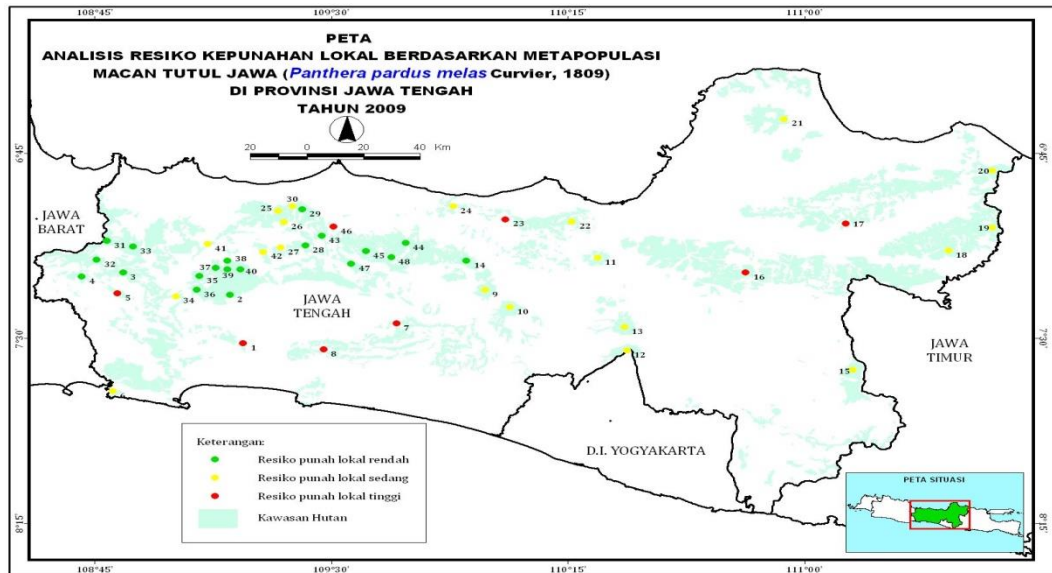
#### *Pembuatan Koridor*

Populasi-populasi macan tutul jawa yang berada dalam *non equilibrium metapopulation* memiliki resiko kepunahan jangka pendek lebih tinggi dibandingkan tipe metapopulasi lainnya. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya konektivitas antar populasi sehingga setiap populasi memiliki resiko punah lokal karena erosi genetik akibat *inbreeding* atau faktor demografik seperti tidak tersedianya jantan atau betina dalam populasi tersebut. Jumlah populasi yang tersebar dalam *non equilibrium population* cukup besar yaitu 31,25% dari seluruh populasi yang ada di Jawa Tengah. Oleh karena itu, dalam pengelolaan di masa mendatang perlu mendapat perhatian.

Tindakan pengelolaan terhadap *non equilibrium metapopulation* yang perlu segera dilakukan adalah menghubungkan populasi-populasi yang terisolasi dari populasi terdekatnya. Dalam hal ini pembuatan koridor satwaliar dapat dipertimbangkan untuk menghubungkan populasi-populasi tersebut. Dengan memberikan lintasan untuk perpindahan antar populasi melalui

koridor maka dapat meningkatkan peluangnya untuk *survival* (Meret, 2007). Manfaat atau keuntungan potensial dari koridor satwaliar adalah (Meret, 2007):

- (1) Meningkatkan laju imigrasi antara populasi sehingga dapat memelihara keragaman, meningkatkan ukuran populasi, menurunkan kemungkinan kepunahan dan menghindarkan *inbreeding*.
- (2) Meningkatkan areal untuk mencari makan bagi spesies dengan jelajah yang luas.
- (3) Memberikan tempat melarikan diri dan bersembunyi dari predator, kebakaran dan gangguan lainnya.



Gambar 13. Peta analisis resiko kepunahan lokal macan tutul jawa (*Panthera pardus melas*) berdasarkan tipe metapopulasinya

Beberapa populasi macan tutul yang dalam jangka panjang perlu dihubungkan dengan koridor antara lain :

- (1) Populasi di Gunung Merapi dengan populasi di Gunung Merbabu
- (2) Populasi di Gunung Sindoro dengan populasi di Gunung Sumbing
- (3) Populasi di Gunung Sindoro dengan populasi di Pegunungan Dieng dan kelompok hutan Petungkriyono (KPH Pekalongan Timur)
- (4) Populasi di Gunung Slamet dengan populasi di KPH Pemalang dan KPH Banyumas Barat (Kebasen, Majenang)
- (5) Populasi di KPH Banyumas Barat (Majenang) dengan populasi di KPH Ciamis dan KPH Kuningan (Jawa Barat).

Berdasarkan analisis metapopulasi terdapat 21 populasi macan tutul yang perlu mendapat prioritas pengelolaan karena memiliki resiko kepunahan lokal tinggi dan sedang (Lampiran 1). Delapan populasi macan tutul jawa yang memiliki resiko kepunahan tinggi dan perlu mendapat prioritas penyelamatannya adalah: RPH Lobongkok, RPH Mandirancan – RPH Kebasen, RPH Cimanggu, RPH Pringombo, RPH Karangsembung, RPH Karangwinong, RPH Besokor dan BKP Sambirejo. Upaya-upaya yang harus dilakukan pada setiap populasi yang terancam punah tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### ***Penetapan Mainland Population sebagai Kawasan Konservasi***

Gunung Slamet sebagai “*mainland*” populasi macan tutul jawa yang menjadi sumber rekolonisasi kantong-kantong habitat di sekitarnya sebaiknya diusulkan menjadi kawasan konservasi, khususnya taman nasional agar dapat lebih menjamin kelestarian macan tutul jawa khususnya dan keanekaragaman hayati di Provinsi Jawa Tengah pada umumnya. Hal ini karena, disamping sebagai pusat populasi macan tutul jawa yang relatif aman, Gunung Slamet juga merupakan pusat keanekaragaman hayati langka lainnya di Jawa Tengah, seperti elang jawa (*Spizaetus bartelsi*) (Raptor Indonesia, 2010); owa jawa (*Hylobates moloch*), rekrekan (*Presbytis fredericae*) dan lutung (*Presbytis comata*) (Java Primate Center, 2010).

Gunung Slamet juga memiliki potensi dan peranan hidrologis yang penting bagi delapan Kabupaten/Kota di sekitarnya (Tegal, Slawi, Brebes, Pemalang, Purbalingga, Purwokerto, Banyumas dan Cilacap). Dari Gunung Slamet ini mengalir 11 sungai penting yaitu sungai Banjaran, S. Logawa, S. Bojo, S. Penaki, S. Gronggongan, S. Lembarang, S. Gung, S. Brengkah, S. Comal, S. Batur, S. Erang (Kompleet, 2001).

Selain potensi keanekaragaman hayati yang tinggi, kawasan lanskap Gunung Slamet dan sekitarnya juga memiliki potensi wisata alam yang menarik dan sudah berkembang pesat. Kawasan ini juga menyambung dengan bentang alam dataran tinggi Dieng yang memiliki kekayaan peninggalan budaya dan keindahan alam yang bernilai tinggi. Penetapan kawasan Gunung Slamet sebagai kawasan konservasi akan menambah kawasan konservasi daratan di Provinsi Jawa Tengah yang relatif masih sedikit (2,54%).

### KESIMPULAN DAN SARAN

Macan tutul jawa (*Panthera pardus melas* Cuvier, 1809) tersebar di 48 lokasi dalam 15 wilayah KPH Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah. Populasi-populasi macan tutul jawa di Provinsi Jawa Tengah tersebar dalam empat tipe metapopulasi yaitu *non-equilibrium metapopulation* (31,25%), *mainland-islands metapopulation* (22,92%), *classic population metapopulation* (10,42%) dan *patchy population* (35,42%).

*Non equilibrium metapopulation* memiliki resiko kepunahan jangka pendek lebih tinggi dibandingkan tipe metapopulasi lainnya akibat adanya konektivitas antar populasi (terisolasi). Oleh karena itu perlu mendapat perhatian khusus dari pengelola dan menjadi prioritas konservasi. Salah satu tindakan yang perlu dilakukan adalah membuat koridor antar populasi.

Kawasan Gunung Slamet sebagai "*mainland*" pusat keanekaragaman hayati, khususnya macan tutul jawa perlu dipertimbangkan untuk ditetapkan sebagai kawasan konservasi agar dapat menjamin kelestarian macan tutul jawa dan keanekaragaman hayati lainnya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Direksi Perum Perhutani, Jakarta; Perum Perhutani Unit I, Semarang; Balai Konservasi Sumberdaya Alam Jawa Tengah dan jajarannya; Seluruh (20) KPH Perum Perhutani Unit I dan jajarannya; Taman Nasional Gunung Merbabu; Taman Nasional Gunung Merapi; Laboratorium Remote Sensing dan GIS, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alikodra, H.S. 1990. Pengelolaan Satwaliar Jilid I. Depdikbud, Ditjen Dikti, PAU Ilmu Hayat, IPB. Bogor. 303p.
- Ario, A., S. Sunarto, and J. Sanderson. 2008. *Panthera pardus ssp. melas*. In: IUCN 2008 Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. Diakses Tanggal 13 Januari 2009.
- Bureau of Land Management. 2004. Share the Adventure; Tracking Habitat Change. Educator's guide: Electronic Field Trip. U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, Environmental Education and Volunteers Group, Washington, DC. 39p.
- Departemen Kehutanan. 2007a. Data Strategis Kehutanan. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 2007b. 50 Taman Nasional di Indonesia. Publikasi bersama Departemen Kehutanan dengan Lestari Hutan Indonesia (LHI) dan JICA. Jakarta.
- Direktorat PPA. 1978. Mamalia di Indonesia. Direktorat PPA, Direktorat Jenderal Kehutanan. Bogor.
- Direktorat PPA. 1982. Pedoman Teknik Inventarisasi Mamalia (Dasar-dasar Umum). Direktorat PPA, Direktorat Jenderal Kehutanan. Bogor.
- ESRI. 1998. ArcView GIS. ESRI Press. Redlands, California. 572p.
- Gunawan, H. 1988. Studi Karakteristik Habitat dan Daerah Penyebaran Macan Tutul (*Panthera pardus melas* Cuvier, 1809) di Jawa Tengah dan Yogyakarta. Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Skripsi S1, Tidak dipublikasikan.
- Hanski, I. 1998. Metapopulation Dynamics. Nature, Vol 396, 5 November 1998. Macmillan Publishers Ltd. [www.nature.com](http://www.nature.com). Diakses tanggal 09 Mei 2008.
- Hanski, I., and D. Simberloff. 1997. The Metapopulation Approach, Its History, Conceptual Domain, and Application to Conservation. pp. 5–26. In I. A. Hanski and M. E. Gilpin (eds.), Metapopulation Biology. Academic Press, San Diego, California.
- Harrison, S. and Taylor, A. D. 1997. Empirical Evidence for Metapopulation Dynamics. In: Hanski, I. and Gilpin, M. E. (Eds.) Metapopulation Biology: Ecology, Genetics, and Evolution. Academic Press, San Diego. pp. 27-42.

- Java Primate Center. 2010. keadaan-satwa-primata-di-jawa-tengah. <http://pusatperlindunganprimatajawatengah.blogspot.com>. Diakses Tanggal 1 Agustus 2010.
- Kompleet. 2001. Potensi Keanekaragaman Hayati. <http://kompleet.8m.net/potensi.htm>. Diakses Tanggal 1 Agustus 2010.
- Levins, R. 1969b. Some Demographic and Genetic Consequences of Environmental Heterogeneity for Biological Control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15, 237-240
- McGarigal, K. and B. J. Marks. 1995. Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351. [http://www.innovativegis.com/basis/Supplements/BM\\_Aug\\_99/FRAG\\_expt.htm](http://www.innovativegis.com/basis/Supplements/BM_Aug_99/FRAG_expt.htm). Diakses Tanggal 12 April 2006.
- Meijaard E. 2004. Biogeographic History of the Javan Leopard *Panthera pardus* Based on A Craniometric Analysis. *Journal of Mammology* 85: 302-310.
- Meret, J. 2007. Habitat Fragmentation and Wildlife Corridors. <http://www.science.mcmaster.ca.htm>. Diakses Tanggal 02-11-2007.
- Morrison, M.L., B.G. Marcot & R.W. Mannan. 1992. Wildlife-Habitat Relationships. The University of Wisconsin. Madison, Wisconsin.
- Raptor Indonesia. 2010. Elang Jawa (*Spizaetus bartelsi* Stresemann, 1924). <http://raptorindonesia.org>. Diakses tanggal 1 Agustus 2010.
- Santiapillai, C. and Ramono, W.S. 1992. Status of the Leopard (*Panthera pardus*) in Java, Indonesia. Tigerpaper XIX:1-5.
- Soehartono, T. dan A. Mardiasuti. 2002. CITES Implementation in Indonesia. Nagao Natural Environment Foundation. Jakarta. 339p.
- Surabaya Post Hot News, Selasa, 17/09/1996. Perburuan Liar Ancam Kelestarian Pulau Sempu dan Satwa Langka. <http://www.wp.com/64257/170996/05sempu.htm>. Diakses 01-02-2007.
- Sutherland, W.J. 2004. Mammals. Pp. 260 – 280 In Sutherland, W.J. (ed). *Ecological Census Techniques, A Handbook*. Cambridge University Press. Sambridge, UK.
- van Laviere, L.P. 1982. *Wildlife Management in the Tropics with Special Emphasis on South East Asia*. School of Environmental Conservation Management (ATA-190). Ciawi, Bogor. 146p.
- van Strien, N.J. 1983. *A Guide to the Tracks of Mammals of Western Indonesia*. School of Environmental Conservation Management. Ciawi, Indonesia. 44p.



## LAMPIRAN

Lampiran 1. Lokasi indikasi keberadaan macan tutul jawa di Provinsi Jawa Tengah.

Wilayah KPH	Unit areal manajemen hutan terkecil	Resiko Kepunahan Lokal	Ancaman/Permasalahan	Rekomendasi Pengelolaan
Banyumas Timur	1. RPH Mandirancan-RPH Kebasen	Tinggi	Habitat kecil terisolasi; penggarapan lahan olrh masyarakat.	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; tidak melakukan tebang habis; penanaman kembali areal yang digarap masyarakat.
	2. RPH Tunjungmuli	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
Banyumas Barat	3. RPH Pesahangan	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	4. RPH Mejenang	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	5. RPH Cimanggung	Tinggi	Habitat kecil terisolasi	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF; tidak melakukan tebang habis dalam <i>patch</i> hutan ini; membuat koridor dengan <i>patch</i> hutan di dekatnya.
	6. Cagar Alam Nusakambangan	Sedang	Terisolasi tetapi besar	CA Nusakambangan Timur dan Nusakambangan Barat perlu dibuat hutan penyangga di sekitarnya untuk menambah luas <i>patch</i> habitat macan tutul; penyangga tidak dieksploitasi, baik pohon maupun tambang kapurnya.
Kedu Selatan	7. RPH Pringombo	Tinggi	Habitat terdegradasi berat	CA. Pringombo I dan II perlu diberi penyangga di sekitarnya; hutan penyangga tidak ditebang tetapi sebagai kawasan lindung setempat; Tumpangsari atau PHBM hendaknya tidak permanen, tetapi dibatasi sampai umur tertentu; jenis tanaman tumapangsari hendaknya tanaman semusim; perlu pemeliharaan hutan yang merupakan koridor macan tutul ke petak hutan di sekitarnya.
	8. RPH Karangsembung	Tinggi	Habitat terdegradasi berat	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; rehabilitasi hutan segera dilaksanakan; memulihkan dan memelihara hutan yang menjadi koridor macan tutul ke petak hutan di sekitarnya
Kedu Utara	9. RPH Kwadungan	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan

Wilayah KPH	Unit areal manajemen hutan terkecil	Resiko Kepunahan Lokal	Ancaman/Permasalahan	Rekomendasi Pengelolaan
				lindung; petak HCVF perlu dibuatkan penyangga yang tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari/PHBM; bila memungkinkan dibuat koridor dari Gunung Sindoro ke petak-petak hutan di sekitarnya.
	10. RPH Kemloko - RPH Kecepit	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; petak HCVF perlu dibuatkan penyangga yang tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari/PHBM; bila memungkinkan dibuat koridor dari Gunung Sumbing ke petak-petak hutan di sekitarnya.
	11. RPH Gempol	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; petak HCVF perlu dibuatkan penyangga yang tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari/PHBM; bila memungkinkan dibuat koridor dari Gunung Ungaran ke petak-petak hutan di sekitarnya.
	12. Taman Nasional Merapi	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Rehabilitasi hutan yang bekas digarap oleh masyarakat; perlu dibuat penyangga taman nasional untuk membendung tekanan masyarakat terhadap kawasan hutan; perlu dibuat koridor yang menghubungkan ke Gunung Merbabu
	13. Taman Nasional Merbabu	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Rehabilitasi hutan yang bekas digarap oleh masyarakat; perlu dibuat penyangga taman nasional untuk membendung tekanan masyarakat terhadap kawasan hutan; perlu dibuat koridor yang menghubungkan ke Gunung Merapi.
	14. RPH Kenjuran	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
Surakarta	15. BKPH Lawu Utara-BKPH Lawu Selatan	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; petak HCVF perlu dibuatkan penyangga yang tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari/PHBM; bila memungkinkan dibuat koridor dari Gunung Lawu ke petak-petak hutan di

Wilayah KPH	Unit areal manajemen hutan terkecil	Resiko Kepunahan Lokal	Ancaman/Permasalahan	Rekomendasi Pengelolaan
Telawa	16. RPH Karangwinong	Tinggi	Habitat terdegradasi berat	sekitarnya. Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; rehabilitasi hutan segera dilaksanakan; memulihkan dan memelihara hutan yang menjadi koridor macan tutul ke petak hutan di sekitarnya
Purwodadi	17. BKPH Sambirejo	Tinggi	Habitat terdegradasi berat	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; rehabilitasi hutan segera dilaksanakan; memulihkan dan memelihara hutan yang menjadi koridor macan tutul ke petak hutan di sekitarnya
Randublatu	18. RPH Soko	Sedang	Ancaman degradasi habitat	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF; petak HCVF perlu dibuatkan penyangga yang tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari/PHBM; bila memungkinkan dibuat koridor ke petak-petak hutan di sekitarnya
Cepu	19. RPH Cabak	Sedang	Ancaman degradasi habitat	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF ; CA Cabak perlu dibuatkan penyangga untuk memperluas habitat macan tutul;
Kebonharjo	20. BKPH Ngandang-BKPH Sale	Sedang	Ancaman degradasi habitat	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF; petak HCVF perlu dibuatkan penyangga yang tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari/PHBM; bila memungkinkan dibuat koridor ke petak-petak hutan di sekitarnya.
Pati	21. Bagian Hutan Muria	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; petak HCVF perlu dibuatkan penyangga yang tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari/PHBM; bila memungkinkan dibuat koridor dari Gunung Muria ke petak hutan terdekat di sekitarnya; perlu inventarisasi untuk mengetahui kemungkinan kelebihan populasi dalam rangka translokasi.
Kendal	22. RPH Darupono	Sedang	Tekanan aktifitas manusia	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF ; CA.

Wilayah KPH	Unit areal manajemen hutan terkecil	Resiko Kepunahan Lokal	Ancaman/Permasalahan	Rekomendasi Pengelolaan
				Pagerwunung perlu dibuatkan penyangga; penyangga tidak ditebang dan tidak digarap tumpangsari maupun PHBM; memelihara koridor untuk macan tutul ke petak di sekitarnya terutama ke BKPH Bodri dan ke arah Gunung Ungaran.
	23. RPH Besokor	Tinggi	Habitat kecil dan terisolasi	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF atau hutan lindung; membuat koridor dengan <i>patch</i> hutan di dekatnya yaitu (1) blok hutan Sojomerto yang dapat menghubungkan ke BKPH Bodri dan ke populasi macan tutul jawa di Darupono dan (2) blok hutan Alas Roban (Subah) dimana ada populasi macan tutul jawa di RPH Jatisari Utara.
	24. RPH Jatisari Utara	Sedang	Terisolasi tetapi besar	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF ; CA Ulolanang perlu dibuat penyangga di sekitarnya; penyangga tidak ditebang dan tidak untuk tumpangsari atau PHBM; membuat dan memelihara koridor untuk macan tutul ke petak hutan di sekitarnya.
Pekalongan Timur	25. RPH Brondong	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	26. RPH Pedagung	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	27. RPH Paninggaran	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	28. RPH Winduaji	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	29. RPH Jolotigo	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	30. RPH Lemah Abang	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
Pekalongan Barat	31. RPH Winduasri	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	32. RPH Indrajaya	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	33. RPH Cikuning	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	34. RPH Kretek	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	35. RPH Sirampok	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat

Wilayah KPH	Unit areal manajemen hutan terkecil	Resiko Kepunahan Lokal	Ancaman/Permasalahan	Rekomendasi Pengelolaan
	36. RPH Kalikidang	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	37. RPH Igiriklanceng	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	38. RPH Dukuh Tengah	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	39. RPH Guci	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	40. RPH Karangsari	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	41. RPH Kalibakung	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	42. RPH Moga	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
Pemalang	43. RPH Ciperor- RPH Dukuhrandu	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	44. RPH Mangunsari	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	45. RPH Kenyere	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	46. RPH Lobongkok	Tinggi	Habitat kecil terisolasi	Petak hutan ( <i>patch</i> ) ditetapkan sebagai HCVF; tidak melakukan tebang habis dalam <i>patch</i> hutan ini; membuat koridor dengan <i>patch</i> hutan di dekatnya.
	47. RPH Kejene	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat
	48. RPH Karangasem	Rendah	Tidak ada	Perlindungan dan pengamanan habitat

## Monitoring Burung Liar di Indonesia dengan Teknik Penandaan: *Indonesian Bird Banding Scheme (IBBS)*

**Dewi M. Prawiradilaga**

*Pusat Penelitian Biologi, Cibinong, Bogor*  
*Email: [ibbs@mail.lipi.go.id](mailto:ibbs@mail.lipi.go.id)*

Monitoring burung liar dengan teknik penandaan sudah dikenal diseluruh dunia dan menjadi alat monitoring yang sangat berguna untuk skala konservasi global khususnya untuk konservasi burung bermigrasi yang menjelajah dalam jarak tidak terhingga dan lintas Negara. *Indonesian Bird Banding Scheme (IBBS)* adalah suatu program yang mengkoordinasikan kegiatan penandaan burung liar di Indonesia. IBBS didirikan di Bogor pada tahun 2007 oleh peneliti burung di Pusat Penelitian Biologi LIPI dan perkumpulan pemerhati burung Indonesia atau disebut sebagai *Indonesian Ornithologists' Union (IdOU)*. Tujuan utama kegiatan penandaan ini adalah: (1) untuk memantau pergerakan burung liar khususnya perpindahan burung bermigrasi, (2) mengetahui kondisi populasi (struktur dan dinamika) khususnya jenis yang langka dan terancam punah, (3) melakukan pendataan. IBBS melakukan penandaan burung liar dengan cara 'klasik' yaitu (1) dengan memasang cincin atau gelang bernomor pada kaki, (2) memasang bendera warna pada kaki yang dilakukan pada burung pantai bermigrasi. Namun kegiatan penandaan tidak bisa dilakukan sembarangan, karena ada persyaratan yang harus dipenuhi yaitu: (1) Harus bisa meng IDENTIFIKASI JENIS / SPESIES burung, (2) Telah mendapat pelatihan tentang menangkap & menangani burung yang aman, (3) Telah mengikuti pelatihan penandaan burung, (4) Memiliki ijin untuk menandai dari IBBS dan (5) Mempunyai tujuan khusus untuk kegiatan penandaan yang dilakukan. Demikian pula ada etika yang harus diikuti dan kewajiban yang harus dipenuhi seorang penanda Kegiatan penandaan burung liar baik penetap maupun yang bermigrasi sudah berlangsung di banyak lokasi mulai dari Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi sampai ke Irian Jaya. Sekitar 287 spesies dari total 1605 spesies burung yang ada di Indonesia telah dipasang cincin. Jumlah burung yang sudah ditandai dan dilepasliarkan kembali ke alam mencapai 5871 ekor. Pada saat ini IBBS sudah menjadi anggota jejaring *International Bird Marking Group* yaitu suatu kelompok kerja dibawah *International Ornithologists' Union* dan tergabung dalam PokJa *Migratory Bird and Avian Influenza Asia Pasifik* dari Kemitraan Jalur Terbang Asia Timur & Australasia (*East Asia Australasia Flyway Partnership*). Keikutsertaan dalam jejaring internasional maupun regional sangat penting mengingat pergerakan burung bermigrasi tidak mengenal batas negara.

Key words: IBBS, penandaan, burung liar, cincin burung, EAAFP.

## Kelimpahan Perifiton pada Lamun di Kawasan Perairan Pulau Parang, Kecamatan Karimunjawa, Kabupaten Jepara

**Hendrayana, Ambariyanto, Delianis Pringgenis**

*Magister Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro,  
Semarang.*

*Email: Hendrayana037@yahoo.com*

Perifiton merupakan organisme mikroskopis yang berperan penting bagi di ekosistem lamun sebagai produsen primer (selain lamun dan fitoplankton) di dalam rantai makanan ekosistem lamun dan banyak dimanfaatkan berbagai jenis invertebrata dan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan perifiton pada lamun di kawasan perairan Pulau Parang, Karimunjawa. Penelitian dilaksanakan bulan Desember 2012 pada musim barat di Perairan Pulau Parang, Karimunjawa. Metode penelitian bersifat deskriptif eksploratif. Analisis data berupa analisis struktur komunitas perifiton yang meliputi analisis kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman dan dominansi jenis. Kelimpahan perifiton di ekosistem lamun menunjukkan bahwa kelimpahan perifiton antara 28.608 (ind/cm<sup>2</sup>) - 19.882 (ind/cm<sup>2</sup>), Indeks biologi yang meliputi keanekaragaman memiliki nilai antara 0,956 - 1,062 (keanekaragaman rendah), dominansi 1,459 - 1,47 (dominansi tinggi) dan keseragaman antara 0,232 - 0,257 (keseragaman kecil).

Kata kunci: Perifiton, Kelimpahan, Ekosistem Lamun, Perairan Pulau Parang

# Keanekaragaman Rumput Laut di Pantai Sayang Heulang dan Potensinya Sebagai Bahan Baku Bioetanol

**Siti Mutriyah, Romanus Edy Prabowo, Maria Dyah Nur Meinita**

*Magister Biologi Universitas Jenderal Soedirman*

*Email : sitimutriyah@gmail.com*

The purpose of this study was to determine the seaweed diversity on Sayang Heulang Beach and its potential as raw material for bioethanol. This study is expected to provide information on the types and diversity of the seaweed on the Sayang Heulang beach, as well as its potential for producing bioethanol. Based on the research findings, the diversity on the Sayang Heulang beach is categorized as moderate. There are twenty (20) types of seaweed in Sayang Heulang Beach, which are classified into three divisions, Rhodophyta (9 types), Chlorophyta (6 types), and Phaeophyta (5 types). Each of the types has the potential to produce bioethanol. *Rhodimenia palmata* is the most potential for it produces 1.73% (g/g) of bioethanol. Optimizing the process of hydrolysis and fermentation, and selecting appropriate microorganisms lead to higher bioethanol production.

Keywords: seaweed, Sayang Heulang, diversity, bioethanol

## PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terhadap bahan bakar semakin meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah populasinya di dunia. Bahan bakar yang biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan ini berasal dari bahan bakar berbasis fosil. Namun, ketergantungan manusia terhadap bahan bakar berbasis fosil dalam beberapa dekade terakhir menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain semakin berkurangnya cadangan fosil di dunia dan adanya efek negatif pada lingkungan akibat limbah yang dihasilkan dari bahan bakar berbasis fosil. Limbah dari bahan bakar berbasis fosil ini berkontribusi dalam akumulasi gas rumah kaca di atmosfer yang merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global (Edwards *et al*, 2003., Hossain *et al*, 2008).

Adanya permasalahan tersebut mendesak kita untuk melakukan pencarian alternatif sumber bahan bakar lain. Salah satu sumber bahan bakar yang menarik untuk diteliti adalah bioetanol (Zinoviev *et al*, 2010). Bioetanol merupakan bahan bakar yang berasal dari bahan hayati. Bioetanol ini memiliki banyak kelebihan, antara lain limbah yang dihasilkan dari bahan bakar berbasis hayati tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, selain itu bahan bakar yang berasal dari bahan hayati juga merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui. Sehingga bahan bakar ini dapat digunakan dalam waktu yang lama (Corro dan Ayala 2008; Kang *et al*, 2012). Contoh bahan baku yang telah diteliti dapat menghasilkan bioetanol adalah jagung (Zhao dan Xia, 2010) dan tebu (Wu *et al*, 2011). Namun pemanfaatan jagung dan tebu sebagai bahan baku bioetanol memiliki banyak kekurangan, yaitu adanya keterbatasan lahan di daratan serta adanya persaingan dengan stok pangan. Sehingga diperlukan sumber bioetanol lain yang lebih potensial dijadikan sebagai sumber bioetanol. Sumber bioetanol yang direkomendasikan ini berupa rumput laut (Yanagisawa *et al*, 2011), karena rumput laut memiliki banyak kelebihan, antara lain rumput laut tidak berpengaruh terhadap stok pangan, memiliki kandungan gula kompleks yang tinggi, tidak memiliki lignin dan memiliki kandungan biomassa yang besar (Adams *et al*, 2009; Meinita *et al*, 2012). Selain beberapa hal tersebut, keberadaan rumput laut di Indonesia juga sangat melimpah, dimana terdapat 782 jenis rumput laut yang telah berhasil teridentifikasi (Anggadiredja *et al*, 2008).

## BAHAN DAN METODA

### *Pengambilan sampel dan analisis keanekaragaman*

Sampel rumput laut di Pantai Sayang Heulang, Jawa Barat yang terletak pada koordinat 7.67° LS dan 107.69° BT di ambil dengan menggunakan metode survei dan di lakukan pengukuran faktor-faktor lingkungan berupa suhu, salinitas dan derajat keasaman (pH) air laut. Berbagai jenis rumput laut yang diperoleh tersebut kemudian diidentifikasi dengan menggunakan buku kunci identifikasi Cribb (1996), Kadi (1996) dan Lee (2008). Setelah diketahui setiap jenis rumput laut yang diperoleh kemudian dilakukan analisis keanekaragaman dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon (H) dan indeks *evenness* Pielou (E)

### *Analisis Kadar Karbohidrat*



Rumput laut yang diperoleh dari hasil pengambilan sampel kemudian di cuci dengan menggunakan air tawar dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari. Setelah rumput laut kering kemudian ditumbuk dengan menggunakan mortar dan di analisis kadar karbohidratnya dengan metode fenol-asam sulfat (Kochert 1978)

### ***Analisis Bioetanol dari Rumput Laut***

Analisis kandungan bioetanol dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Preparasi sampel  
Rumput laut yang diambil dari Pantai Sayang Heulang dibilas dalam air suling untuk menghilangkan garam, kemudian dikeringkan dengan menggunakan paparan sinar matahari sampai kering sempurna. Rumput laut yang telah kering tersebut kemudian ditumbuk hingga halus dengan menggunakan mortar sampai berbentuk serbuk.
- b. Hidrolisis asam  
Hidrolisis asam dilakukan di dalam botol berukuran 12 ml. Sampel yang terdiri dari 0.1 g serbuk rumput laut, kemudian dimasukkan ke dalam botol berukuran 12 ml dan ditambah 10 ml 0.2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Sampel tersebut kemudian diautoklaf pada suhu 121<sup>o</sup>C selama 15 menit. Setelah sampel dikeluarkan dari autoklaf, kemudian residu dipisahkan dari cairannya dengan sentrifus. Cairan sampel (ekstrak) hasil hidrolisis asam ini dianalisis untuk mengetahui kandungan galaktosa dan difermentasi untuk mengetahui produksi bioetanol.
- b. Fermentasi  
Dalam proses fermentasi membutuhkan *S. cerevisie* komersial dengan medium dasar. Medium dasar pada proses fermentasi ini terdiri dari 0.02% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 0.006% NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> dan dinetralisir pada pH 5. Kemudian medium dasar sebanyak 2 ml ditambahkan ke dalam 1 ml sampel hasil hidrolisis asam dan diinkubasi menggunakan inkubator pengocok pada suhu 30<sup>o</sup>C dengan kecepatan 120 rpm (Prescott dan Dun 1959). Setelah 72 jam difermentasi, kemudian sampel hasil fermentasi dideteksi kandungan bioetanolnya dengan menggunakan GC.
- c. Determinasi gula tereduksi, galaktosa dan bioetanol  
Kadar gula tereduksi diukur menggunakan metode dinitrosalicylic acid (DNS) (Chaplin, 1986) dengan menggunakan bantuan alat berupa Spektrofotometer UV-Vis Unicam S625. Monosakarida dalam bentuk galaktosa diukur dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan kolom IOA Alltech 1.000 (7,8 mm ID x 30 cm), dilengkapi dengan detektor indeks bias yang dipertahankan pada suhu 60<sup>o</sup>C dengan fase gerak menggunakan 2,5 mM sulfuric acid pada kecepatan 0,3ml/min. Sedangkan pengukuran kadar bioetanol diperoleh dengan menggunakan *Gas Chromatography* (Agilent Model 6890 N, USA) dengan kolom 2B-WAX (Agilent Technologies, USA), menggunakan injeksi sampel sebanyak 2 µL dengan temperatur oven minimum 35<sup>o</sup>C dan maksimum temperatur oven sebesar 250<sup>o</sup>C.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Keanekaragaman Rumput Laut***

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh hasil bahwa di Pantai Sayang Heulang, Garut, Jawa Barat ditemukan 20 jenis rumput laut. Jenis rumput yang ditemukan tersebut meliputi tiga divisi, yaitu divisi rumput laut merah (Rhodophyta), rumput laut hijau (Chlorophyta) dan rumput laut coklat (Phaeophyta). Rumput laut yang tergolong ke dalam divisi Rhodophyta yang terdiri dari sembilan jenis, yaitu *Gracilaria coronopifolia*, *Gelidiella acerosa*, *Amphiroa fragilissima*, *Gigartina affinis*, *Acanthophora spicifera*, *Acanthophora muscoides*, *Rhodymenia palmata*, *Galaxaura subfruticulosa*, dan *Gracilaria arcuata*. Rumput laut selanjutnya yang tergolong ke dalam divisi Chlorophyta terdiri dari enam jenis, yaitu *Ulva fasciata*, *Bornetella nitida*, *Ulva reticulata*, *Chaetomorpha antenina*, *Valoniopsis pachynema*, dan *Chaetomorpha crassa*. Sedangkan rumput laut yang tergolong dalam divisi Phaeophyta terdiri dari lima jenis, yaitu *Turbinaria conoides*, *Sargassum polycystum*, *Sargassum duplicatum*, *Padina australis*, dan *Dictyopteris* sp.

Berdasarkan analisis keanekaragaman menggunakan indeks keanekaragaman Shannon (H') dan indeks *evenness* Pielou (E), diperoleh nilai indeks keanekaragaman dan *evenness* sebesar 1.021 dan 0.341. Nilai tersebut bermakna bahwa keberadaan rumput laut di Pantai Sayang Heulang memiliki keanekaragaman yang masuk ke dalam kriteria keanekaragaman sedang dengan pemerataan antar jenis rendah.

Tabel 1. Nilai Indeks Keanekaragaman Shannon (H') dan Indeks *Evenness* Pielou (E) Rumput Laut di Pantai Sayang Heulang, Garut, Jawa Barat

No	Jenis Indeks	Nilai
1.	Indeks Keanekaragaman Shannon	1.021
2.	Indeks <i>Evenness</i> Pielou	0.341

#### **Produksi Bioetanol Rumput Laut**

Setelah dilakukan indentifikasi dan analisis keanekaragaman terhadap 20 jenis rumput laut yang ditemukan di Pantai Sayang Heulang, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian berbagai komponen biokimia setiap jenis rumput laut untuk mengetahui potensinya sebagai bahan baku bioetanol. Berdasarkan pengujian berbagai komponen tersebut dapat diketahui bahwa *Rhodomenia palmata* merupakan jenis yang paling potensial sebagai bahan baku bioetanol. Hal ini dikarenakan *R. palmata* memiliki kadar karbohidrat, gula tereduksi, galaktosa dan kadar bioetanol tertinggi jika dibandingkan dengan 19 jenis rumput laut yang lain, yaitu sebesar 46.98% (g/g), 16.43% (g/g), 7.06% (g/g), 1.73% (g/g). Nilai ini bermakna bahwa di dalam setiap gram serbuk *R. palmata* terdapat karbohidrat sebanyak 0.47 gram, gula tereduksi 0.16 gram, galaktosa 0.07 gram dan etanol sebesar 0.02 gram.

Berikut merupakan data kadar karbohidrat, kadar galaktosa dan kadar bioetanol pada setiap sampel rumput laut yang diperoleh di Pantai Sayang Heulang, Garut.

Tabel 2. Kadar Karbohidrat, Gula Tereduksi, Galaktosa dan Bioetanol pada 20 Jenis Rumput Laut yang Ditemukan di Pantai Sayang Heulang, Garut, Jawa Barat

No.	Jenis Rumput Laut	Kandungan Serbuk Rumput Laut		Kandungan Setelah Hidrolisis dan Fermantasi	
		Karbohidrat % (g/g)	Gula Tereduksi % (g/g)	Galaktosa % (g/g)	Bioetanol dihasilkan % (g/g)
<b>Rhodophyta</b>					
1.	<i>Gracilaria coronopifolia</i>	22.59±0.58	7.22±0.12	3.29±0.16	0.10±0.00
2.	<i>Gelidiella acerosa</i>	45.06±0.46	7.25±0.08	3.33±0.03	0.12±0.02
3.	<i>Amphiroa fragilissima</i>	26.40±2.99	7.25±0.12	4.40±0.25	0.92±0.15
4.	<i>Gigartina affinis</i>	38.25±1.08	5.20±0.02	0.28±0.01	0.20±0.00
5.	<i>Acanthophora spicifera</i>	44.58±1.17	7.23±0.27	1.28±0.04	0.16±0.02
6.	<i>Acanthophora muscoides</i>	23.19±4.83	7.20±0.15	2.35±0.01	0.23±0.03
7.	<i>Rhodomenia palmata</i>	46.98±0.09	16.43±0.32	7.06±0.34	1.73 ±0.05
8.	<i>Galaxaura subfruticulosa</i>	26.30±0.42	3.28±0.15	0.54±0.07	0.21±0.00
9.	<i>Gracilaria arcuata</i>	46.97±0.83	7.13±0.08	2.32±0.02	0.24±0.00
<b>Chlorophyta</b>					
10.	<i>Ulva fasciata</i>	45.63±0.47	1.82±0.12	0.15±0.01	0.19±0.00
11.	<i>Bornetella nitida</i>	11.26±1.50	7.10±0.14	1.59±0.04	0.19±0.00
12.	<i>Ulva reticulata</i>	46.80±0.55	7.12±0.12	2.27±0.07	0.31±0.01
13.	<i>Chaetomorpha antenina</i>	42.52±1.15	7.13±0.17	0.35±0.11	0.08±0.00
14.	<i>Valoniopsis pachynema</i>	45.14±0.97	7.20±0.17	1.34±0.10	0.21±0.02
15.	<i>Chaetomorpha crassa</i>	35.36±0.73	7.02±0.13	0.89±0.06	0.01±0.03
<b>Phaeophyta</b>					
16.	<i>Turbinaria conoides</i>	10.63±0.50	7.02±0.12	0.61±0.09	0.14±0.00
17.	<i>Sargassum polycystum</i>	11.95±0.66	7.05±0.14	0.53±0.01	0.19±0.00
18.	<i>Sargassum duplicatum</i>	14.07±0.20	7.03±0.15	0.63±0.03	0.16±0.01
19.	<i>Padina australis</i>	14.50±2.14	6.02±0.16	0.33±0.05	0.20±0.00
20.	<i>Dictyopteris sp.</i>	36.97±0.33	7.00±0.09	0.77±0.04	0.11±0.02

#### **PUSTAKA**

- Adams, M. J., Gallagher J. A., Donnison I.S. 2009. Fermentation study on *Saccharina latissima* for bioethanol production considering variable pre-treatments. *J Appl Phycol* (21):569-574
- Anggadiredja, T. J., Zatinika A., Purwoto H., Istini S. 2008. Rumput laut. Penerbit Swadaya. Jakarta
- Caplin, MF. 1986. Monosaccharide. In: Chaplin MF. Kennedy JF (eds) *Carbohydrate analysis: a practical approach*. IRC Press. Oxford, pp 1-36

- Corro, G. and Ayala E. 2008. Bioethanol and diesel/bioethanol blends emissions abatement. *Fuel* 87: 3537-3542
- Cribb, B. A. 1996. *Seaweed of Queensland*. National Library of Australia
- Critchley, T. A., Ohno M. 1998. *Seaweed resources of the world*. Japan international cooperation agency
- Dawei, F., Haiyan, L., Peng, J., Song, Q. 2011. Optimization of dilute acid hydrolysis of *Enteromorpha*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 29 (6): 1243-1248.
- Dien, S. B., Cotta M. A., Jeffries T. W. 2003. Bacteria engineered for fuel ethanol production: current status. *Appl Microbiol Biotechnol* (63): 258–266
- Edwards, D. R., Smith R. K., Zhang J., M. Y. 2003. Models to predict emissions of health-damaging pollutants and global warming contributions of residential fuel/stove combinations in China. *Chemosphere* (50): 201–215
- Goh, C.S., Lee K.T. 2010. A visionary and conceptual macroalgae-based third-generation bioethanol (TGB) biorefinery in Sabah, Malaysia as an underlay for renewable and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (14): 842–848.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. 2011. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available from: <http://www.algaebase.org>. Accessed Feb 20, 2012.
- Handayani, T., Kadi A. 2007. Keanekaragaman dan biomassa algae di perairan Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* (33): 199 - 211
- Horn, S. J. 2000. *Bioenergy from brown seaweeds*. Norwegian University of Science and Technology NTNU. Norway
- Hossain, S, Salleh A, Boyce A. N, Chowdhury P, Naquuddin M. 2008. Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 4 (3):250-254
- Kadi, A. 1996. *Mengenal jenis-jenis rumput laut Indonesia*. Puslitbang oseanografi-LIPI. Jakarta
- Kang, K. E., Jeong, G. T., Park D.H. 2012. Pretreatment of rapeseed straw by sodium hydroxide. *Bioprocess Biosyst Eng* 35: 705-713.
- Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol-sulfuric acid method. In: Hellebust JA, Craigie JS (eds) *Handbook of phycological method, Physiological and biochemical methods*. Cambridge University Press, Cambridge (2): 95-97
- Lee, Y. 2008. *Marine algae of Jeju*. Departement of botany. Cheju National University, Jeju, Korea 2008
- Meinita, N. D. M., Jeong, GT., Hong, YK. 2011. Comparison of sulfuric and hydrochloric acids as catalysts in hydrolysis of *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *Bioprocess Biosyst Eng*. DOI 10.1007/s00449-011-0609-9
- Meinita, N. D. M., Jeong, GT., Hong, YK. 2011. Detoxification of acidic catalyzed hydrolysate of *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *Bioprocess Biosyst Eng*. DOI 10.1007/s00449-011-0608-x
- Meinita, N. D. M., Kang, JY., Jeong, GT., Koo, H. M., Park, S. M., Hong, YK. 2012. Bioethanol production from the acid hydrolysate of carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *J Appl Phycol*. DOI 10.1007/s10811-011-9705-0
- Prescott, S. C. and Dun, C. G. 1959. *Industrial microbiology*. McGraw-Hill, New York
- Satheesh, S., Wesley G. S. 2012. Diversity and distribution of seaweeds in the Kudankulam coastal waters, South-Eastern coast of India. *Biodiversity Journal*, 3 (1): 79-84
- Wi, G. S., Kim J. H., Mahadevan S., Yang J. H., Bae J. H. 2009. The potential value of the seaweed Ceylon moss (*Gelidium amansii*) as an alternative bioenergy resource. *Bioresource Technology* (100): 6658–6660
- Yanagisawa, M., Nakamura. K., Ariga. O., Nakasaki K. 2011. Production of high concentrations of bioethanol from seaweeds that contain easily hydrolyzable polysaccharides. *Process Biochemistry*. (48): 2111-2118
- Yaqin, K., Burhanuddin I., Samad W. 2011. Biodiversity of seaweed and their metal contents from littoral zone of South Sulawesi waters. seminar International Kelautan, Universitas Udayana Bali
- Zinoviev, S., Fornasiero P., M-Iler-Langer F., Kaltschmitt M., Das P., Centi G., Bertero N., Miertus S. 2010. Next-Generation Biofuels: Survey of Emerging Technologies and Sustainability Issues. *ChemSusChem* (3): 1106 – 1133

## Refleksi Perubahan Iklim Holosen Berdasarkan Bukti Palinomorf pada Batuan Sedimen Daerah Cilacap

Rachmad Setijadi<sup>1)</sup>, Asmoro Widagdo<sup>1)</sup>, Kartika Anggi Hapsari<sup>2)</sup>, S.W.A.Suedy<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Geologi, Fakultas Sains dan Teknik, Unsoed, Purwokerto.

<sup>2)</sup> Alumni Fakultas Biologi-Unsoed Purwokerto

<sup>3)</sup> Jur. Biologi FSM UNDIP, Jl. Prof. Soedarto SH Tembalang Semarang

Email: rsetijadi\_ianov@yahoo.co.id

Bukti palinologi dapat digunakan untuk merekonstruksi dinamika vegetasi sebagai akibat perubahan iklim. Penelitian ini terdiri dari dua tahap: penelitian lapangan dan laboratorium yang meliputi pembuatan slide mikroskopis, pengamatan mikroskopis dan interpretasi data. Sebanyak empatpuluh enam (46) sampel dianalisis dari daerah Karangturi Cilacap. Umur daerah penelitian hasil dating <sup>14</sup>C menunjukkan umur Holosen yaitu berkisar antara 11697 BP - 2520 BP. Hasil penelitian didapatkan 33 tipe palinomorf yang meliputi 2 taksa marin dan 31 taksa polen dan spora. Dari 31 taksa polen dan spora terbagi menjadi 17 taksa *arboreal polen* (AP), 4 taksa *non arboreal polen* (NAP), 10 taksa Pteridophyta. Data palinologi dapat mengungkap selama Holosen daerah Karangturi Cilacap terjadi 4 kali periode perubahan iklim yaitu: kering-basah-kering-basah.

Kata kunci: Palinologi, Holosen, *arboreal polen*, *non arboreal polen*

### PENDAHULUAN

Perubahan iklim tidak hanya terjadi pada saat ini, namun merupakan sistem yang berkesinambungan sejak keberadaan bumi ini dari masa lampau hingga sekarang. Penelitian perubahan iklim masa lampau (paleoklimat) dengan memanfaatkan rekam fosil flora dan fauna akan memberikan gambaran penting mengenai *climate system variability*, dan hubungannya dengan iklim di masa sekarang dan akan datang (*The past is the key to the present and the future*). Perubahan iklim masa lampau ini dapat dicirikan atau diketahui dari perubahan muka air laut (transgresi-regresi) dan dinamika bentang alam vegetasinya.

Menurut Morley (1990) analisis polen dan spora yang terendapkan pada suatu sedimen dapat mengungkap latar belakang perubahan flora dan vegetasi pada periode tertentu. Analisis polen dan spora secara vertikal terhadap urutan lapisan sedimen merupakan cara untuk menelusuri sejarah flora dan vegetasi serta perubahan yang terjadi selama proses sedimentasi berlangsung. Sejarah flora dan vegetasi di suatu daerah dapat diungkap melalui pendekatan palinologi. Analisis polen dan spora yang terendapkan dalam suatu sedimen dapat mengungkap latar belakang perubahan flora dan vegetasi pada periode tertentu. Perubahan tersebut sebagian hasil dari perubahan iklim baik iklim lokal, regional maupun global (Faegri dan Iversen, 1989; Moore & Webb, 1978).

Perubahan iklim Kala Holosen di tandai dengan berakhirnya pengesan utama yang terjadi pada jaman es (Plistosen). Secara garis besar iklim bumi Kala Holosen relatif lebih hangat dari masa sebelumnya. Menurut Sampurno (2001), selama Kala Holosen (10.000 tahun) terdapat beberapa kali perubahan global :

- 8.000 tahun yang lalu selama 300 tahun : suhu udara diperkirakan 2,5°C diatas suhu sekarang.
- 5.000-2.000 tahun yang lalu : periode glasiasi, penurunan muka air laut (jauh dibawah muka laut sekarang).
- Tahun 1000-1200 : merupakan periode hangat.
- Tahun 1450-1850 : udara sedikit mendingin dan terdapat perluasan sedikit dari zaman es.
- Tahun 1880-2000 : terdapat gejala kenaikan suhu udara.

Asia Tenggara yang terletak dalam lingkungan iklim tropika tidak banyak dipengaruhi secara langsung oleh iklim dingin glasial. Perubahan iklim yang mencakup penurunan suhu sampai 10°C hanya berpengaruh di daerah sekitar Gunung Kinabalu di Sabah (Tjia, 1983). Sebaliknya di daerah tropis penurunan suhu bumi justru disebabkan oleh dampak tidak langsung dari perubahan suhu bumi seperti akibat naik-turunnya muka air laut. Turunnya muka air laut mampu menggeser jalur tumbuhan pantai juga mengakibatkan kekeringan daratan akibat perluasan daratan (Yulianto dan Sukanti, 1998).

Gambaran melalui citra satelit dan peta rupa bumi menunjukkan adanya perubahan garis pantai pada kawasan penelitian. Kawasan Cilacap merupakan model yang baik untuk mempelajari dinamika garis pantai yang ideal, hal ini ditunjukkan oleh gambaran morfologi beting gesik yang berulang, sehingga menarik untuk diteliti. Hal ini diduga terjadi sebagai akibat adanya perubahan

iklim. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui jenis fosil polen dan spora yang ditemukan merupakan representasi dari flora penyusun vegetasi daerah Cilacap dan rekonstruksi iklim Kala Holosen yang didasarkan pada keberadaan palinofnya.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di daerah Karangturi Kabupaten Cilacap. Lokasi ini terletak pada daerah Karangturi dengan kode sampel KT1 dengan koordinat: 0°30'38.69" LS; 9°15'39.38" BT dengan elevasi 16 mdpl. Penelitian dilakukan 2 tahap yaitu penelitian lapangan dan laboratorium.

#### *Penelitian Lapangan*

Penelitian lapangan dilakukan dengan cara pemboran menggunakan bor tangan yang berdiameter 5 cm sampai kedalaman 2,8 meter (modifikasi Metode Willard & Holmes, 1999). Setiap inti bor sedimen diambil sampelnya tersebut dipotong setiap 1cm. Jumlah sampel yang dianalisis pada daerah ini adalah 46 sampel dengan kedalaman 2,80 meter

#### *Penelitian Laboratorium*

Penelitian di laboratorium meliputi preparasi sampel sedimen, analisis deskriptif dan penyusunan data. Sampel sedimen dipreparasi dengan metode Asetolisis yaitu : 50 g sampel sedimen direndam dalam HCl 50% selama 2 jam untuk menghilangkan karbonat, kemudian dinetralkan dengan akuades. Sampel yang sudah netral tadi direndam dengan HF 40% selama 24 jam untuk menghilangkan silikat, kemudian dinetralkan, setelah itu direndam kembali dalam HCl 50% selama 30 menit dan dinetralkan. Setelah itu dioksidasi dengan HNO<sub>3</sub> selama 2 menit dan dinetralkan kembali. Untuk menghilangkan asam humat (*humic acid*) sampel direndam dalam KOH 5% panas selama 5 menit dan dinetralkan kembali. Hasilnya disaring dengan saringan nilon yang berukuran 5µm, setelah itu dibuat slide dalam media enthelan yang merupakan sediaan mikroskop (Suedy dkk, 2006).

Analisis diskriptif yaitu identifikasi polen dengan menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 250X, 400X dan 1000X. Parameter yang diamati adalah sifat dan ciri polen berupa bentuk, ukuran, ornamentasi dan apertura. Acuan yang digunakan dalam identifikasi antara lain: Huang (1972), Nakamura (1980), Erdtman (1952), Faegri & Iversen (1989). Data yang diperoleh kemudian di analisis dengan program Palaeontological Statistics (PAST ver 0.99), sedangkan untuk penyajian diagram palinologi menggunakan program *Excel* dan *Sigma Plot* ver.11.0.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penarikan radiocarbon dengan metode <sup>14</sup>C untuk menentukan umur absolut yang dilakukan di Pusat Pengembangan Geologi dan Kelautan (PPGL) Bandung pada coring KT1 menunjukkan umur :

Tabel 1. Hasil analisis umur berdasarkan *radiocarbon dating*

Kedalaman	Umur
80 cm	3540 ±120 years BP
220 cm	9250 ± 160 years BP

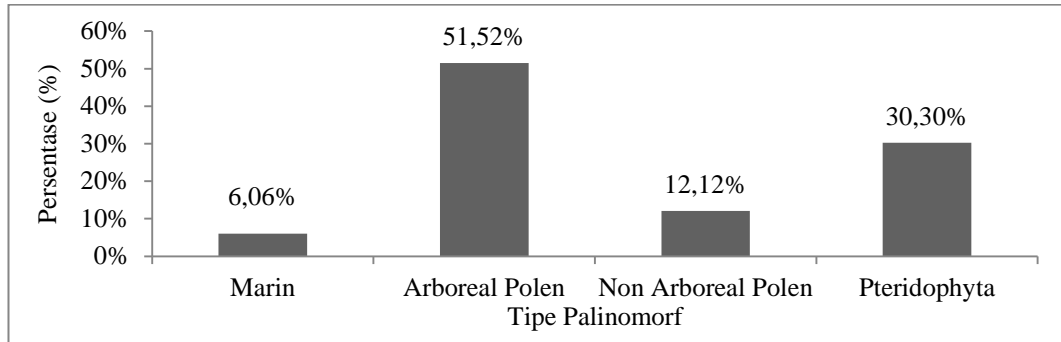
Dengan mengasumsikan kecepatan sedimentasi adalah tetap, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan kecepatan sedimentasi

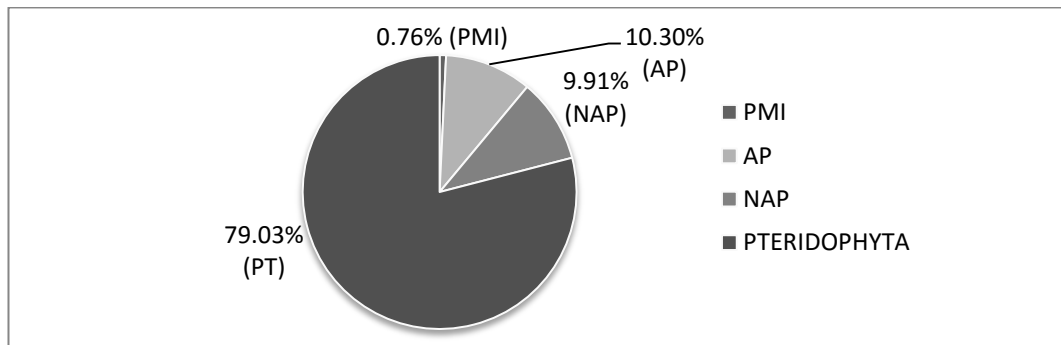
$$\begin{aligned}
 \text{kecepatan sedimentasi} &= \frac{\text{selisih jarak titik 1 dan 2}}{\text{selisih umur titik 1 dan 2}} \\
 &= \frac{220 - 80}{9250 - 3540} \\
 &= 0,02452 \text{ cm/tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kecepatan sedimentasi, maka kisaran umur pada lokasi KT1 berkisar 11697 – 2520 tahun yang lalu. Hasil ini menunjukkan daerah penelitian Karangturi (KT1) masih berumur Holosen.

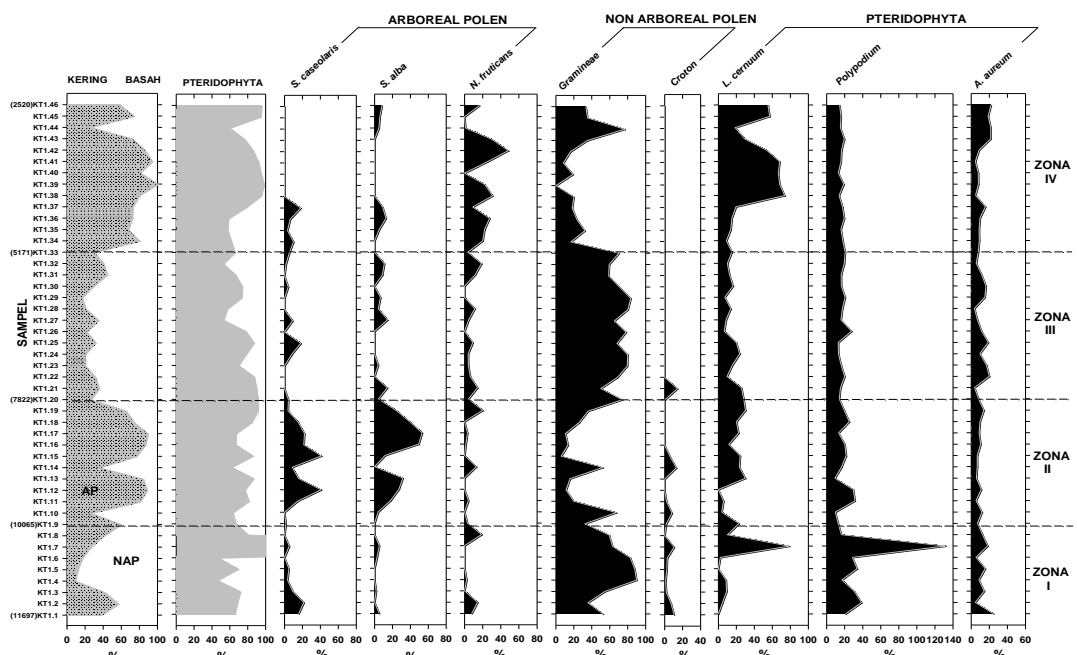
Palinomorf yang ditemukan menunjukkan paleoflora daerah Karangturi (KT1) pada Kala Holosen setidaknya 33 tipe palinomorf terbagi menjadi 2 tipe palinomorf marin (6,06%), dan 31 tipe polen dan spora (93,94%). Tipe polen dan spora yang teridentifikasi dapat dibagi menjadi flora yang berhabitus pohon (AP) 17 tipe (51,52%), berhabitus non pohon (NAP) 14 tipe (42,42%). Dari 14 tipe yang berhabitus non pohon dapat di bagi menjadi 4 bertipe semak herba (12,12%) dan 10 tipe (30,30%) merupakan tumbuhan paku (Pteridophyta). Data tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Persentase kehadiran tipe palinomorf di lokasi KT1



Gambar 2. Persentase kuantitatif kehadiran dari setiap kelompok habitus



Gambar 3. Diagram analisis kuantitatif dinamika vegetasi berdasar kelompok habitus (*arborescent* dan *non arborescent*) pada sampel KT1

Interpretasi diagram polen dari data kelompok habitus dapat ditentukan 4 zona palinologi untuk melihat dinamika vegetasi sebagai akibat dari perubahan iklim yaitu:

#### **Zona I Umur 11697 BP – 10065 BP (KT1.1 - KT1.9)**

Pada zona ini dominasi *non arboreal pollen* (NAP) dengan rerata mencapai 66,61%, persentase tertinggi pada KT1.4 mencapai 91,01%, terendah KT1.2 dengan nilai 42,86%. Dominasi taksa NAP diwakili oleh jenis Gramineae dengan rerata 61,23%. Hal ini diikuti dengan menurunnya persentase dari taksa *arboreal pollen* (AP) yang rerata keberadaannya hanya 33,40%. Taksa AP diwakili oleh *Sonneratia caseolaris* (6,73%) dan *Nypa fruticans* (5,13%). Pada zona ini persentase dari taksa tumbuhan paku (*Pteridophyta*) tergolong tinggi dengan nilai rerata 66,52%. Hal ini menunjukkan penyusutan suatu hutan mencirikan suatu iklim kering dan mempunyai kelembaban yang tinggi ditunjukkan dengan besarnya keberadaan spora.

#### **Zona II Umur 10065 BP – 7822 BP (KT1.9 – KT1.20)**

Zona ini dicirikan dengan kenaikan yang tinggi dari taksa *arboreal pollen* dengan rerata 66,55% dan diikuti oleh penurunan taksa dari *non arboreal pollen* yang mempunyai rerata 33,45%. Kehadirannya, taksa AP tertinggi dijumpai pada KT1.17 (89,36%) dan terendah pada KT1.10 (26%). Tingginya taksa AP diwakili oleh dominansi dari *Sonneratia alba* (23,52%) dan *Sonneratia caseolaris* yang mencapai 16,95%. Kehadiran spora yang diwakili oleh *Polypodium*, *Lycopodium cernuum*, *Pteris type* yang relative tinggi dengan rerata 77,83%. Periode ini menunjukkan perkembangan suatu hutan yang beriklim basah dengan kelembaban tinggi.

#### **Zona III Umur 7822 BP – 5171 BP (KT1.20 – KT1.33)**

Periode ini terjadi penyusutan hutan, ditandai dengan penurunan nilai AP dengan rerata 29,03%, dan meningkatnya taksa *non arboreal pollen* sebesar 70,98%, taksa NAP diwakili oleh Gramineae (69,88%). Kehadiran NAP terkecil dijumpai pada KT1.31 (55,56%). Adapun nilai NAP tertinggi pada KT1.29 (83,33%). Kenaikan taksa *Pteridophyta* masih tinggi dengan rerata mencapai 71,65% yang diwakili oleh *Pteris type* (19%), *Polypodium* (17,79%), dan *Lycopodium cernuum* (14,16%). Kondisi ini menunjukkan penyusutan hutan yang mencirikan iklim kering dengan kelembaban tinggi, dicirikan dengan tingginya kehadiran taksa *Pteridophyta* yang tinggi.

#### **Zona IV umur 5171 BP – 2520 BP (KT1.33 – KT1.46)**

Periode waktu ini ditandai oleh meningkatnya taksa AP dengan rerata 74,14%. Taksa *arboreal pollen* yang mendominasi adalah *Nypa fruticans* (17,93%) dan *Avicenia* (11,02%). Peningkatan taksa AP diikuti penurunan tajam dari taksa NAP, nilai taksa *non arboreal pollen*nya 25,86%. Kehadiran taksa *Pteridophyta* masih tinggi dengan nilai rerata 80,62% untuk taksa ini diwakili oleh *Lycopodium cernuum* (41,77%), *Polypodium* (16,34%), dan *Acrostichum aureum* (12,21%). Kehadiran *Pteridophyta* yang tinggi mencerminkan kelembaban tinggi. Periode ini menunjukkan perkembangan suatu hutan yang beriklim basah dengan kelembaban tinggi.

### **KESIMPULAN**

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan bukti palinologi yang ditemukan, paleoflora Cilacap Kala Holosen dijumpai 33 tipe palinomorf yang terbagi menjadi 2 tipe polen marin, 17 tipe polen arboreal polen tumbuhan tinggi (AP), 4 tipe polen herba semak (NAP), dan 10 tipe spora *Pteridophyta*.
2. Dari rentang waktu 11697 BP – 2520 BP terjadi empat (4) kali siklus perubahan iklim dari kering-basah-kering-basah.
  - 11697 BP – 10065 BP : iklim kering terjadi penyusutan hutan
  - 10065 BP – 7822 BP : iklim berubah menjadi basah hutan menjadi berkembang.
  - 7822 BP – 5171 BP : iklim kembali berubah menjadi kering.
  - 5171 BP – 2520: iklim menjadi basah dan lembab.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

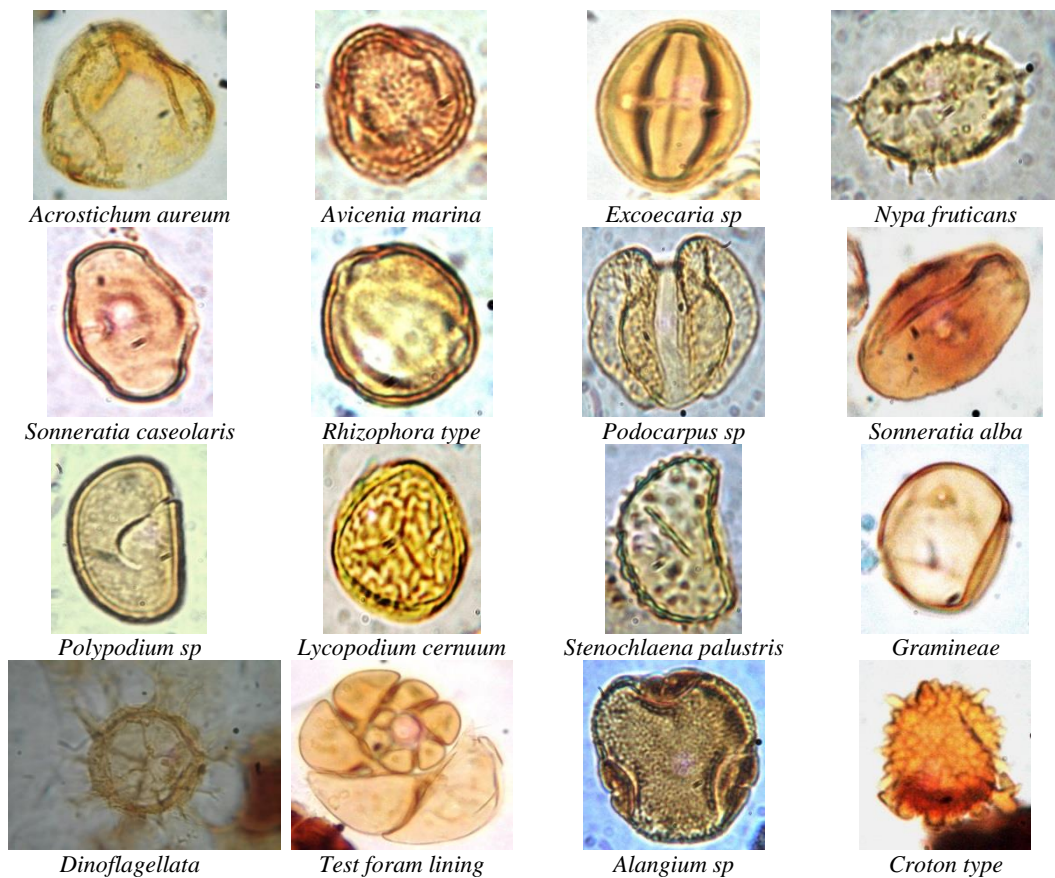
Terimakasih disampaikan kepada: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi RI yang telah membiayai bagian dari penelitian ini lewat Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun 2013. Serta terimakasih pada FIKTM- ITB, atas fasilitas laboratorium Palinologi-Teknik Geologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Erdtman, G. 1952. *Morphology and Taxonomy Angiospermae (An Introduction to Palynology)*. The Botanica Company Wather. Massachusetts, USA.
- Faegri, K. and J. Iversen, 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. Hafner Press. New York.
- Huang, T.C., 1972 *Pollen of Taiwan*. National Taiwan University Botany Department Press. Taipei, Taiwan.
- Moore, P.D. and Webb, 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. The Ronald Press. Company, New York.
- Morley, R.J. 1990. Short Course Introduction to Palynology. With Emphasis on Southeast Asia. *Fakultas Biologi UNSOED Purwokerto*. p. 9-29.
- Nakamura, J. 1980. Diagnostic Characters of Pollen Grain of Japan. Part I. *Special Publications from Osaka Museum of Natural History*. Vol 13. Nagai Park. Osaka. Japan.
- Sampurno, 2001. Daya Dukung Pengembangan Kota Pantai. Proceeding - Studi Dampak Timbal Balik Antar Pembangunan Kota dan Perumahan di Indonesia dan Lingkungan Global. P. 345-346
- Suedy, S.W.A., T.R. Soeprbowati, A.T. Rahardjo dan K.A. Maryunani. 2006a. *Keanekaragaman Flora Penyusun Hutan Mangrove Pantai Randusanga Brebes Ditinjau Dari Bukti Palinologinya*. Prosiding Seminar Nasional UNSOED: Konservasi Biodiversitas Sebagai Penunjang Pembangunan Berkelanjutan- ISBN 978-979-99995-2-8.
- Tjia, H.D. 1983. Aspek Geologi Kwartir Asia Tenggara. *Buletin Jurusan Geologi ITB*. Vol 9. Bandung. p. 1-10.
- Willard, D.A. and C.W. Holmes. 1999. *Pollen and Geochronological Data from South Florida: Taylor Creek Site 2*. USGS Open-File Report 97-35.
- Yulianto, E. dan W.S. Sukapti. 1998. Perubahan Iklim Selama Rentang Plistosen Hingga Holosen di Indonesia Berdasarkan Rekaman Data Palinologi. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVII IAGI*. Yogyakarta

## LAMPIRAN

### Beberapa Tipe Palinomorf Yang Ditemukan





## Keberadaan Larva Nyamuk *Aedes* spp. Sebagai Vektor Penyakit Demam Berdarah Dengue di Kelurahan Kedungwuluh Kecamatan Purwokerto Barat

**Ana Yuliana, Endang Ariyani S, Edy Riwidiharso**

*Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto  
Email: analiloo89@gmail.com*

Kelurahan Kedungwuluh merupakan salah satu wilayah endemis di Kecamatan Purwokerto Barat karena selama tiga tahun berturut-turut terjadi kasus Demam Berdarah Dengue. DBD disebabkan oleh virus dengue yang termasuk ke dalam golongan Arbovirus (virus yang ditularkan melalui Arthropoda) yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes* spp. sebagai vektor utamanya. Kontainer baik buatan manusia maupun alami, air jernih, kelembaban tinggi, cahaya rendah dan sanitasi lingkungan yang kurang bersih merupakan faktor pendukung meningkatnya *breeding place* yang berpotensi terhadap peningkatan vektor nyamuk *Aedes* spp. sehingga meningkatkan pula terjadinya penyakit DBD. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan larva nyamuk *Aedes* spp. sebagai vektor penyakit demam berdarah dengue dan potensi penyebaran dan penularan penyakit DBD di Kelurahan Kedungwuluh Kecamatan Purwokerto Barat. Metode penelitian menggunakan metode survei dan teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu dipilih tiga RT di Kelurahan Kedungwuluh yang pernah terjadi kasus DBD, dari tiga RT tersebut diambil 100 rumah secara acak. Analisis data menggunakan perhitungan *House Index*, *Container Index*, *Breteau Index*, dan ABJ (Angka Bebas Jentik). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kelurahan Kedungwuluh Kecamatan Purwokerto Barat berpotensi untuk penyebaran penyakit DBD sehingga perlu dilakukan *surveillance* secara terus-menerus.

Kata kunci: Demam berdarah dengue, Larva *Aedes* spp., virus dengue.

## Aktivitas dan Kemelimpahan Burung Jalak Gading (*Turdus poliocephalus stressemanni* Bartels.) di Gunung Lawu

Muhammad Ridwan<sup>1)</sup>, Suratman<sup>2)</sup>, Sugiyarto<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>Kelompok Studi Biodiversitas Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta

<sup>2)</sup>Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta  
Email: sururi.ridwan@yahoo.com

Jalak Gading (*Turdus poliocephalus stressemanni* Bartels.) merupakan ikon satwa di Gunung Lawu karena subspecies dari kelompok Anis Gunung ini hanya dapat ditemui di Gunung Lawu. Saat ini populasinya cenderung menurun karena kerusakan habitat dan perburuan liar. Namun demikian belum banyak informasi yang mengulas tentang keberadaan burung tersebut di habitat aslinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas dan kemelimpahan burung Jalak Gading di Gunung Lawu. Pengamatan Jalak Gading dilakukan pada September 2011 dengan metode jelajah dan *point count*. Titik pengamatan berada di 5 pos jalur pendakian Cemoro Sewu Gunung Lawu yakni pada elevasi 2.214, 2.578, 2.802, 3.114 dan 3.150 m dpl. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aktivitas burung Jalak Gading di Gunung Lawu paling banyak dijumpai di titik pengamatan 2 pada elevasi 2.578 m dpl, ditunjukkan dengan nilai kemelimpahan relatif tertinggi berada pada titik pengamatan tersebut yakni sebesar 73,3 ekor/10 jam pengamatan. Keberadaan burung Jalak Gading di Gunung Lawu erat kaitannya dengan sumber pakan dan keberadaan burung spesies pesaing. Burung Jalak Gading lebih menyukai beraktivitas di lingkungan yang memiliki sumber pakan yang melimpah, namun aktivitasnya akan berkurang jika di lingkungan tersebut terdapat banyak spesies pesaing.

Kata kunci: Jalak Gading, kemelimpahan, aktivitas, Gunung Lawu

### PENDAHULUAN

Gunung Lawu terletak pada daerah peralihan antara iklim di Jawa bagian Timur yang cenderung kering dan gersang dengan iklim di Jawa bagian Barat yang cenderung basah dan lembab, sehingga di gunung ini dapat ditemui tumbuhan, hewan atau mikrobia yang melimpah di Jawa bagian timur namun tidak ditemukan secara alami di Jawa bagian barat (Steenis, 1972 dalam Setyawan, 2001). Gunung Lawu memiliki potensi kekayaan flora dan fauna yang sangat menarik. Salah satu kekayaan faunanya adalah burung Jalak Gading (*Turdus poliocephalus stressemanni* Bartels) yang ada di kawasan lereng gunung tersebut (Natus, 2005; Peterson 2007)

Jalak Gading menjadi *icon* Gunung Lawu karena subspecies dari kelompok Anis Gunung ini hanya dapat ditemui di Gunung Lawu. Oleh masyarakat lereng Gunung Lawu, burung Jalak Gading dikeramatkan karena ada kepercayaan bahwa burung tersebut merupakan jelmaan pengawal Prabu Brawijaya V saat pelariaanya ke gunung Lawu. Keberadaannya saat ini dianggap sebagai pembawa berkah bagi masyarakat lereng gunung Lawu (Anak Gunung Lawu, 2013, komunikasi pribadi).

Jalak Gading memiliki ukuran tubuh sedang dengan panjang total sekitar 23 cm. Warna bulu punggung, leher dan ekornya adalah hitam kecoklatan. Bulu bagian dada berwarna coklat kekuningan, sedangkan bulu kepala dan leher cenderung kecoklatan. Warna mata hitam dengan garis melingkar berwarna kuning. Memiliki paruh yang lancip pendek berwarna kuning gading (Prasetyanto, 2005).

Ada indikasi bahwa populasi Jalak Gading mengalami penurunan. Hal ini berdasarkan kesaksian masyarakat setempat yang menyatakan intensitas pertemuan dengan burung ini tidak sesering pada tahun-tahun sebelumnya (Anak Gunung Lawu, 2013, komunikasi pribadi). Faktor yang diduga menyebabkan penurunan populasi tersebut adalah sering terjadinya kebakaran hutan di lereng Gunung Lawu pada setiap musim kemarau. Selain itu banyak pemburu liar yang menangkap burung ini untuk diperjualbelikan. Hal tersebut terjadi karena tidak ada peraturan yang tegas untuk menjaga ekosistem Gunung Lawu. Penurunan populasi ini juga didukung oleh tingkat reproduksi yang rendah yakni dari satu kali siklus reproduksi Jalak Gading hanya menghasilkan 2-3 telur dan hanya 1 yang dapat menetas dan bertahan hidup hingga dewasa (Budiharjo, 2005).

Apabila permasalahan tersebut terus berlanjut dikhawatirkan keberadaan burung Jalak Gading di gunung Lawu semakin terancam. Sampai saat ini belum banyak catatan yang mengulas tentang burung Jalak Gading dan kehidupannya di alam. Mengingat hal tersebut maka perlu dilakukan studi terkait kehidupan burung tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas dan kemelimpahan burung Jalak Gading di Gunung Lawu agar dapat

dilakukan upaya penanganan ataupun konservasi terhadap burung tersebut untuk menghindari ancaman kepunahan .

### BAHAN DAN METODA

Pengamatan aktivitas dan keberadaan Jalak Gading di Gunung Lawu telah dilakukan pada bulan September 2011 di sepanjang jalur pendakian Cemoro Sewu Gunung Lawu. Pengamatan Jalak Gading dilakukan dengan metode *point count* atau *point transect* di lima titik pengamatan yang berbeda di sepanjang jalur pendakian tersebut. Titik pengamatan burung Jalak Gading adalah sebagai berikut:

- a. Titik pengamatan 1/ pos pendakian 1 : 2.200 m dpl.
- b. Titik pengamatan 2/ pos pendakian 2 : 2.596 m dpl.
- c. Titik pengamatan 3/ pos pendakian 3 : 2.800 m dpl.
- d. Titik pengamatan 4/ pos pendakian 5 : 3.114 m dpl.
- e. Titik pengamatan 5/ Hargo Dalem : 3.150 m dpl.

Pengamatan dilakukan pada pagi hari dari pukul 06.00-08.00 WIB, siang hari dari pukul 11.00-13.00 WIB, dan sore hari dari pukul 15.00-17.00 WIB. Total waktu pengamatan adalah 30 jam. Aspek yang diamati adalah jumlah cacah individu yang ditemui dan aktifitas burung selama pengamatan. Kelimpahan relatif burung dihitung dengan metode tingkat pertemuan jenis (*encounter rate*). Metode ini dilakukan dengan membagi jumlah burung yang teramati dengan jumlah jam pengamatan, yang memberikan hasil jumlah burung per satuan waktu untuk satu jenis burung (Bibby, 2000). Menurut Bibby (2000) kelimpahan relatif (KR) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$KR: \frac{\text{Jumlah individu spesies burung}}{\text{jumlah jam pengamatan}}$$

Data yang diperoleh kemudian ditabulasikan dalam skala urutan kelimpahan sederhana dari Lowen (Bibby, 2000).

Tabel 2. Skala Urutan Kelimpahan Sederhana berdasarkan Tingkat Pertemuan dari Lowen

Kategori Kelimpahan (jumlah individu/100 jam pengamatan)	Nilai Kemelim- pahan	Skala Urutan
< 0,1	1	Jarang
0,1 - 2,0	2	Tidak Umum
2,1 - 10,0	3	Sering
10,1- 40,0	4	Umum
40,0 +	5	Melimpah

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Burung Jalak Gading yang juga dikenal dengan sebutan Jalak Lawu karena mudah terlihat di hampir sepanjang jalur pendakian Cemoro Sewu menuju puncak Gunung Lawu (3.265 m dpl). Aktivasinya banyak dijumpai pada pagi dan sore hari. Sarang Jalak Gading banyak ditemukan di sekitar puncak Gunung Lawu namun aktivasinya cenderung berada di daerah yang lebih rendah karena sumber makanan lebih banyak tersedia di daerah yang lebih rendah dari puncak Gunung Lawu (Budiharjo, 2005).

Hasil pengamatan jumlah burung menunjukkan perbedaan dari tiap titik pengamatan seperti yang disajikan pada Tabel 5. Jumlah Jalak Gading tertinggi yang teramati ditemui pada titik pengamatan 2 (2.578 m dpl) yakni sebesar 44 ekor. Jumlah burung yang teramati semakin menurun pada elevasi di atas dan di bawah elevasi titik pengamatan tersebut. Dimungkinkan puncak aktivitas Jalak Gading terdapat di sekitar titik pengamatan 2 dan 3 yaitu pada elevasi 2.600-2.800 m dpl. Pada daerah yang lebih rendah semakin jarang ditemui aktivitas Jalak Gading. Aktivitas Jalak Gading masih dapat dijumpai pada elevasi 1.800 m dpl yaitu di sekitar *basecamp* Cemoro Sewu, namun tidak dilakukan pengamatan jumlah dan aktivitas burung. Aktivitas burung Jalak Gading yang ditemui semakin sedikit pada elevasi yang lebih rendah dikarenakan habitat Jalak Gading secara umum terdapat pada zona subalpine. Kimura (2003) menyatakan burung spesies *Turdus* sp. hanya bermigrasi ke zona pegunungan yang lebih rendah saat terdapat makanan pada bulan-bulan tertentu saja dan kembali ke zona subalpine ketika makanan di zona pegunungan

sudah habis. Sarang Jalak Gading juga lebih banyak ditemukan di daerah sekitar puncak dan berada tidak jauh dari jalur pendakian (Budiharjo, 2003).

Kemelimpahan relatif burung Jalak Gading dihitung berdasarkan metode *encounter rate* yang menyajikan data tingkat pertemuan burung dalam satuan waktu (Bibby, 2000). Angka kemelimpahan relatif metode ini bukan digunakan untuk menghitung populasi sehingga tidak dapat menggambarkan populasi burung dalam suatu kawasan (Ajie, 2009).

Hasil penghitungan menunjukkan pada titik pengamatan 1, 2 dan 3 termasuk dalam skala Melimpah, titik pengamatan 4 termasuk dalam skala Umum dan titik pengamatan 5 termasuk dalam skala Sering. Secara umum kemelimpahan relatif berdasar tingkat pertemuan Jalak Gading di seluruh titik pengamatan termasuk dalam skala Melimpah, walaupun angka 44 masih berada pada batas bawah Skala Melimpah.

Tabel 5. Jumlah dan skala kemelimpahan Jalak Gading pada setiap titik pengamatan.

Titik Pengamatan	Elevasi Lokasi (m dpl)	Jumlah Burung Terlihat (ekor)			Jumlah Total	Jumlah Individu/ 10 jam	Skala Urutan Kemelimpahan
		Pagi	Siang	Sore			
1	2.214	5	-	24	29	48,3	Melimpah
2	2.578	14	7	23	44	73,3	Melimpah
3	2.802	10	6	15	31	51,7	Melimpah
4	3.114	12	5	7	24	40	Umum
5	3.150	-	4	-	4	6,7	Sering
<b>Total</b>					<b>132</b>	<b>44</b>	<b>Melimpah</b>

Dari hasil wawancara dengan organisasi peduli lingkungan Anak Gunung Lawu (AGL) pada tahun 2013 yang mengelola pendakian di Gunung Lawu menyatakan, populasi Jalak Gading sangat fluktuatif dalam satu tahun. Ada dua faktor yang menjadi penyebab menurunnya populasi Jalak Gading. Faktor pertama adalah kebakaran hutan. Apabila terjadi kebakaran hutan di zona subalpine maka populasi Jalak Gading dipastikan mengalami penurunan. Kebakaran hutan menghilangkan habitat dan sumber pakan Jalak Gading dan spesies burung lain. Faktor kedua adalah perburuan liar. Pemburu liar menangkap Jalak Gading biasanya untuk diperjualbelikan sebagai burung peliharaan.



Gambar 4. Burung Jalak Gading memakan buah masak *Debregeasia longifolia*.

Aktivitas Jalak Gading yang terlihat saat pengamatan adalah bertengger, berkicau, mencari makan di atas pohon, perdu dan permukaan tanah. Burung yang teramati saat beraktivitas kebanyakan berpasangan meskipun terdapat burung yang beraktivitas sendirian. Pada saat tertentu dapat terlihat 2-3 pasang jalak beraktivitas pada daerah dan waktu yang sama. Aktivitas makan yang terlihat adalah di atas pohon atau perdu dengan memakan buah-buah kecil yang sudah matang (Gambar 4).

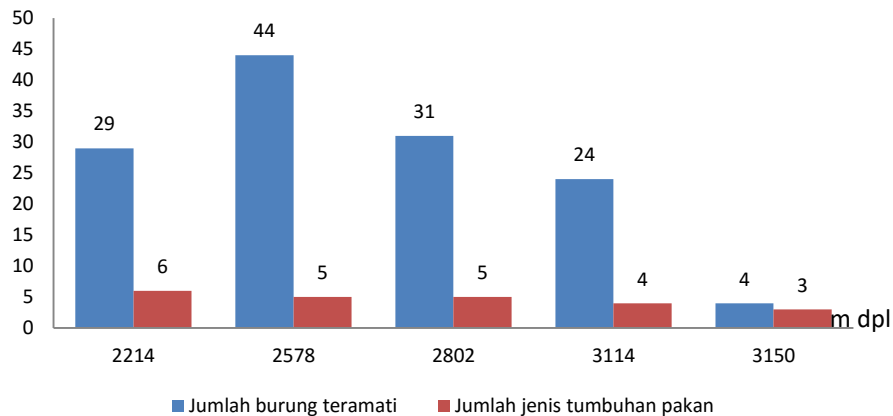
Pada penelitian ini sempat melihat seekor burung yang mengambil buah *Rubus lineatus* yang sudah masak kemudian terbang tanpa memakannya terlebih dahulu. Perilaku tersebut biasa dilakukan oleh burung spesies *Turdus* sp. dalam memberi makan anakan burung (*juvenile*). Seperti dalam pengamatan Hernandez (2005), *Turdus merula* mengambil buah *ivy* (*Hedera* sp.) untuk diberikan pada burung muda yang ada di sarang.

Selain itu, saat pengamatan dijumpai juga perilaku tidak lazim dari perilaku makan burung Jalak Gading. Terlihat Jalak Gading memakan sisa makanan pendaki baik berupa sisa nasi,

remahan roti dan juga mie instan. Besar kemungkinan perilaku ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang membuang sisa makanan ke sembarang tempat ketika mendaki Gunung Lawu.

Jalak gading merupakan omnivore yang mengkonsumsi invertebrata kecil dan juga buah-buahan kecil (Hutchins, 2003). Di gunung Lawu terdapat setidaknya 9 jenis buah-buahan yang dikonsumsi Jalak Gading yakni *Polygonum chinense*, *Rubus fraxinifolius*, *Rubus linaetus*, *Rubus niveus*, *Rubus chrysophyllus*, *Debregeesia longifolia*, *Vaccinium varingiaefolium*, *Photinia integrifolia*, dan *Myrsine avenis*. Bagian tumbuhan yang dimakan adalah buah masak (Ridwan, 2013).

Terdapat keterkaitan antara keberadaan tumbuhan pakan dengan pergerakan burung dalam suatu kawasan. Kimura (2005) melaporkan bahwa jumlah.



Gambar 15. Keanekaragaman spesies tumbuhan pakan dan jumlah Jalak Gading yang teramati di Gunung Lawu.

Spesies burung dan jumlah individu burung yang ditemui meningkat pada periode awal terjadinya pematangan buah. Dalam laporannya, Kimura (2005) mengatakan bahwa *T. poliocephalus* di Gunung Kinabalu bermigrasi ke hutan pegunungan yang lebih rendah pada bulan November karena terdapat buah yang melimpah di daerah tersebut dan kembali ke hutan subalpine pada bulan Desember. Dalam penelitian ini belum dapat dipastikan terjadinya hubungan tersebut, namun dari hasil pengamatan terlihat bahwa stasiun yang memiliki jumlah spesies tumbuhan pakan lebih banyak cenderung dapat dijumpai aktivitas burung yang lebih tinggi terutama pada zona subalpine (Gambar 15).

Pengamatan keanekaragaman spesies tumbuhan pakan pada lima titik pengamatan Jalak Gading telah dilakukan pada April 2013. Titik pengamatan 1 termasuk dalam zona Montana dan titik pengamatan 2 sampai 5 termasuk dalam zona subalpine. Pada titik pengamatan 1 (2.214 m dpl) merupakan titik pengamatan dengan keanekaragaman spesies tumbuhan pakan terbanyak, namun aktivitas Jalak Gading yang dapat dijumpai lebih sedikit daripada titik pengamatan 2. Pada titik pengamatan 2 (2.578 m dpl) yang memiliki 5 spesies tumbuhan pakan, dapat dijumpai 44 ekor Jalak Gading selama 6 jam pengamatan, sedangkan jumlah tersebut menurun pada elevasi 3.114 m dpl dan 3.150 m dpl yang berturut-turut memiliki 4 dan 3 spesies tumbuhan pakan. Angka tersebut menggambarkan bahwa pada zona subalpine, daerah yang memiliki keanekaragaman spesies tumbuhan pakan yang tinggi cenderung dapat dijumpai aktivitas Jalak Gading lebih banyak daripada daerah yang memiliki keanekaragaman tumbuhan pakan yang rendah.

Pada zona montana korelasi tersebut tidak berlaku dimungkinkan karena Jalak Gading di zona ini harus bersaing dengan keberadaan burung lain seperti Kutilang (*Pygnonotus aurigaster*) dan Bentet Kelabu (*Lanius schach*) yang juga terlihat pada saat pengamatan pada zona montana. Kedua spesies burung ini memiliki jenis pakan yang mirip dengan Jalak Gading. Adanya persaingan pada zona montana menyebabkan Jalak Gading lebih banyak menetap pada zona subalpine yang merupakan habitat umum Jalak Gading (Kimura, 2003) dan jarang bermigrasi ke zona montana meskipun keanekaragaman tumbuhan pakannya lebih tinggi.

## KESIMPULAN

Aktivitas burung Jalak Gading di Gunung Lawu paling banyak dijumpai di titik pengamatan 2 pada elevasi 2.578 m dpl, ditunjukkan dengan nilai kelimpahan relatif tertinggi berada pada titik pengamatan tersebut yakni sebesar 73,3 ekor/10 jam pengamatan. Keberadaan

burung Jalak Gading di Gunung Lawu erat kaitannya dengan sumber pakan dan keberadaan burung spesies pesaing. Burung Jalak Gading lebih menyukai beraktivitas di lingkungan yang memiliki sumber pakan yang melimpah, namun aktivitasnya akan berkurang jika di lingkungan tersebut terdapat banyak spesies pesaing.

#### PUSTAKA

- Bibby, C., Martin, J., Stuart, M. 2000. *Teknik-Teknik Ekspedisi Lapangan: Survei Burung* (Diterjemahkan oleh S.N. Kartikasari dan Jeni Shannaz). Birdlife International Indonesia Programme, Bogor.
- Budiharjo, A. 2003. Studi Biologi Burung Jalak Gading (*Turdus sp.*) di Gunung Lawu Jawa Timur. *Laporan Penelitian*. Jurusan Biologi FMIPA UNS, Surakarta.
- Budiharjo, A. 2005. Pola Reproduksi Burung Jalak Gading (*Turdus sp*) di Gunung Lawu Jawa Tengah. *Biodiversitas* 6 (4):272-275
- Hernández, A. 2005. Blackcaps (*Sylvia atricapilla*) and Blackbirds (*Turdus merula*) Feeding Their Nestlings and Fledglings on Fleshy Fruit. *Folia Zool* 54 (4): 379–388
- Hutchins, M., J. A. Jackson, W. J. Bock, and D. Olendorf. 2003. *Grzimek's Animal Life Encyclopedia*, 2nd edition. Vol.10, Birds III. MI Gale Group, Farmington Hills
- Kimura, K. 2003. A Tropical Montane Forest in Borneo as a Source of Fruit Supply for Frugivorous Birds. *Glob. Environ. Res.* 7 (1):113-122
- Natus, I. R. 2005. *Biodiversity and Endemic Centres of Indonesian Terrestrial Vertebrates*. Dissertation. Department of VI (Geography/EarthScience) University of Trier, Germany
- Natus, I. R. 2005. *Biodiversity and Endemic Centres of Indonesian Terrestrial Vertebrates*. Dissertation. Department of VI (Geography/EarthScience) University of Trier, Germany
- Peterson, A. T. 2007. Geographic Variation in Size and Coloration in the *Turdus poliocephalus* Complex: A First Review of Species Limits. *Scientific Papers Natural History Museum The University of Kansas* 40:1-17
- Ridwan, M. 2013. Studi Keragaman Tumbuhan Pakan Jalak Gading (*Turdus poliocephalus stresemanni* Bartels) di Gunung Lawu. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Setyawan, A.D. 2001. Review: Potensi Gunung Lawu sebagai Taman Nasional. *Biodiversitas* 2 (2): 163-168

## Isolasi dan Identifikasi Actinomycetes yang Berpotensi Sebagai Penghasil Antibiotik Antitumor

Dewi Peti Virgianti<sup>1</sup>, Agus Irianto<sup>2</sup>, Hendro Pramono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>STIKes Bakti Tunas Husada Tasikmalaya

<sup>2,3</sup>Program Studi Biologi Program Pasca Sarjana Universitas Jenderal Soedirman

Email : dewi\_peti@yahoo.com

Isolasi dan identifikasi Actinomycetes yang berpotensi sebagai penghasil antibiotik antitumor telah dilakukan. Dari tiga sampel tanah, diperoleh 19 isolat berdasarkan pengelompokan menurut kemiripan morfologi koloni untuk selanjutnya diujikan pada *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). Ekstrak kasar fraksi kloroform, etil-asetat dan air diperoleh dengan teknik ekstraksi bertingkat. Uji toksisitas awal melawan *Artemia salina* dilakukan pada konsentrasi 100µg/ml. Hasil terbaik diperoleh pada ekstrak etil-asetat. Ekstrak khloroform dan ekstrak air tidak menunjukkan aktivitas yang kuat melawan *Artemia salina*. Nilai LC<sub>50</sub> terbaik diperoleh oleh enam ekstrak etil asetat yaitu 50 µg/ml pada ekstrak isolat S1, 85 µg/ml pada A1, 120 µg/ml pada G1, 145 µg/ml pada A9, 155 µg/ml pada A4 dan 170 µg/ml pada S6. Keenam ekstrak yang telah diuji pada BSLT kemudian diuji lebih lanjut pada MTT assay menggunakan sel HeLa. Nilai IC<sub>50</sub> yang diperoleh dari ekstrak etil asetat enam isolat Actinomycetes adalah 325 µg/ml pada ekstrak isolat S1, 273 µg/ml pada A1, 375 µg/ml pada G1, 296 µg/ml pada A9, 328 µg/ml pada A4 dan 265 µg/ml pada S6. Nilai LC<sub>50</sub> terbaik diperoleh oleh isolat S6. Dengan menggunakan metode karakterisasi molekuler, urutan parsial 16S rRNA, isolat S6 diidentifikasi sebagai *Streptomyces chartreusis* strain 1156.

Kata kunci : Actinomycetes, BSLT, MTT Assay.

### PENDAHULUAN

Actinomycetes merupakan bakteri Gram positif dengan kandungan G+C yang tinggi. Actinomycetes tersebar luas di tanah dan memegang peranan penting dalam mencerna dan mendaur ulang senyawa-senyawa organik (Pesscot, 2002). Kelimpahan dan jenisnya bervariasi tergantung faktor-faktor ekologi seperti vegetasi, pH tanah, kandungan humus dan kandungan air (Dworkin, 2006).

Actinomycetes berperan penting secara komersial karena Actinomycetes terutama genus *Streptomyces* merupakan penghasil utama antibiotik dan metabolit sekunder lainnya yang bervariasi secara struktur kimia serta aktivitas biologinya. Banyak dari senyawa yang dihasilkannya telah diisolasi dan dikarakterisasi serta dikembangkan menjadi obat yang digunakan secara luas untuk mengobati penyakit pada manusia (Hopwood, 2007). Dari keseluruhan antibiotik yang telah dihasilkan oleh mikroorganisme, sekitar 70% dihasilkan oleh Actinomycetes, 20% oleh jamur dan 10% oleh bakteri (Miyadoh, 1993). Menurut data survai dari *Antibiotic Literature Database*, sekitar 60% dari 23.000 produk mikroba dihasilkan oleh Actinomycetes. Produk tersebut mempunyai aktivitas biologi yang beragam, di antaranya antijamur, antibakteri, antivirus, antitumor, sitotoksik dan *immunosuppressive* (Lazzarini, 2000).

Antibiotik antitumor merupakan senyawa kimia yang diproduksi oleh mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai agen kemoterapi, yaitu senyawa kimia yang mempengaruhi sel tumor tanpa merusak sel normal (Okafor, 2007). Senyawa antibiotik antitumor yang telah digunakan dalam pengobatan kanker saat ini merupakan metabolit sekunder dari Actinomycetes khususnya genus *Streptomyces*, diantaranya adalah actinomycin, adriamycin (doxorubicin), bleomycin, mitomycin, neocarzinostatin, beberapa antimetabolit dan turunannya (Okafor, 2007; Hopwood, 2007; Komiyama, 1992).

Saat ini penapisan Actinomycetes yang berpotensi sebagai penghasil antibiotik antitumor masih terus dilakukan untuk mencari senyawa berpotensi yang dapat menjadi *lead structure* dan dasar bagi pengembangan agen kemoterapi baru (Cragg and Newman, 2005). Strategi yang dilakukan untuk memperoleh isolat baru yang berpotensi adalah dengan cara memilih sampel dari habitat baru untuk diskriminasi.

Menyadari bahwa Indonesia sebagai negara tropis yang mempunyai biodiversitas tinggi serta mempunyai banyak habitat untuk dieksplorasi, isolasi dan identifikasi mikroba yang penting seperti Actinomycetes merupakan hal yang penting untuk memperoleh isolat baru yang berpotensi sebagai penghasil senyawa agen kemoterapi. Pada penelitian ini digunakan tiga sampel tanah dari habitat yang berbeda untuk penapisan isolat Actinomycetes yang berpotensi sebagai penghasil metabolit sekunder yang mempunyai aktivitas sebagai antikanker serviks.

## BAHAN DAN METODA

### Pengumpulan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari tiga tempat, yaitu tanah di Gunung Galunggung Tasikmalaya, tanah pekarangan yang tercampur abu vulkanik dan tanah dari lahan singkong Purbalingga. Pengumpulan sampel tanah dilakukan dengan metode *random sampling* dari tiga titik. Sampel tanah diambil dari kedalaman 0 – 10 cm sebanyak 100 g. Kemudian disaring menggunakan 2-mm *mesh sieve* dan dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari (Hayakawa *et al.*, 2010).

### Pembuatan Medium Kultur

*Soil Extract Agar* dibuat sebagai berikut, 1000g tanah (dipilih tanah andosol Lembang) dilarutkan dalam 2L 50mM NaOH dan diinkubasi semalam pada suhu ruangan. Larutan disaring dan disentrifugasi selama 60 menit pada 18000 rpm. Supernatannya disaring melalui saringan 0,2 µM. *Soil Extract Agar* mengandung 500 mL/ L ekstrak tanah dan 15g/ L agar. Kemudian ditambahkan 50 mg/ L Nistatin (Hamaki *et al.*, 2005).

### Pretreatment dan Inokulasi Sampel Tanah

*Pretreatment* yang dilakukan adalah metode *dry heat*. Sampel tanah yang sudah siap digunakan di panaskan pada oven dengan suhu 120°C selama 1 jam. Sebanyak 1 mL suspensi tanah dalam aquades steril (pengenceran 10<sup>-1</sup>), dimasukkan ke dalam 9 mL steril buffer fospat (5mmol/L; pH 7,0). Pengenceran 10<sup>-2</sup> dan selanjutnya dibuat dengan larutan aquades steril. Sebanyak 0,1 mL suspensi dengan pengenceran 10<sup>-4</sup> dimasukkan ke dalam medium *Soil Extract Agar* dengan menggunakan *spreader*, kemudian di inkubasi pada suhu 30° C selama 3 minggu (Hayakawa, 2008; Hayakawa *et al.*, 2004).

### Isolasi Koloni Actinomycetes

Isolat yang tumbuh pada media *Soil Extract Agar* di tanam pada media ISP2 dan di inkubasi pada suhu 30°C selama 5-7 hari.

### Pembuatan Ekstrak Kasar

Perbanyak miselium isolat Actinomycetes dilakukan dengan menginokulasikan koloni Actinomycetes pada 250 mL media YMB yang ditempatkan pada labu Erlenmeyer 500mL, diinkubasi pada *rotary shaker* pada 200 rpm, 30°C selama 3 hari. Sebanyak 25 ml hasil perbanyak miselium kemudian ditransfer ke dalam 250 mL media YMB baru yang ditempatkan pada labu Erlenmeyer 500mL, diinkubasi pada *rotary shaker* pada 200 rpm, 30°C selama 4 hari. Senyawa antibiotik diekstraksi dari kaldu fermentasi yang dihasilkan dengan memasukkan ke dalam tabung sentrifuge masing-masing sebanyak 50 mL. Ditambahkan 50 mL chloroform, kemudian di kocok selama 1 jam pada 250 rpm. Sentrifugasi selama 15 menit pada 3000 rpm hingga terpisah menjadi supernatan dan biomassa. Supernatan yang telah dipisahkan dari *broth* kemudian dipekatkan menggunakan *rotary evaporator*. Selanjutnya dilakukan hal yang sama dengan pelarut yang berbeda, yaitu etil asetat. *Broth* yang telah dipisahkan dari pelarut kemudian dipekatkan juga dengan menggunakan *rotary evaporator*. Endapan yang dihasilkan akan digunakan untuk pengujian aktifitas antitumor. Larutan stok dibuat dengan melarutkan ekstrak kasar dalam dimetil sulfoksida (DMSO) dengan konsentrasi 10.000 µg/mL.

### Uji Aktivitas Tahap Awal terhadap *Artemia salina*

Uji aktivitas tahap awal dilakukan dengan menggunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). Biota uji yang digunakan adalah larva *Artemia salina*. Kista *A. salina* ditetaskan di dalam air laut buatan (38 g garam dapur dalam 1 L air) dan ditempatkan di bawah lampu TL 40 watt. Setelah 48 jam kista menetas menjadi *nauplii instar III/IV* dan siap digunakan sebagai biota uji. Sepuluh larva *A. salina* dimasukkan ke dalam vial yang telah berisi ekstrak sampel dengan dosis 100 µg/ml dengan pengulangan 3 kali (Jumlah *A. salina* yang diuji tiap dosis berjumlah 30 ekor) dengan volume 10 mL. Konsentrasi ekstrak dibuat dengan mengencerkan larutan stok dengan larutan garam dan DMSO maksimal 1%. Sebagai kontrol, digunakan larutan garam dan 1% DMSO (konsentrasi DMSO tertinggi pada perlakuan). Semua vial diinkubasi pada suhu kamar selama 24 jam di bawah penerangan lampu TL 40 watt. Pengamatan dilakukan setelah 24 jam dengan menghitung jumlah larva *A. salina* yang mati pada tiap perlakuan. Berdasarkan data yang diperoleh pada uji BSLT pada konsentrasi 100 µg/ml, diambil 6 isolat terbaik yang mampu



membunuh larva *A. salina*. Kemudian, ekstrak kasar dari keenam isolat tersebut diuji lebih lanjut dengan variasi konsentrasi 6,25 µg/ml; 12,5 µg/ml; 25 µg/ml; 50 µg/ml dan 100 µg/ml. Data yang didapat dari uji BSLT berupa data kematian larva *A. salina* dihitung dengan rumus  $B-C/D \times 100\%$ , yaitu B adalah jumlah larva yang mati, C adalah jumlah larva yang mati pada kontrol (0 µg/mL ekstrak) dan D adalah jumlah larva yang diujikan. Penentuan nilai  $LC_{50}$  pada uji BSLT dilakukan dengan menggunakan analisis probit dengan MINITAB 16 dengan selang kepercayaan 95% (Fajarningsih *et al.*, 2008).

#### ***Uji Sitotoksik terhadap sel Tumor HeLa***

Ekstrak kasar dari keenam isolat Actinomycetes yang merupakan isolat terbaik pada uji BSLT selanjutnya dilakukan uji sitotoksitas dengan metoda MTT [3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide]. Sel tumor HeLa diperoleh dari Fakultas Kedokteran Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Sel tersebut dikultur dalam medium RPMI 1640, FBS 10%, fungison 0,5% dan penisilin-streptomisin 2%.

Ekstrak dibuat dengan seri dosis 62,5; 125; 250; 500 dan 1000 µg/mL dengan 3 kali ulangan. Larutan ekstrak dimasukkan ke dalam mikroplat 96 sumuran sebanyak 100 µL setara dengan  $1 \times 10^4$  sel/100 µL. Dalam pengujian ini digunakan 3 jenis kontrol yaitu kontrol sel yang terdiri atas 100 µL sel + 100 µL media, kontrol sampel yang terdiri dari 100 µL ekstrak + 100 µL media dan kontrol media yang terdiri dari 200 µL media kultur. Mikroplat diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dengan aliran CO<sub>2</sub>. Setelah 24 jam masa inkubasi, media dibuang, kemudian ditambahkan MTT (0,5mg/mL) sebanyak 100 µL pada tiap sumuran dan diinkubasi selama 4 jam, kemudian reaksi MTT dihentikan dengan cara menambahkan 100µL SDS 10%. Mikroplat diinkubasi kembali selama 12 jam pada suhu kamar. Setelah 12 jam, absorbansi tiap sumuran dibaca dengan spektrofotometer ELISA *microplate reader* pada panjang gelombang 570 nm.

Kematian sel HeLa dihitung berdasarkan besarnya viabilitas sel akibat pengaruh pemberian ekstrak. Semakin tinggi viabilitas sel, maka sel yang mati dianggap semakin sedikit. Data yang didapat berupa angka serapan dari ELISA *reader*. Penentuan persentase kematian sel dihitung berdasarkan rumus  $(A-B)/A \times 100\%$ , yaitu A adalah jumlah sel yang hidup (*viable*) pada sumuran tanpa perlakuan ekstrak (kontrol sel) dan B adalah jumlah sel hidup pada sumuran yang diberi ekstrak uji. Penentuan nilai *inhibition concentration* uji sitotoksitas dilakukan dengan menggunakan analisis probit dengan MINITAB 16 dengan selang kepercayaan 95% (Nursid *et al.*, 2006).

#### ***Identifikasi Secara Morfologi***

Identifikasi secara morfologi dilakukan dengan pengamatan makroskopis dan mikroskopis yang berpedoman pada “Bergey’s Manual of Determinative Bacteriology”. Isolat yang ditumbuhkan pada ISP2 diamati bentuk koloni, miselium dan sporanya. Pengamatan bentuk miselium dan spora dilakukan dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000x, dilakukan pula *slide culture* untuk melihat susunan sporanya serta dilakukan pewarnaan Gram (Holt *et al.*, 1994).

#### ***Karakterisasi dan identifikasi isolat Actinomycetes dengan nilai IC50 terbaik***

Isolat Actinomycetes dengan nilai  $IC_{50}$  terbaik dikarakterisasi secara fenotipik dan molekuler. Karakteristik fenotifik meliputi pengamatan morfologi sel dan koloni yang mengacu pada “Bergey’s Manual of Determinative Bacteriology” (Holt *et al.*, 1994). Karakteristik molekuler dilakukan berdasarkan sekuen 16S rDNA dengan primer 9F (5’-GAGTTTGATCCTGG CTCAG-3’) dan 1541R (5’-AAGGA GGTGATCCCAACC-3’).

#### ***Amplifikasi 16S rRNA***

DNA isolat Actinomycetes diisolasi menggunakan InstanGene™ matrix. Amplifikasi 16S rRNA menggunakan metode PCR dengan primer universal yaitu 9F dan 1541R. Reaksi PCR menggunakan *Thermalcycler* dengan program sebagai berikut : denaturasi 96°C selama 3 menit, perekatan 96°C selama 45 detik, pemanjangan 55°C selama 30 detik, diikuti oleh pemanjangan akhir 72 °C selama 7 menit. Hasil produk PCR dipurifikasi, dilanjutkan dengan cyclesequencing dengan *template* 1541R. Pencocokan sekuen hasil sekuensing dilakukan dengan menggunakan BLAST di gen Bank NCBI.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengelompokan berdasarkan kemiripan warna dan bentuk koloni, didapat sebanyak 19 isolat, yang terdiri atas 6 isolat berasal dari sampel tanah Gunung Galunggung Tasikmalaya, 7 isolat berasal dari sampel tanah lahan singkong Pubalingga dan 6 isolat berasal dari tanah pekarangan rumah yang tercampur abu vulkanik. Berdasarkan hasil pengamatan morfologi koloni, diketahui bahwa isolat Actinomycetes yang diperoleh umumnya memiliki ukuran sedang, bentuk koloni bervariasi, ada yang sirkuler, tidak teratur (*irreguler*) dan berpola. Warna koloni bervariasi, ada yang berwarna putih, krem, coklat, biru, hijau dan oranye. Permukaan koloni kasar kering dan seperti beludru serta ada yang halus. Pigmentasi ke media umumnya coklat, ada yang berwarna kuning, oranye serta ada pula yang tidak memberikan pigmen ke media. Koloni umumnya menghasilkan titik-titik air pada ujung-ujung hifa (tabel 1).

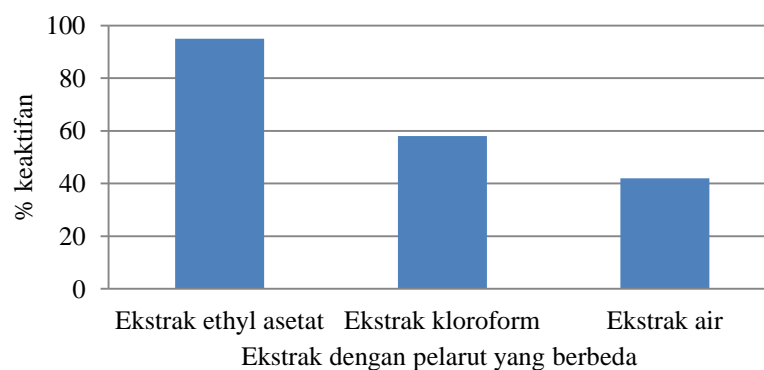
Ekstrak kasar fraksi khloroform, etil-asetat dan air diperoleh dengan teknik ekstraksi bertingkat. Menurut Colegate and Molyneux (2008), larutan kultur *broth* dapat diekstraksi secara bertingkat menggunakan pelarut dengan polaritas yang meningkat, serta kromatografi pemisahan metode sentrifugasi merupakan teknik yang tepat untuk digunakan pada ekstraksi senyawa dari larutan kultur *broth*, larutan kultur *broth* dapat berfungsi sebagai fase Bergeraknya dan pelarut dengan afinitas tinggi terhadap senyawa tertentu sebagai fase diamnya. Ekstrak yang didapat selanjutnya digunakan uji BSLT dan MTT Assay.

*Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) merupakan *general bioassay* yang dapat mendeteksi bioaktivitas dengan spektrum luas dari suatu ekstrak kasar. Teknik yang digunakan terbilang cepat (24 jam), sederhana (tidak membutuhkan teknik yang aseptik), mudah dilakukan, murah dan menggunakan sedikit bahan uji. Metode ini dilakukan untuk skrining awal suatu senyawa aktif, BSLT dapat memprediksi aktivitas sitotoksik dan pestisidal. Di samping itu, terdapat korelasi positif antara BSLT dengan sitotoksik terhadap 9 macam *cell line* tumor (Colegate and Molyneux, 2008).

Ekstrak dari setiap isolat Actinomycetes masing-masing dengan tiga pelarut kemudian diujikan terhadap larva *A. salina* pada uji BSLT. Larva *Artemia salina* yang digunakan adalah stadium instar II/III. Larva stadium instar II/III lebih baik digunakan pada test dibandingkan dengan larva stadium instar I karena bersifat lebih sensitif. Pada larva yang baru menetas, epitelium dari saluran pencernaannya belum bisa berinteraksi dengan medium eksternal karena perkembangannya belum sempurna. Castritsi-Cathrios *et al.* (1984) mengamati dengan menggunakan mikroskop elektron bahwa pada larva stadium instar II/III lapisan epitel usus dapat terpengaruh oleh *dispersant*, yaitu terjadinya *deterioration* pada mikropili (Togulga, 1997).

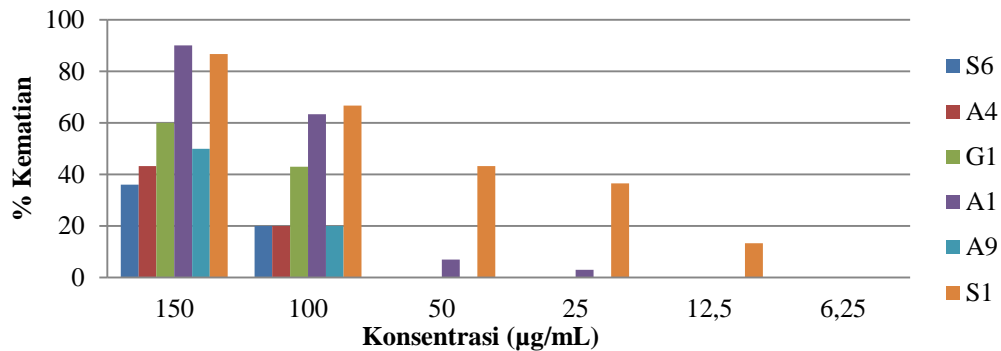
Konsentrasi ekstrak yang diujikan pada BSLT terdiri dari dua tahap. Pengujian pertama yaitu dengan menggunakan konsentrasi yang sama untuk semua ekstrak, yaitu konsentrasi 100 µg/ml. Selanjutnya dipilih 6 ekstrak terbaik untuk diujikan lebih lanjut dengan menggunakan 5 konsentrasi yang berbeda untuk mendapatkan nilai LC<sub>50</sub>.

Persentase kematian yang diperoleh pada uji BSLT pada konsentrasi 100 µg/ml bervariasi dari 0% sampai 67% pada masing-masing ekstrak (tabel 2). Hasil terbaik diperoleh pada ekstrak etil-asetat. Ekstrak khloroform dan ekstrak air tidak menunjukkan aktivitas yang kuat melawan *Artemia salina*. Pada ekstrak etil-asetat, yang aktif melawan larva *Artemia salina* adalah sebanyak 98%, pada ekstrak khloroform adalah 58% dan pada ekstrak air adalah 42% (grafik 1).



Grafik 1. Persentase keaktifan ekstrak pada uji BSLT

Ekstrak etil-asetat dari 6 isolat Actinomycetes menunjukkan potensi yang besar melawan *Artemia salina*, yaitu mempunyai % kematian di atas 20%. Isolat yang menunjukkan toksisitas yang tinggi pada 100 µg/ml adalah isolat S1 (67%), A1 (63%), G1 (43%), A4 (20%), A9 (20%) dan S6 (20%) (Grafik 2). Ekstrak etil-asetat dari masing-masing isolat tersebut kemudian diujikan lebih lanjut menggunakan 5 konsentrasi yang berbeda untuk mendapatkan nilai LC<sub>50</sub>, yaitu pada konsentrasi 100 µg/ml, 50 µg/ml, 25 µg/ml, 12,5 µg/ml dan 6,5 µg/ml, nilai yang diperoleh di olah menggunakan analisis probit dengan MINITAB 16.

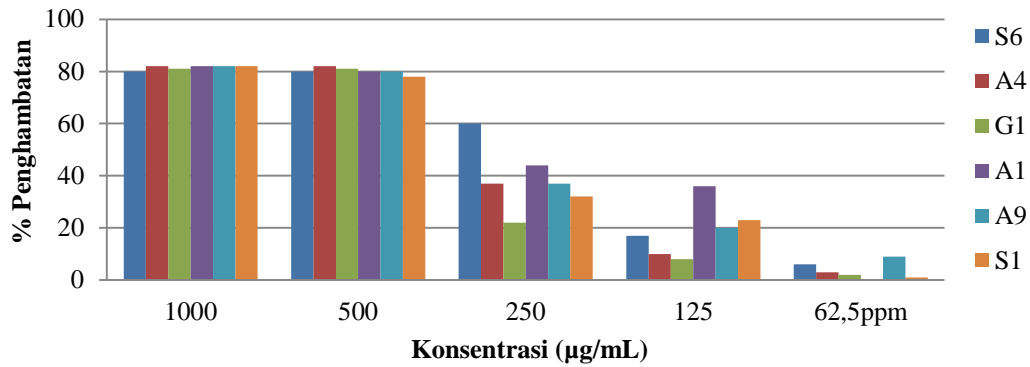


Grafik 2. Persen kematian *Artemia salina* dengan perlakuan ekstrak ethyl asetat dari 6 isolat Actinomycetes pada konsentrasi yang berbeda

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan jumlah kematian larva *Artemia salina* semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak yang diujikan, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak semakin tinggi pula zat toksik yang terlarut. Nilai LC<sub>50</sub> yang diperoleh adalah 50 µg/ml pada ekstrak ethyl asetat isolat S1, 85 µg/ml pada ekstrak A1, 120 µg/ml pada ekstrak G1, 145 µg/ml pada ekstrak A9, 155 µg/ml pada ekstrak A4, dan 170 µg/ml pada ekstrak S6. Menurut Meyer (1982), bila ekstrak kasar mempunyai nilai LC<sub>50</sub> < 1000 µg/ml pada uji BSLT, maka hal itu menunjukkan bahwa ekstrak tersebut mengandung senyawa yang aktif secara fisiologi. Uji BSLT dapat mengidentifikasi aktifitas antikanker tetapi terbatas dalam kapasitasnya memprediksi antara potensi antikanker yang kuat, sedang atau lemah. Oleh karena itu, uji BSLT hanya representatif untuk skrining awal sitotoksin yang potensial saja, untuk penentuan aktifitas antikanker diperlukan uji lebih lanjut, yaitu menggunakan *cell line* kanker (Colegate and Molyneux, 2008).

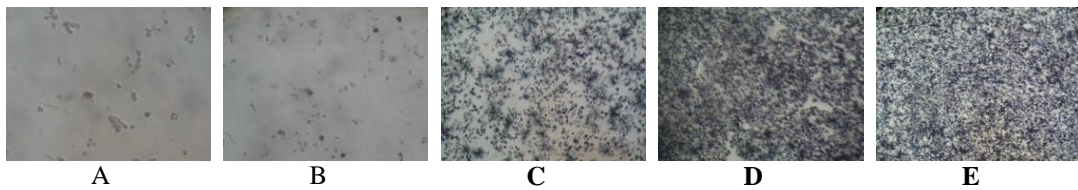
Keenam ekstrak yang telah diuji pada BSLT kemudian diuji lebih lanjut pada MTT assay menggunakan sel HeLa. MTT assay merupakan bagian dari pengujian pertumbuhan sel dan sitotoksik assay yang mengukur *metabolic impairment* (Rahman, A. *et al.*, 2001). Prinsip dari metode MTT adalah terjadinya reduksi garam kuning tetrazolium MTT (3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolium bromid) oleh sistem reduktase. Suksinat tetrazolium yang termasuk dalam rantai respirasi dalam mitokondria sel-sel yang hidup membentuk kristal formazan berwarna ungu dan tidak larut air. Penambahan *reagen stopper* (bersifat deterjenik) akan melarutkan kristal berwarna ini yang kemudian diukur absorbansinya menggunakan ELISA *reader*. Intensitas warna ungu yang terbentuk proporsional dengan jumlah sel hidup. Sehingga jika intensitas warna ungu semakin besar, maka berarti jumlah sel hidup semakin banyak (CCRC, 2009).

Hasil pengujian ekstrak kasar dari masing-masing isolat pada uji sitotoksik dengan metode MTT assay menggunakan sel HeLa, secara umum menunjukkan persen penghambatan yang semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak yang diujikan (Grafik 3). Data yang diperoleh dari hasil serapan ELISA *reader* dianalisis dengan analisis probit menggunakan MINITAB 16 untuk mengetahui IC<sub>50</sub>. Nilai IC<sub>50</sub> ekstrak etil asetat dari enam isolat Actinomycetes adalah 325 µg/ml pada isolat S1, 273 µg/ml pada ekstrak A1, 375 µg/ml pada ekstrak G1, 296 µg/ml pada ekstrak A9, 328 µg/ml pada ekstrak A4 dan , 265 µg/ml pada ekstrak S6.



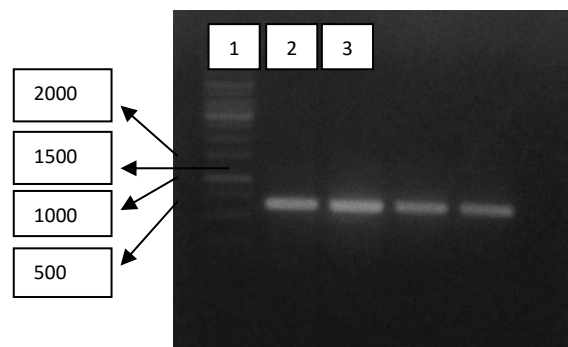
Grafik 3. Persen penghambatan ekstrak etil-asetat dari 6 isolat Actinomycetes terhadap sel HeLa

Keaktifan ekstrak etil-asetat yang dihasilkan oleh Actinomycetes isolat S6 pada uji BSLT menempati urutan ke-6 berdasarkan nilai  $LC_{50}$  nya bila dibandingkan dengan ekstrak kasar isolat S1, G1, A9, A1 dan A4. Tetapi pada uji MTT assay menempati urutan pertama, yaitu mempunyai nilai  $IC_{50}$  terendah yaitu pada konsentrasi 265 µg/ml. Menurut Carballo *et al.* (2002), bahwa terdapat hubungan yang lemah antara uji BSLT dan uji sitotoksik pada konsentrasi  $\leq 100$  µg/mL, tetapi sebagian besar spesies yang menunjukkan toksisitas pada BSLT pada konsentrasi 1000 µg/mL mempunyai nilai yang konsisten pula dengan hasil sitotoksiknya secara *in vitro*, maka disarankan untuk menggunakan kedua bioassay tersebut secara simultan. Morfologi pembentukan kristal biru formazan oleh sel HeLa dengan pemberian ekstrak ethyl asetat dari Actinomycetes isolat S6 dengan penurunan konsentrasi ekstrak disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Pembentukan kristal formazan sel HeLa dengan perlakuan ekstrak etil-asetat isolat S1 dengan konsentrasi 1000 µg/mL (A), konsentrasi 500 µg/mL (B), konsentrasi 250

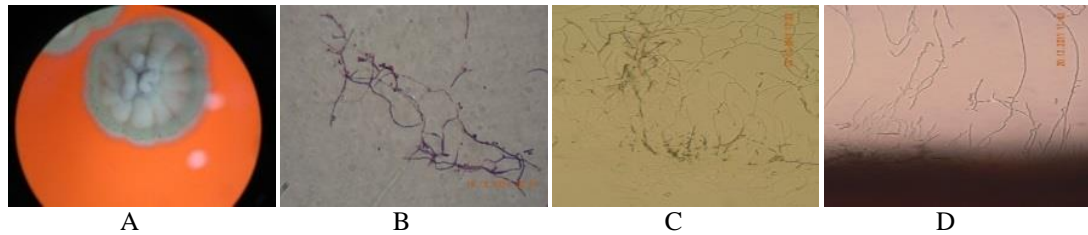
Hasil isolasi DNA total isolat S6 menggunakan InstaGene™ Matrix dilanjutkan pada tahap amplifikasi gen 16S rRNA menggunakan primer 9F dan 1541R. Visualisasi hasil amplifikasi dilakukan dengan elektroforesis gel agarosa dengan konsentrasi 1% dan diamati menggunakan *UV transilluminator*.



Gambar 2. Hasil Amplifikasi Gen 16S rRNA

Keterangan :

1. GeneRuler™ 1 Kb DNA Ladder
2. Amplikon gen 16S rRNA Isolat S6
3. Amplikon gen 16S rRNA Isolat S6 (pengulangan)



Gambar 3. Morfologi koloni Actinomycetes isolat S6 berukuran 2-5 mm, warna miselium udara putih dan hijau, warna miselium substrat kuning, pigmentasi ke substrat oranye, bentuk sirkular konsentris dengan pinggiran undulate berpola, permukaan seperti beludru dan berserbuk, elevasi *pulvinate* (A), Hasil pewarnaan Gram yang menunjukkan hasil Gram + (B), Hasil pengamatan mikroskopik menunjukkan terdapat hifa substrat dan hifa udara. Hifa vegetatif mempunyai percabangan dan berfragmen. Miselium substrat mempunyai spora dengan rantai pendek. Miselium udara mempunyai spora dengan rantai panjang (C), Spora tersusun dalam rantai

Hasil pensejajaran menggunakan program BLAST-N menunjukkan bahwa urutan basa fragmen DNA hasil PCR dari isolat S6 memiliki 99% keidentikan dengan gen parsial 16S rRNA bakteri *Streptomyces chartreusis* strain 1156 (kode akses HQ607428.1). Hasil ini didukung analisis karakter morfologi secara makroskopik dan mikroskopik sesuai dengan "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology" yang menunjukkan bahwa isolat S6 termasuk ke dalam *group 25. Streptomyces and related genera*, yaitu genus *Streptomyces* (gambar 3).

*Streptomyces chartreusis* pertama kali diisolasi oleh Leach *et al.* pada tahun 1953 dari tanah Africa, menurut hasil identifikasi pada kultur koloninya, dideskripsikan bahwa kultur bersifat saprofit mesofilik dengan karakteristik spora berserbuk berwarna hijau keabuan sampai biru kehijauan pada media yang bervariasi. Hifanya berspora membentuk spiral terbuka pada beberapa media, terdapat pula miselium udara berwarna putih yang berdiameter sekitar satu mikron. Selain itu, pada penelitian tersebut diperoleh antibiotik baru yang dihasilkan *S. chartreusis* yang diberi nama charteusin. Charteusin merupakan poliketida aromatik yang aktif melawan bakteri Gram positif dan Mycobacteria, serta *Micrococcus pyogenes v. aureus* phage (Leach *et al.*, 1953), serta bersifat mempunyai efek antitumor yang signifikan melawan murine L1210, p388 leukemias, dan B16 melanoma (McGovern *et al.*, 1977).

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dari 3 sampel tanah dapat diisolasi sebanyak 19 isolat. Isolat terbaik yang berpotensi sebagai penghasil metabolit sekunder yang mempunyai aktivitas sebagai anti kanker serviks adalah isolat S6. Ekstrak kasar fraksi etil asetat dari isolat S6 mempunyai  $Lc_{50}$  pada uji BSLT sebesar 170  $\mu\text{g/ml}$  dan  $IC_{50}$  pada uji MTT *Assay* terhadap sel HeLa sebesar 265  $\mu\text{g/ml}$ . Berdasarkan karakteristik secara morfologi dan karakteristik molekuler urutan parsial 16S rRNA dengan primer 9F dan 1541R isolat diidentifikasi sebagai *Streptomyces chartreusis* strain 1156.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terimakasih kepada program Beasiswa Unggulan KEMENDIKNAS yang telah memberikan bantuan dana pendidikan dan riset sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

### DAFTAR PUSTAKA

- Carballo, J. L., H. L. Zaira, P. Perez and M. D. G. Gravalos. 2002. A comparison Between Two Brine Shrimps Assay to Detect in Vitro Cytotoxicity in Marine Natural Product. *Biomed Central Biotechnology*. 2: 17
- CCRC (Cancer Chemoprevention Research Center). 2009. *Prosedur Tetap*. Uji Sitotoksik Metode MTT. Fakultas Farmasi UGM. Yogyakarta.
- Colegate, S. M and R. J. Molyneux. 2008. *Bioactive Natural Products (Detection, Isolation and Structural Determination)*. Second Edition. CRC Press. Florida.
- Cragg, G. M., D. G. I. Kingston and D. J. Newman. 2005. *Agents from Natural Product*. Capter 26. Development and Future Trends in Anticancer Natural Products Drug Discovery. David J. Newman and G. M. Cragg. CRC Press. Florida.
- Dworkin, M., S. Falkow, E. Rosenberg, K. Schleifer and E. Stackebrandt. 2006. *The Prokaryot*. Thrid edition. Volume 3: Archaea. Bacteria: Firmicutes, Actinomycetes. Springer. New York.

- Fajarningsih, N. D., M. Nursid, T. Wikanta dan E. Marraskuranto. 2008. Bioaktivitas Ekstrak *Turbinaria deccurens* sebagai Antitumor (HeLa dan T47D) serta Efeknya terhadap Proliferasi Limfosit. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 3 (1): 21-27.
- Hamaki, T., M. Suzuki, R. Fudou, Y. Jojima, T. Kajiura, A. Tabuchi, K. Sen and H. Shibai. 2005. Isolation of Novel Bacteria and Actinomycetes using Soil Extract Agar Medium. *Journal of Bioscience and Biotechnology*. 99(5): 485-492.
- Hayakawa, M. 2008. Studies on Isolation and Distribution of Rare Actinomycetes in Soil. *Actinomycetologica*. 22(1): 12-19.
- Hayakawa, M., H. Yamamura, Y. Sakuraki, Y. Ishida, M. Hamada, M. Otaguro and T. Tamura. 2010. Diversity Analysis of Actinomycetes Assemblages Isolated from Soils in Cool-temperature and Subtropical Area of Japan. *Actinomycetologica*. 24(1): 1-11.
- Hayakawa, M., Y. Yoshida and Y. Iimura. 2004. Selective of Bioactive Soil Actinomycetes belonging to the *Streptomyces violaceusniger* phenotypic cluster. *Journal of Applied Microbiology*. 96(1): 973-981.
- Holt, J. G., N. R. Krieg, P. S. A. Sneath, J. T. Staley and S. T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Edition. Lippincott Williams and Wilkins. Baltimore.
- Hopwood, D. A. 2007. *Streptomyces in Nature and Medicine. The Antibiotic Maker*. Oxford University Press. New York.
- Komiyama, K. 1992. Antitumor Antibiotics and Their Producing Microorganisms. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 8: 77-78.
- Lazzarini, A., L. Cavaletti, G. Toppo and F. Marinelli. 2000. Rare Genera of Actinomycetes as Potential Producers of New Antibiotics. *Antonie van Leeuwenhoek*. 78: 399-405.
- Leach, B. E., K. M. Calhoun, L. E. Johnson, C. M. Teeters and W. G. Jackson. 1953. Chartreusin, A New Antibiotic Produced by *Streptomyces chartreusis*, A New Species. *J. Am. Chem. Soc.* 75: 4011-4012
- McGovren, J. P., G. L. Neil, S. L. Crampton, M. I. Robinson and J. D. Douros. 1977. Antitumor Activity and Preliminary Drug Disposition Studies on Chartreusin (NSC 5159). *Cancer Res.* 37: 1666-1672.
- Miyadoh, S. 1993. Research on Antibiotic Screening in Japan Over The Last Decade : A Producing Microorganism Approach. *Actinomycetologica*. 7: 100-106.
- Nursid, M., W. Thamrin , D. F. Nurrahmi dan M. Endar. (2006). Aktivitas Sitotoksik, Induksi Apoptosis dan Ekspresi Gen p53 Fraksi Metanol Spons *Petrosia cf. nigricans* terhadap Sel Tumor HeLa. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 1(2): 103-110.
- Okafor, N. 2007. *Modern Industrial Microbiology and Biotechnology*. Sciences Publisher. New Hampshire.
- Prescott, L. M. 2002. *Microbiology*. Fifth Edition. The McGraw-Hill Company. New York.
- Rahman, A., M. I. Chowdhary and W. J. Thomsen. 2001. *Bioassay Techniques for Drug Development*. Harwood Academic Publisher. Amsterdam.
- Togulga, M. 1998. The Short-Term Toxicity of Two Toxicant to *Artemia Nauplii*. *Tr. J. Of Zoology*. 22: 259-286.
- Uramoto, M., T. Kusano, T. Nishio, K. Isono, K. Shishido and T. Ando. 1983. Specific Binding of Chartreusin, an Antitumor Antibiotic, to DNA. *Febs Letter*. 153(2): 326-329.

**LAMPIRAN**

Tabel 1. Karakteristik isolat Actinomycetes

Isolat	Karakteristik koloni pada medium ISP 2				GRAM	Karakteristik mikroskopik
	Ukuran (mm)	MA	MS	PD		
<b>Tanah Gn.Galunggung</b>						
G1	3-5	Hijau	Abu	Coklat	GRAM +	Retinaculiaperti
G2	3-8	Putih	Coklat	Coklat	GRAM +	Rantai spora panjang
G5	3-5	Coklat	Coklat	Coklat	GRAM +	Retinaculiaperti
G12	4-8	Coklat	Coklat	Coklat	GRAM +	Retinaculiaperti
G13	4-8	Coklat	Coklat	Coklat	GRAM +	Retinaculiaperti
GA	4-8	Putih	Coklat	Coklat	GRAM +	Retinaculiaperti
<b>Tanah lahan singkong</b>						
S1	2-5	Putih	Kuning	-	GRAM +	Rantai spora panjang
S2	3-5	Krem	Kuning	Kuning kecoklatan	GRAM +	Fragmentasi MA
S5	3-5	Putih	Kuning	Kuning kecoklatan	GRAM +	Retinaculiaperti
S6	2-5	Hijau	Kuning	Oranye	GRAM +	Spiral
S7	1-3	Putih	Kuning	-	GRAM +	Retinaculiaperti
S8	2-4	Putih	Kuning	Oranye	GRAM +	Spiral
S10	3-6	Putih Abu	Kuning	-	GRAM +	Retinaculiaperti
<b>Tanah pekarangan rumah</b>						
A1	3-5	Putih Abu	Kuning	Coklat	GRAM +	Rantai lurus
A2	2-4	Biru	Kuning	Kuning kecoklatan	GRAM +	Retinaculiaperti
A4	1-3	Oranye	Kuning	Oranye	GRAM +	Fragmentasi MA
A8	2-5	Biru	Kuning	Coklat	GRAM +	Retinaculiaperti
A9	2-5	Putih Abu	Kuning	Coklat	GRAM +	Rantai spora panjang
ABH	1-3	Biru	Hitam	Kuning kecoklatan	GRAM +	Retinaculiaperti

MA miselium aerial; MS Miselium Substrat; PD Pigmen Diffusibel

Tabel 2. Persentasi kematian larva pada konsentrasi 100 µg/ml dalam waktu 24 jam pada uji BSLT

Kode Isolat	Persentasi Kematian (%)		
	Ekstrak khloroform	Ekstrak etilasetat	Ekstrak air
<b>Tanah Gn.Galunggung Tasikmalaya</b>			
G1	0	43	0
G2	0	7	0
G5	3	7	3
G12	7	17	3
G13	0	3	3
G14	7	13	7
<b>Tanah lahan singkong Purbalingga</b>			
S1	7	67	0
S2	3	3	0
S5	0	0	0
S6	7	20	0
S7	0	3	0
S8	0	3	0
S10	17	17	0
<b>Tanah pekarangan yang tercampur abu vulkanik</b>			
A1	13	63	7
A2	7	17	3
A4	3	20	0
A8	0	7	7
A9	0	20	10
A10	3	13	0

Tabel 3. Nilai LC<sub>50</sub> Uji *Brine Shrimp Lethality Test* dari 6 isolat Actinomycetes

Kode isolat	Nilai LC <sub>50</sub>
S1	50 µg/ml
A1	85 µg/ml
G1	120 µg/ml
A9	145 µg/ml
A4	155 µg/ml
S6	170 µg/ml

Tabel 4. Nilai IC<sub>50</sub> Uji MTT *assay* dari 6 isolat Actinomycetes

Kode isolat	Nilai IC <sub>50</sub>
S1	325 µg/ml
A1	273 µg/ml
G1	375 µg/ml
A9	296 µg/ml
A4	328 µg/ml
S6	265 µg/ml

**PROSIDING**

Seminar Nasional Biologi XXII Perhimpunan Biologi Indonesia

## FISIOLOGI DAN REPRODUKSI





## Production of Methylripariochromene-A Bioactive Compound at *Eupatorium Riparium* Reg. by In Vitro Tissue Culture Technique

Linus Yhani Chrystomo<sup>1</sup>, Aditya Krishar Karim<sup>1</sup>, Issirep Sumardi<sup>2</sup>, L. Hartanto Nugroho<sup>2</sup>, Subagus Wahyuono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Cenderawasih, Papua

<sup>2</sup>Faculty of Biology, University of Gadjah Mada Yogyakarta

<sup>3</sup>Faculty of Pharmacy, University of Gadjah Mada Yogyakarta

Email : chrissyanka@yahoo.com

*Eupatorium riparium* Reg. have been reported that contain of methylripariochromene-A (MRC-A) and this compounds can be used to treat hypertension, anticancer, diuretic, decrease of sistolic/diastolic, and also were used in inhibiting colony of fungus and weeds. MRC-A can be produced by callus tissue culture with short and continuous production cycles. In general, high levels auxin (2,4-D) has been reported that to be suitable for triggering callus induction in tissue culture. This research aimed is to determine suitable combination of plant growth regulator (PGR) namely cytokinin (kinetin) and auxin (2,4D) and also to know concentration level of MRC-A production at *E. riparium* callus culture. The Method of this research was tissue culture with combination of cytokinin and auxin were 1ppm kinetin and 2 ppm 2,4-D; 1 ppm kinetin and 3 ppm 2,4-D; 1 ppm kinetin and 4 ppm 2,4-D and combination of 1 ppm kinetin and 5 ppm 2,4-D, and medium for callus induction using Murrashige-Skoog (MS). MRC-A concentration analysed using TLC-Densitometry. The result of study, based on statistic analysis showed that callus dried weight of *E. riparium* treatment with combination of cytokinin and auxin were for 1 ppm kinetin and 2 ppm 2,4-D (0.092 g); 1 ppm kinetin and 4 ppm 2,4-D (0.069 g); 1 ppm kinetin and 5 ppm 2,4-D (0.039 g) and 1 ppm kinetin and 3 ppm 2,4-D (0.037 g) and its significantly different between treatment. Methylripariochromene-A concentration of callus *E. riparium* was higher than MRC-A from leaves of *E. riparium*. The highest concentration of MRC-A base on analysed by TLC-Densitometry founded on callus 1 ppm kinetin and 2 ppm 2,4-D (0.98%), others 1 ppm kinetin and 4 ppm 2,4-D (0.77%); 1 ppm kinetin and 5 ppm 2,4-D (0.45%); 1 ppm kinetin and 3 ppm 2,4-D (0.44%) and leaf of *E. riparium* (0.42%), respectively. The best combination of PGR in callus culture to produced MRC-A was 1 ppm kinetin and 2 ppm 2,4-D. This research suggested that MRC-A bioactive compound can be produced by *in vitro* tissue culture was added trigger using elicitors and precursors.

Keywords : Methylripariochromene-A, *Eupatorium riparium* Reg., cytokinin (kinetin), auxin (2,4-D), TLC-Densitometry

### INTRODUCTION

Indonesia has been known for plant biodiversity on the world, overgrown by plant is often used as a medicinal plant and an ornamental plant. Traditional medicine used in the maintenance of health, as well as for prevention, diagnosis, improvement or treatment of physical and mental illnesses.

*Eupatorium riparium* Reg, commonly known as Tekelan in Indonesian belongs to Asteraceae is one of the primary health care plants that is efficacious empirical. This plant have been reported that containing methylripariochromene-A (MRC-A) (Fakhrudin, 2006; Chrystomo *et al.*, 2011).

MRC-A compounds is secondary metabolite belonging to chromone groups which have building block (C<sub>6</sub>C<sub>3</sub>) derivated from L-phenylalanine (Dewick, 2000). Building block structure of MRC-A represented in figure 1.

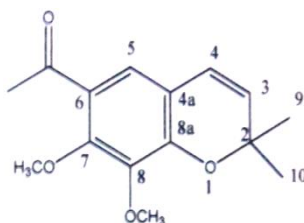


Figure 1. Structure of Methylripariochromene-A (Shibuya *et al.*, 1999)

Bandara *et al.* (1992) reported that MRC-A has been isolated from *E. riparium* that have antifungal activities toward pathogenic fungal namely *Colletotrichum gloeosporioides* in plant tropical region. The LC<sub>50</sub> values of the Brine shrimp lethality test from MRC-A is 5.86 µg/ml towards larva *Artemia salina* Leach.

*E. riparium* have been allelopathy effect towards population of weeds *Galinsoga ciliata* Raf. and *Galinsoga parviflora* Cav. The test of water extract of *E. riparium* can inhibited the germination of seeds and its inhibited the growth of radicle and plumulae *Galinsoga ciliate* Raf. and *Galinsoga parviflora* Cav. Another study showed that water extract of *E. riparium* can decreased of colonial growth and excessiveness of *Aspergillus flavus* (Kunwar, 2003; Rai & Tripathi (2005). Fakhruddin (2006) revealed that MRC-A have cytotoxic activity against HeLa cell line (derivated cervical cancer cell) *in vitro* with LC<sub>50</sub> values of 58.32 µg/ml. Similarity, study reported by Chrystomo *et al.* (2013) that wasbenzene extract of *E. riparium* leaves also had antiproliferative activity against HeLa cell lines.

Chrystomo *et al.* (2012a) reported that benzene extract of *E. riparium* leaves possessed remarkable antiproliferative activities against 293A and HCT116 cell line with IC<sub>50</sub> values of 79.27 µg/ml (2h) and 260.99 µg/ml (2h). Chrystomo *et al.* (2012b) revealed that benzene extract of *E. riparium* leaves also have antiproliferative activities against C2C12 and MKN45 cell line with IC<sub>50</sub> of 100.74 µg/ml (2h) and 135.06 µg/ml (2h), respectively.

Thin Layer Chromatography (TLC) analyses is a simple technique, easily and can be used for identification of natural compound, meanwhile TLC-densitometry can be used for analysing quantitative calculation (Kealey & Haines 2002; Rohman, 2007). Gheorge *et al.* (2008) can identified organic compound in illegal medicinal such as caffeine, codeine and phenobarbital. Cetkovic *et al.* (2003) used TLC for analyzing and exploring in methanol extract, petroleum ether, chloroform, ethyl acetate, n-buthanol and water of *Calendula officinalis* L. Laughlin & Masters (2004) described that TLC technique can be used for analyzing *spinach* extract, According to Sajewicz *et al.* (2005), TLC is a very effective technique of separation for the compounds of which can not be longer saved in medium containing water

Chrystomo *et al.* (2011) showed that the result of TLC-Densitometry analysis on washbenzene extract of *E. riparium* organ revealed that the MRC-A only found on the leaf and the highest of MRC-A concentration be got from Mt. Menoreh in Samigaluh, Tawangmangu Karanganyar and Mt. Merapi in Kaliurang, respectively.

Although *E. riparium* has potential as natural medicinal however until to now it has not been known yet on how to cultivated this plant in lowland because this plant usually growth on area at the height of 800 meter above the sea level. One of the alternatives obtained natural material source modern by technique of tissue culture or *in vitro* cultivation.

The advantage of the *in vitro* tissue culture technique are the environmental condition can be controlled so it does not depend on the climate and natural condition, the culture is free from the contamination of microbial and insect, the cells can be easily multiplied to produce specific metabolite, secondary metabolite of which is easily produced to purified. *In vitro* technology of plants can be used for multiplying the plants and produce the secondary metabolite compound by very short and continuous cycle (Sumaryono & Riyadi, 2005).

Generally to induction proliferation of callus used plant growth regulator (PGR) substance auxin, usually using 2,4-Dichlorophenoxyacetic (2,4-D), for example pigment secondary metabolite be produced through by callus culture (Bowell, 1987). Duangporn & Siripong (2009) reported that effect of auxin and cytokinin on phyllanthusol-A production by callus culture of *Phyllanthus acidus* Skeels. Cytokinin and auxin can be used to produce cytotoxic and antimicrobial compounds on *Piper aduncum* callus culture (Pereira *et al.*, 2007) and also antiplasmodial compound on *Phyllanthus niruri* L. callus culture (Cimanga *et al.*, 2004).

Some types of approach to increase the productivity of plants cell culture in order the condition of culture can be optimal, e.g. by manipulating: medium, nutrition, temperature, pH, lights, oxygen, excessive high cellular solidity and the excessive absorption of production (Anonym, 1994).

*In vitro* technique of callus culture needs the selection of medium or composition of appropriate medium contents and the regulation of PGR combination of which should be appropriate to the induction and production of callus. To our knowledge, there has not data about producing MRC-A from *E. riparium* using *in vitro* tissue culture technique.

The aim of this research determine appropriate concentration combination cytokinin (kinetin) and auxin (2,4-D) to *in vitro* callus culture *E. riparium* and determined the MRC-A level in callus *E. riparium*.

## METHOD AND MATERIALS

The method used for producing bioactive compound of MRC-A. using technique of *in vitro* tissue culture from the organ of *E. riparium* leaves to produced callus and method used for the determinate of MRC concentration in callus *E. riparium* using TLC-Densitometry.

The callus culture used leaf explants of *E. riparium*. Medium for leaf explants used MS (Murashige and Skoog) medium. The chemical reagents used for *in vitro* tissue culture technique are plant growth regulator substance kinetin (KN) and 2,4-D.

### *The in vitro callus culture from Eupatorium riparium leaf explants*

The purpose of *in vitro* callus culture from explants of *E. riparium* leaves in MS medium with combination variation of KN and 2,4-D are can produce optimal callus production in its growth. The variation of combination of PGR used for treatment were KN and 2,4-D consisted of 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D; and 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D. Optimal growth callus from *E. riparium* then subculture in MS medium and than can used as the materials for determine the level of MRC-A.

### *Standard curve MRC-A (methylripariochromene-A)*

The creating of standard curve MRC-A used for the regression linear analysis which then was used for determinated the level of MRC-A in callus as result from *in vitro* technique. Different concentration were prepared with serial dilution in chloroform (0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 4.5 µg/ml). The serial concentration of MRC-A are spotted onto the sorbent surface of a TLC plate along a line close to parallel with one edge as stationer phase and this development process by using washbenzene:ethyl acetate (5:1) (v/v) as mobile phase. After treatment, TLC profile were analyzed by using Camag TLC Scanner-3 result chromatogram of standard curve (Figure 3) and regression linear function (Figure 4).

### *The determining of methylripario-chromene-A level in callus extract E. riparium*

Washbenzene extract callus *E. riparium* as result of treatment in variation of combination of PGR and extract of washbenzene *E. riparium* leaves of which has been evaporated, respectively dissolved in chloroform by similar concentration and was analyzed by TLC using pure MRC-A as standard and its viewing the plate under UV lamp set an emission wavelength of 254 nm and 365 nm (UV<sub>254</sub>, UV<sub>365</sub>), for ensuring the compound has been spraying with cerium (IV) sulphate. After treatment, TLC plate was heated on oven at 105°C for 5 minutes. Determining concentration of MRC-A was analyzed by densitometry using Camag TLC Scanner 3 and then plotting in standard curve regression linear function.

## RESULTS AND DISCUSSION

The result demonstrated that *in vitro* culture of *E. riparium* leaves explants in medium MS with combination KN and 2,4-D, (1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D) were higher compared others combination. As shown in Figure 2 (A) the callus are viable, rigid, friable, yellow-greenish and fresh.

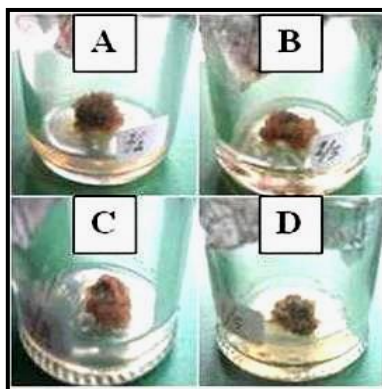


Figure 2. Callus of *E. riparium* in MS medium with combination concentration of KN and 2,4-D were 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D (A); 1 ppm kn and 3 ppm 2,4-D (B); 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D (C); 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D (D)

The result of callus dried weight from *in vitro* culture explants of *E. riparium* leaves with combination variation of concentration KN and 2,4-D, 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D; and 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D in MS medium with three replicates were used for each concentration respectively, data tabulated in Table 1.

Table 1. Dried weight of callus *E. riparium* in MS medium by combination variation of concentration KN and 2,4-D were 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D.

Combination of KN and 2,4-D (ppm)	The average of callus dried weight (g)
0 : 0	0,000
1 : 2	0,092
1 : 3	0,037
1 : 4	0,069
1 : 5	0,039

Analysing used statistic program SPSS 13.0 in  $\alpha = 0.01$  (1%),  $F_{count} = 92.699 > F_{table} = 3.24$ . It shows the treatment of combination KN and 2,4-D has significant effect towards the callus dried weight (Table 2). It is possible because at auxin higher concentration compared with cytokinin in MS Medium can induced callus formation (Hartman *et al.*, 1990). Auxin (2,4-D) usually used for callus proliferation for producing secondary metabolite (Bolwell, 1987).

Table 2. Variance analysis of callus dried weight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	.010	3	.003	92.699	.000
Within Groups	.001	16	.000		
Total	.010	19			

Based on the result of smallest significance range test Tukey HSD showed that the treatment KN and 2,4-D were 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D and 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D shows significant in dried weight compared to other treatments (Table 3). Treatment of 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D, showed that the highest significant by average callus dried weight of 0.092 g compared other treatment 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D (0.069 g); 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D (0.039 g) and 1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D (0.037 g). The result suggested the optimal dried weight of callus in MS medium treatment with combination KN and 2,4-D. was 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D.

Table 3. Smallest significance range test tukey HSD

Combination of KN and 2,4 -D (ppm)	N	Subset for alpha= .05
1 : 3	5	.03900
1 : 5	5	.03900
1 : 2	5	.06840
1 : 4	5	.09180
Sig		1.000 1.000 1.000

TLC analyzing demonstrated MRC-A diluted in chloroform as standard have regression linear  $Y = 11615X + 864.26$  with r value = 0.9992 (Figure 4). Regression linear function used for determining the level of MRC-A of callus.

TLC profile demonstrated that washbenzene extract of *E. riparium* callus combination 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D (2); 1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D (3); 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D (4); 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D (5). Washbenzene extract of *E. riparium* leaves (E) with used MRC-A standard (S) that MRC-A founded in all callus (Figure 5). Its shows in treated callus (2,3,4, and 5) have spot and E spot (leaves of *E. riparium*) similiarity with S spot (MRC-A standard). Its can be observed on UV<sub>254</sub> and UV<sub>365</sub> lamp (blue spot) or after be sprayed Cerium Sulfat-IV (brown spot)

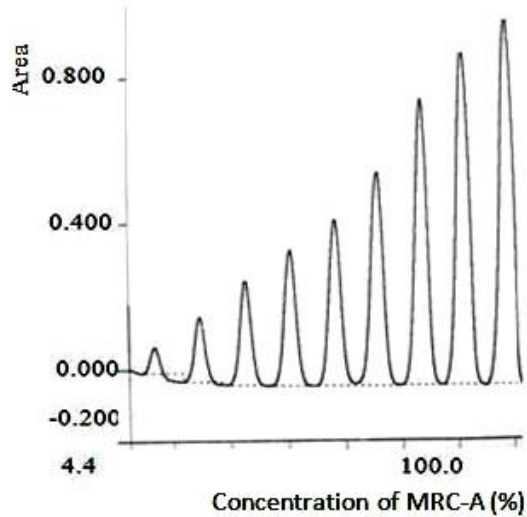


Figure 3. Standard curve of methylripario-chromene-A

Methylripariochromene-A possible founded in callus because the callus is derived from explants of leaves organ of *E. riparium*. It was cultured *in vitro* and its genetic trait is inherited to callus cell (Solomon *et al.*, 2008).

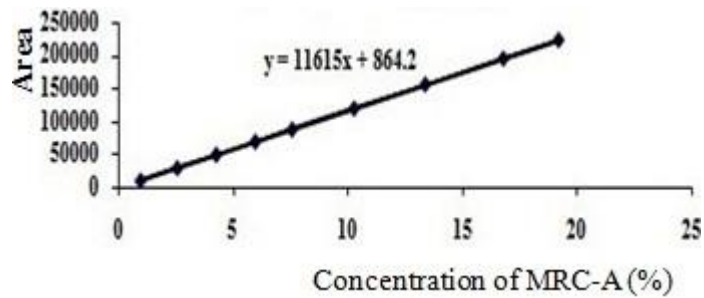


Figure 4. Graphic of function regression linear ( $Y = 11615X + 864.26$ ;  $r = 0.9992$ ); standard curve MRC-A.

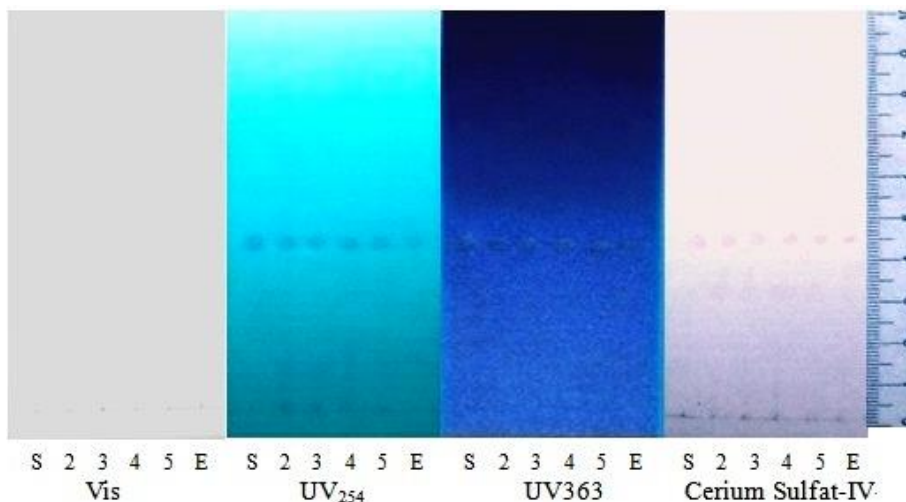


Figure 5. TLC profile of washbenzene extract diluted in chloroform callus of *E. riparium* in PGR combination 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D (2); 1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D (3); 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D (4); 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D (5), *E. riparium* leaves (E) and MRC-A as standard (S)

Table 4. Evaluated TLC-Densitometry washbenzene extract of *E. riparium* callus

Wasbenzene extract of callus	Concentration of MRC-A (%)
1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D	0.98
1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D	0.44
1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D	0.77
1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D	0.45
<i>E. riparium</i> leaves	0.42

After TLC profile is analyzed by densitometry Camag TLC Scanner 3. The result showed that the amount MRC-A level are higher compared in sample of *E. riparium* leaves (Figure 6).

The highest level MRC-A in callus (2) with treatment cytokinin and auxin, 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D (Figure 6 and Table 4). It can possibly happen on the combination of PGR in medium MS is very suitable to the development and optimal callus growth.

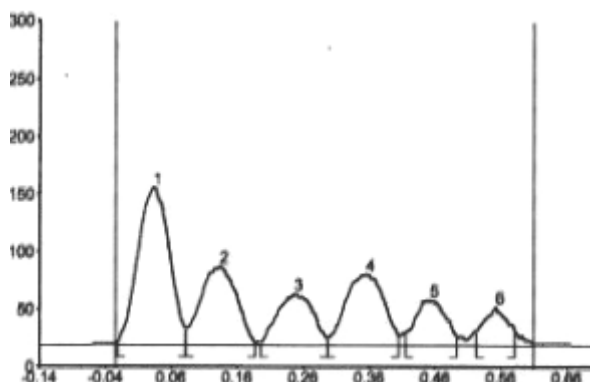


Figure 6. Chromatogram TLC-Densitometry of washbenzene extract of callus *E. riparium* treated with KN and 2,4-D (1:2; 1:3; 1:4; 1:5 ppm) and sample *E. riparium* leaves ( $\lambda = 254$  nm). (1) Peak of MRC-A standard, (2) Peak of callus treated with KN and 2,4-D (1:2), (3) Peak of callus treated with KN and 2,4-D (1:3), (4) Peak of callus treated with KN and 2,4-D (1:4), (5) Peak of callus treated with KN and 2,4-D (1:5), (6) Peak of *E. riparium* leaves

After Camag TLC Scanner 3 evaluated can plotting in standard curve with regression linear function  $Y = 11615X + 864.26$ . Percentage of MRC-A in callus of treatment KN and 2,4-D were 1:2 (0.98%), 1:4 (0.77%), 1:5 (0.45%), and 1:3 (0.44%), respectively. MRC-A in *E. riparium* leaf from Mt. Menoreh Samigaluh is 0.42%.

## CONCLUSION

Level of MRC-A washbenzene extract showed that significant difference from callus *E. riparium* with combination KN and 2,4-D were for 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 4 ppm 2,4-D; 1 ppm KN and 5 ppm 2,4-D and 1 ppm KN and 3 ppm 2,4-D. The best combination of PGR in callus culture to produced MRC-A was 1 ppm KN and 2 ppm 2,4-D. Determining level of MRC-A in *E. riparium* callus has higher level compared with *E. riparium* leaves. Bioactive compound of MRC-A can be produced by using *in vitro* tissue culture technique.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank gratefully to Head of Laboratory of Plants Tissue Culture and Laboratory of Pharmacy Biology, Faculty of Pharmacy, Gadjah Mada University which has been given any permission to used laboratory facility and IM-HERE Program of Cenderawasih University, Jayapura for financial support.

## REFERENCES

- Anonim. 1994. Plant Tissue Culture : An Alternative For Production of Useful Metabolite. FAO Agriculture Departement. Chapter VI. pp.1-14.  
Bandara, B.M.R., C.M. Hewage, V. Karunaratne, G.P. Wannigama & N.K.B. Adikaram. 1992. An Antifungal Chromene from *Eupatorium riparium* Reg. *Phytochemistry*. 31(6): 1983-1985.

- Bowell. 1987. Use of Tissue Cultures for Studies on Vascular Differentiation in Dixon, R.A. (Eds). Plant Cell Culture, A Practical Approach, IRL Press Oxford- Washington DC, pp.113-114.
- Cetkovic, G.S.; S.M. Dilas; J.M. Canadanovic-Brunet & V.T. Tumbas. 2003. Thin Layer Chromatography Analysis and Avening Activity of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Extrac. APTEFF, UDC, Bibliid. 34: 93-102.
- Chrystomo, L.Y.; I. Sumardi; L.H. Nugroho & S. Wahyuono. 2011. Determination of Methylripariochromene-A at *Eupatorium riparium* Reg. Collected from Different Areas. J. Biota. 16(1): 107-113.
- Chrystomo, L.Y.; A.K. Karim; K. Terada & T. Nohno. 2012a. Evaluation of In vitro Antiproliferative Activity of *Eupatorium riparium* Reg. Leaves Benzene Extract Against 293A and HCT-116 Cancer Cell Line. JBAI. 8(1):54-57.
- Chrystomo, L.Y.; A.K. Karim; L.H. Nugroho, S. Wahyuono & T. Nohno. 2012b. Antiproliferative Effect of *Eupatorium riparium* Reg. Leaves Benzene Extract Against C2C12 and MKN45 Cell line In vitro. Proceeding International Conference Research & Application on Traditional Complementary and Alternative Medicine, June, 22nd-23rd 2012. University of Muhammadiyah. Surakarta, Indonesia. pp. 127-132.
- Chrystomo, L.Y.; L.H. Nugroho; S. Wahyuono; A.K. Karim; K. Terada & T. Nohno. 2013. Antiproliferative Activity of the *Eupatorium riparium* Reg. Leaves Wasbenzine Extract: In vitro Study on HeLa Cancer Cell Line. Makalah Seminar Nasional POKJANAS TOI ke 44. Pengendalian, Pelestarian dan Pengembangan Serta Pemanfaatan Tumbuhan Obat Indonesia. Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Bhakti Pertiwi, Palembang 14-15 Maret 2013.7p.
- Cimanga, R.K.; L. Tona; N. Luyindula; K. Mesia; M. Lusakibanza; C.T. Musuamba; S. Apers; T. De Bruyne; S. Van Miert; N. Hermans; J. Totté; L. Pieters & A.J. Vlietincka. 2004. In vitro Antiplasmodial Activity of Callus Culture Extracts and Fractions From Fresh Apical Stems of *Phyllanthus niruri* L. Euphorbiaceae. part 2. J.Ethopharmacol. 95(2-3): 399-404.
- Dewick, P.M. 2002. Medical Natural Products, A Biosynthetic Approach, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd. pp.7-11; 121-123; 130-132.
- Duangporn P.& P. Siripong. 2009. Effect of Auxin and Cytokinin on *Phyllanthusol A* Production by Callus Culture of *Phyllanthus acidus* Skeels. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 5(2):258-263.
- Esyanti, R.R. & A. Muspiah. 2006. Production Patter of Ajmalicine in *Cantharanthus roseus* (L) G. Don. Cell Aggregates Culture in Airlift Bioreactor. J.Hayati. 13 (4): 161-165.
- Fakhrudin, N. 2006. Skringing Senyawa Sitotoksik Dari Tumbuhan Asal Taman Nasional Gunung Merapi Yogyakarta : Kajian Terhadap *Eupatorium riparium* Reg. (#04-KU-01-06) (Tesis). Program Studi Ilmu Farmasi, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. 79 hal. (not published).
- Gheorghie, M.; D. Balalau; M. Ilie; D.L. Baconi & A.M. Ciobanu. 2008. Qualitative Analysis of Confiscated Illegal Drugs by Thin Layer Chromatography. Farmacia. 16(5): 541-546.
- Hartmann, H.T.; D.E. Kester & F.T. Davies. 1990. Plant Propagation, Principles And Practices, Fifth edition, Prentice-Hall International Editions, London. pp.459-460; 471-472.
- Kealey & Haines. 2002. Analytical Chemistry BIOS Scientific Publisher.UK. pp.131-136.
- Kunwar, R.P. 2003. Invasive alien Plants and *Eupatorium*: Biodiversity and Livelihood. Himalayan J.Sci. 1(2): 129-133.
- Laughlin, R.M. & K. Masters in William, G.G.; T.Q. Hao; L.S. Robert. 2004. Extraction and Thin Layer Chromatography of Chlorophyll A and B from Spinach. Chem. 81: 385-387.
- Lotfi, W.M.; R.A. Hassan; W.A. Tawfik & A.A. Habib. 2008. Determination of Natural Colors by Thin Layer Chromatography. J.Appl.Sci.Res. 4(12): 2013-2017.
- Pereira, A.M.S.; B.W. Bertoni; R.N. Carlos; P.S. Pereira & S.C. França, 2007. Callus Culture of *Piper Aduncum* For The Production Of Bioactive Micromolecules. ISHS Acta Horticulturae: 569.
- Rai, J.P.N. & R.S. Tripathi. 2005. Allelopathic Effects of *Eupatorium riparium* Reg. on Population Regulation of Two species *Galinsoga* and Soil Microbes. Plant and Soil. 80: 105-117.
- Rai, J.P.N. & R.S. Tripathi. 2005. Allelopathy as a Factor Contributing to Dominance of *Eupatorium*. Ind.J.Ecol. 9: 14-20.
- Rohman A. 2007. Kimia Farmasi Analisis. Pustaka Pelajar. Yogyakarta. Hal 323-377.
- Sajewicz, M.; R. Pietka; A. Pieniak & T. Kowalska. 2005. Application of Thin Layer Chromatography (TLC) to Investigating Oscillatory Instability of The Selected Proven Enantiomers. Acta Chromatographica. 15: 131-150.
- Shibuya, S.; K. Ohashi & L. Kitagawa, 1999. Search for Pharmacochemical Leads from, Tropical Rainforest Plants. Pure Appl. Chem. 71(6): 1109-1113.
- Solomon, E.P.; L.R. Berg & D.W. Martin. 2008. Biology, Eighth Edition, Thomson Learning Academic Resource Center, Publisher Peter Adams, Australia, Canada, United Kingdom, United States. p.234-303
- Sumaryono & I. Riyadi 2005. Pertumbuhan Biak Kalus dan Suspensi Sel Tanaman Kina (*Cinchona ledgeriana* M.). Menara Perkebunan. 73(1): 1-11.

## Sterilisasi Eksplan Nanas (*Ananas comosus* L.) Asal Sipahutar Dan Induksi Pertumbuhan Dengan Perlakuan Benzil Amino Purine Dan Indole Acetic Acid Secara In Vitro

**Fauziyah Harahap, Hasruddin, Cicik Suriani, Nusyirwan, Juliana Siallagan, Rohyana**

*Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Jln. Willem Iskandar Psr V Medan Estate, 20221, Indonesia. Tel:081376817918  
Email : fauziyahharahap@gmail.com*

Nanas *Sipahutar* adalah salah satu varietas nanas yang ditanam oleh petani di daerah Sipahutar Tapanuli Utara, Sumatera Utara. Nanas ini memiliki keunggulan dengan rasa lebih manis dan kandungan air sedikit, tekstur lebih padat. Nanas ini terkenal sejak dahulu, namun saat ini terancam punah, dikhawatirkan lama kelamaan nanas ini akan punah. Tujuan penelitian jangka panjang untuk pelestarian plasma nutfah *in vitro*, Tujuan khusus untuk mengetahui 1) teknik sterilisasi yang tepat untuk eksplan nanas (*Ananas comosus* L.) asal Sipahutar, 2) faktor penyebab kontaminasi, 3) bagaimana efek zat yang digunakan sebagai sterilan, 4) pengaruh BAP, 5) pengaruh IAA, 6) interaksi pemberian BAP dan IAA untuk induksi pertumbuhan secara *in vitro*. Penelitian ini menggunakan lima teknik sterilisasi yaitu menggunakan a) alkohol 30 %, kloroks 5%, 4%, 3%, dan 1 %, b) bakterisida, fungisida, kloroks 15 % dan 10 %, diakhiri dengan perendaman amoxilin, c) kloroks 20 %, perendaman dengan HgCl<sub>2</sub> 0,02 % selama 3 menit, d) kloroks 20 %, perendaman dengan HgCl<sub>2</sub> 0,02 % selama 10 detik, e) alkohol 30 %, kloroks 5%, 4% dan 3%, alkohol 1 %. Desain untuk induksi pertumbuhan dengan rancangan acak lengkap faktorial, faktor pertama adalah konsentrasi BAP (0, 2, 4, 6) ppm, faktor kedua adalah konsentrasi IAA (0, 0,5, 1) ppm. Hasil penelitian menunjukkan: 1) teknik sterilisasi ke – 5 paling optimal untuk sterilisasi eksplan lapang nanas *Sipahutar*, 2) faktor penyebab kontaminasi adalah pengambilan sampel dilakukan saat musim hujan, kurang hati-hati saat melakukan sterilisasi, kotaminan indogeneus yang tinggi, penggunaan zat sterilan yang kurang tepat, 3) penggunaan HgCl<sub>2</sub> menyebabkan kematangan dan merusak jaringan eksplan nanas, Pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) BAP dan IAA memberikan pengaruh nyata terhadap waktu munculnya tunas, jumlah tunas, jumlah daun kecuali tinggi tunas. Kombinasi perlakuan terbaik adalah MS + BAP 2 ppm + IAA 0 ppm.

Kata kunci : Sterilisasi, nanas Sipahutar, pertumbuhan, IAA, BAP



## Pertumbuhan Benih Kerapu Raja Sunu *Plectropoma laevis* Lacepede, 1801 pada Kegiatan Budidaya dalam Wadah Terkontrol

**Ni Wayan Widya Astuti, Regina Melianawati, Bejo Slamet**

*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Budidaya Laut  
Email: nw.widyaastuti@gmail.com*

Ikan kerapu raja sunu *Plectropoma laevis* merupakan salah satu komoditas perikanan yang dikembangkan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Budidaya Laut, Gondol, Bali. Ikan ini diminati sebagai ikan hias pada ukuran kecil, sedangkan ikan yang berukuran besar digunakan sebagai ikan konsumsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pertumbuhan ikan kerapu raja sunu dalam wadah budidaya. Ikan kerapu raja sunu diperoleh dari hasil pembenihan di BBPPBL Gondol. Sebanyak 56 ekor ikan dengan panjang total awal 11,69 cm dan berat awal 28,25 gram dipelihara dalam bak beton berkapasitas 2.000 liter yang dilengkapi dengan sistem air mengalir dan aerasi sebagai pasokan oksigen. Ikan diberi pakan berupa ikan segar sebanyak 2 kali sehari. Setiap 1 bulan sekali dilakukan pengukuran panjang total (cm) dan berat ikan (gram). Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang total ikan pada akhir penelitian yaitu sebesar 18,09 cm dengan berat akhir sebesar 101,20 gram. Rerata panjang total ikan bertambah setiap bulan dengan mengikuti persamaan regresi  $y = 1,014x + 10,631$ . Sedangkan rerata berat ikan bertambah setiap bulan dengan mengikuti persamaan  $y = 11,205x + 16,45$ . Pola pertumbuhan panjang maupun berat ikan menunjukkan pola linear. Panjang total ikan bertambah sebanyak 6,39 cm sedangkan berat ikan bertambah 72,95 gram selama 7 bulan pemeliharaan. Hubungan panjang berat ikan kerapu raja sunu pada akhir penelitian ditunjukkan dengan persamaan  $y = 0,0167x^{2,9891}$ . Sintasan ikan kerapu raja sunu yang diperoleh yaitu sebesar 62,5%.

## Analisis Dampak Pencemaran Perairan Danau Singkarak Terhadap Nilai Darah Ikan Asang (*Osteochilus hasseltii*, C.V)

**Muhammad Syukri Fadil**

*Pasca Sarjana Biologi MIPA Universitas Andalas, Padang*  
*Email : msyukrifadil@gmail.com*

Telah dilakukan penelitian mengenai nilai darah ikan Asang (*Oseotillus hasseltii*, C.V) yang ditemukan diperairan Danau Singkarak. Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan metode survei dan pengukuran langsung dimana ikan diambil dari 4 stasiun yang berbeda kemudian diukur Nilai Darah yang meliputi sel darah merah, sel darah putih, hematokrit, hemoglobin dan total protein. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan keseluruhan nilai darah seiring dengan penurunan kualitas perairan pada masing masing stasiun pengambilan sampel ikan.

Kata kunci : Nilai Darah, Ammoniak, Nitrit, *Osteochilus hasseltii*, C.V, ekofisiologi

## Uji Pengenalan Antibodi Hasil Induksi Protein 116 kDa Membran Spermatozoa Manusia pada Jaringan Spermatozoa dan Reproduksi Hewan Mamalia (Upaya Pengembangan Bahan Imunokontrasepsi Pria)

**Umie Lestari**

*Jurusan Biologi FMIPA-Universitas Negeri Malang  
Email : umie\_lestari09@yahoo.com*

Imunokontrasepsi merupakan salah satu metode alternatif untuk kontrasepsi. Metode hambatan fertilisasi ini menggunakan prinsip induksi respon imun, dengan target hambatan terhadap ikatan reseptor dan ligand yang terdapat pada sel telur dan spermatozoa. Protein membran spermatozoa yang dipergunakan sebagai kandidat bahan imunokontrasepsi, memiliki suatu kriteria penting yaitu merupakan suatu protein spesifik yang hanya diekspresikan oleh spermatozoa, tidak terdapat pada jaringan lain, bersifat imunogenik serta terlibat dalam fertilisasi. Protein yang memiliki ciri protein *non kinase* yang terdapat pada membran spermatozoa, diyakini spesifik hanya terdapat pada spermatozoa, tidak terdapat pada jaringan lain. Protein tersebut imunogenik, dan terlibat dalam fertilisasi, sehingga dapat dikembangkan sebagai kandidat bahan imunokontrasepsi, dari hasil penelitian Lestari (2006) protein tersebut adalah Protein Non kinase dengan berat molekul 116kDa. Penelitian ini merupakan studi eksplorasi untuk mengetahui potensi Antibodi *hP-116kDa* dalam mengenali spermatozoa serta jaringan reproduksi hewan mamalia. Jaringan yang digunakan untuk mengetahui lokasi dan distribusi protein non kinase adalah jaringan testis dan epididimis tikus, kelinci dan kambing, dengan menggunakan metode *imunohistokimia* yang diinkubasi dengan Antibodi *hP-116kDa*, sedangkan metode *imunositokimia* dipergunakan untuk mengetahui keberadaan protein yang mengenali Ab *hP-116kDa* pada spermatozoa kelinci dan mencit. Penelitian ini menghasilkan Ab *hP-116kDa* tidak dikenali oleh sel epitel epididimis tikus diperlihatkan tidak adanya spot warna coklat, hal ini mengindikasikan bahwa sel epitel tersebut tidak mengandung protein yang dapat mengikat Ab *hP-116kDa*, sebaliknya pada sel germinal testis kelinci dan kambing ternyata memperlihatkan spot warna coklat, dapat diartikan bahwa ada ikatan antara protein pada sel germinal dengan Ab *hP-116kDa*. Hal ini memperlihatkan bahwa protein pada sel germinal kelinci dan kambing dapat dipergunakan sebagai sumber isolat protein. Ab *hP-116kDa* tidak dikenali oleh spermatozoa kelinci diperlihatkan tidak ada spot warna coklat, hal ini mengindikasikan bahwa spermatozoa kelinci tidak mengandung protein yang dapat mengikat Ab *hP-116kDa*, sebaliknya Ab *hP-116kDa* dapat dikenali oleh spermatozoa mencit dengan memperlihatkan spot warna coklat, dapat diartikan bahwa ada ikatan antara protein pada spermatozoa dengan Ab *hP-116kDa*. Hal ini memperlihatkan bahwa protein spermatozoa mencit dapat dipergunakan sebagai sumber isolat protein.

Kata kunci : Antibodi *hP-116 kDa*, protein 116kDa, sperma manusia

# Efek Warna Cahaya pada Pertumbuhan, Survival Rate dan Profil Protein Serum Darah Ikan Nila *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758

**Rudi Nirwantono dan Nastiti Widjayanti**

*Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Teknika Selatan, Sekip Utara, Sleman, DIY  
Email : rudi.nirwantono@gmail.com*

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) merupakan komoditas budidaya perikanan air tawar dengan nilai ekonomi tinggi sehingga dibutuhkan pengembangan teknik budidaya yang dapat meningkatkan produksinya. Cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang saat ini masih belum diperhatikan dalam sistem budidaya. Padahal cahaya diketahui berpengaruh pada kondisi fisiologis ikan secara langsung. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh cahaya dan warna cahaya pada pertumbuhan, survival rate, dan profil protein serum darah pada ikan Nila. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi Hewan Fakultas Biologi UGM selama 4 minggu menggunakan 4 jenis warna cahaya yang berbeda, yaitu biru, merah, kuning, dan putih sebagai kontrol. Lampu dinyalakan selama 8 jam sehari dan ikan diberi makan sebanyak 8% berat badan yang diberikan 2 kali sehari (pagi dan sore). Pengambilan data pertumbuhan dilakukan setiap seminggu sekali, sedangkan data survival rate dan karakterisasi profil protein serum darah menggunakan metode SDS-PAGE (12% gel acrylamide) dikerjakan pada akhir perlakuan. Berdasarkan hasil percobaan diketahui cahaya warna cahaya berpengaruh pada pertumbuhan secara signifikan ( $P > 0,05$ ). Selain itu warna cahaya juga berpengaruh pada survival rate dan profil protein serum darah Ikan Nila. Warna cahaya yang paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan dan survival rate ikan Nila adalah warna cahaya biru.

Kata kunci : ikan Nila, warna cahaya, pertumbuhan, survival rate, SDS-PAGE

## PENDAHULUAN

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) merupakan salah satu komoditas budidaya perikanan air tawar dengan nilai ekonomi tinggi dan menjadi yang terbesar kedua di dunia setelah ikan mas. Ikan Nila tidak hanya menjadi komoditas penting di beberapa negara di Asia, Afrika, namun juga di Amerika Serikat. Pada tahun 2009, total produksi ikan Nila dunia mencapai 2.532.407 ton dan 92% diantaranya dikontribusi oleh budidaya (akuakultur) (FAO, 2008). Oleh karena tinggat kebutuhannya yang tinggi, maka dibutuhkan berbagai pengembangan teknik budidaya yang dapat meningkatkan pertumbuhan sehingga memacu peningkatan produksi ikan Nila agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Lingkungan merupakan salah satu faktor yang diketahui dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan. Diantara sekian banyak faktor lingkungan, cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang saat ini masih belum diperhatikan dalam sistem budidaya. Padahal cahaya merupakan faktor lingkungan penting bagi ikan terutama bagi ikan yang mengandalkan penglihatan (Lythgoe, 1979; Volpato *et al.*, 2004).

Menurut Boeuf dan Le Bail (1989), saat ini penelitian telah banyak dilakukan untuk mempelajari pengaruh kuantitas, periodisiti, dan kualitas cahaya pada kondisi fisiologi ikan. Kuantitas cahaya lebih menunjukkan kepada pengaruh intensitas cahaya pada kondisi ikan. Untuk periodisiti menunjukkan pengaruh fotoperiode pada kondisi fisiologi ikan berhubungan dengan irama sirkadian. Sementara kualitas cahaya lebih kepada panjang gelombang cahaya yang menentukan warna cahaya.

Kualitas cahaya perlu dipelajari karena ikan merupakan salah satu hewan yang dapat membedakan warna cahaya. Hal tersebut disebabkan ikan memiliki sel kerucut yang digunakan untuk membedakan warna yang umum ditemukan di lingkungan sekitar ikan hidup (biru, hijau, dan inframerah) (Nicol, 1963; Levine and McNichol, 1982). Kemampuan tersebut selanjutnya menentukan preferensi pasangan saat kawin, preferensi tempat tinggal yang aman, preferensi pangan, dan pengenalan predator (McFarland dan Loew 1983; Reiter 1994). Beberapa studi juga menunjukkan bahwa warna cahaya secara progresif berpengaruh pada fekunditas, *survival rate*, kecepatan tumbuh ikan, dan respon fisiologis lainnya (Tamazouzt *et al.*, 2000; Han *et al.*, 2005; Sabri *et al.*, 2012).

Namun belum ada studi yang melaporkan pengaruh warna cahaya pada pertumbuhan dan *survival rate* pada ikan Nila. Padahal berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Volpato dan Barreto (2001), menunjukkan bahwa warna cahaya juga berpengaruh pada kadar hormon kortisol dan aktifitas enzim di syaraf pusat ikan Nila yang menandakan bahwa warna cahaya berpengaruh pada kondisi stress ikan. Oleh karena itu dalam peneltian ini dipelajari pengaruh warna cahaya pada pertumbuhan, *survival rate*, dan aktifitas biokimia dalam tubuh ikan Nila yang

mempengaruhi profil protein serum darah. Dengan mempelajari pengaruh warna cahaya pada ikan Nila, diharapkan dapat menjadi referensi dalam meningkatkan produksi ikan Nila khususnya di Indonesia.

## METODE PENELITIAN

### *Persiapan Media Pemeliharaan dan Desain Eksperimen*

Empat buah akuarium kapasitas 20 L (tinggi 20 cm; lebar 20 cm; panjang 50 cm) diisi dengan air bersih setinggi 15 cm. Suplai oksigen ditingkatkan dengan memasang aerator. Kemudian masing-masing akuarium diisi ikan sebanyak 5 ekor (berat rata-rata  $2,67 \pm 0,25$  g dan panjang rata-rata  $5,51 \pm 0,18$  cm) dengan strain Nila Gesit yang didapatkan dari BAT Rowulu, Godena, Bantul. Setelah itu ikan diaklimatisasi selama 6 hari. Selama proses aklimatisasi, kondisi tempat pemeliharaan dipertahankan pada kondisi normal (pH 7,0; temperature  $25 + 0,5$  oC; dan salinitas 0). Pemberian pakan dilakukan dua kali setiap hari, yaitu pukul 08.00 dan 16.00 dengan kuantitas 8% dari berat badan menggunakan pakan ikan Takari® (protein 30%). Penggantian air dilakukan ketika air telah kotor dengan mengganti air sebanyak setengah volume awal dengan air baru. Setelah proses aklimatisasi ikan diberi penyinaran cahaya biru, merah, kuning, dan putih (kontrol) menggunakan lampu TL merek Bosecomb® 25 Watt. Setiap lampu diberi penutup sehingga cahaya hanya mengarah ke akuarium dan tidak menyebar ke sekitar area akuarium. Suhu air dan kandungan nitrat/nitrit terlarut diukur setiap sebelum dan sesudah penggantian air rutin.

### *Koleksi Data Pertumbuhan*

Setiap seminggu sekali selama 4 minggu data pertumbuhan berupa pertambahan berat badan dan panjang tubuh diamati. Koleksi data pertumbuhan panjang badan dilakukan dengan mengukur panjang tubuh dan berat tubuh ikan. Jumlah kematian juga diamati setiap harinya.

### *Kalkulasi Data Pertumbuhan*

Untuk mengetahui tingkat pertumbuhan dilakukan kalkulasi data untuk mengetahui performa pertumbuhan. Parameter yang dikalkulasi adalah *Final Weight* (FW), *Final Length* (FL), *Weight Gain* (WG), dan *Specific Growth Rate* (SGR) dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

FW = berat tubuh ikan di akhir percobaan

FL = panjang tubuh ikan di akhir percobaan

WG =  $W_f - W_i$

$W_f$  = berat badan awal;  $W_i$  = berat badan awal

SGR =  $(\ln W_f - \ln W_i) \times 100 / \Delta t$

$\Delta t$  = interval pengambilan data antara  $W_i$  dan  $W_f$ .

Selain parameter pertumbuhan juga dilakukan kalkulasi *Survival Rate* (SR) yang dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut :

SR =  $(\text{jumlah individu hidup}) / (\text{jumlah individu mula-mula}) \times 100\%$  (Ogunji *et al.*, 2008).

### *Karakterisasi Protein Darah Menggunakan SDS-Page*

Di akhir pelakuan dilakukan pengambilan darah ikan sebanyak 0,1 cc yang diambil melalui arteri caudalis ikan menggunakan *syringe*. Masing-masing perlakuan diwakili oleh 1 ekor ikan. Selanjutnya darah dimasukkan ke dalam microtube dan dibiarkan berkoagulasi yang selanjutnya disimpan dalam es. Setelah itu, serum darah dipisahkan dari korpuskula dengan disentrifugasi selama 10 menit pada 10.000 rpm. Serum darah selanjutnya diambil menggunakan mikropipet dan disimpan pada suhu  $-20^\circ\text{C}$  sampai digunakan pada tahap selanjutnya. SDS-Page dilakukan menggunakan gel akrilamid 12% dan menggunakan voltase pada 200V dengan waktu 90 menit. Setelah proses *running* dilakukan pewarnaan band protein menggunakan metode Comassie Blue (Hames and Rickwood, 1990). Gel direndam dalam staining solution selama 1 jam, kemudian dicuci dengan destaining solution A selama 1 jam. Setelah itu dilakukan pencucian kembali menggunakan destaining solution B selama 1 jam hingga didapatkan pola pita protein yang terbentuk. Setelah itu hasil didokumentasikan dan dibandingkan tiap band yang terbentuk.

### *Analisis Data*

Analisis data dilakukan menggunakan uji statistik One-Way ANNOVA untuk membuktikan adanya perbedaan yang signifikan. Setelah diketahui terdapat perbedaan yang

signifikan, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* ( $p < 0.5$ ) (Duncan, 1995). Analisis untuk profil protein serum darah secara visual dengan membandingkan pola band yang terbentuk pada gel antara kontrol dan perlakuan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Cahaya penting bagi hewan akuatik termasuk bagi ikan budidaya terutama bagi ikan yang mengandalkan penglihatan untuk berbagai aktivitas termasuk mencari makan, menghindari predator, aktivitas reproduksi, dan mencari tempat perlindungan yang nyaman. Tanpa cahaya maka ikan tidak dapat memvisualisasi kondisi lingkungan sehingga akan menghambat kehidupan ikan bahkan akan menjadi mudah stress dan rentan terhadap predator (Lythgoe, 1979; Volpato *et al.*, 2004). Cahaya juga diketahui berpengaruh secara progresif pada proses fisiologis ikan mulai dari sistem hormonal, kondisi stress, dan reproduksi (McFarland and Loew 1983; Marchesana, 2005).

Pada penelitian ini, rata-rata bobot ikan Nila pada awal perlakuan ( $2,67 \pm 0,25$  g) tidak memiliki perbedaan yang signifikan ( $P > 0.05$ ). Namun diakhir perlakuan diketahui bahwa warna cahaya memberikan pengaruh signifikan pada berat badan akhir ikan atau Final Weight (WG) ( $P > 0.05$ ). Final Weight (FG) pada perlakuan cahaya biru menjadi yang paling tinggi yaitu  $8,90 \pm 0,82$  g. Selanjutnya diikuti oleh cahaya kuning ( $7,85 \pm 0,71$  g) dan merah ( $7,10 \pm 0,00$  g). Sementara perlakuan cahaya putih sebagai kontrol menunjukkan pertumbuhan berat badan yang paling lambat dengan FW sebesar  $6,34 \pm 0,60$  g. Selain itu warna cahaya juga berpengaruh pada pada penambahan panjang tubuh ikan secara signifikan ( $P > 0.05$ ). Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa cahaya biru memberikan penambahan panjang tubuh yang paling tinggi dengan panjang tubuh akhir ( $8,03 \pm 0,12$  cm). Selanjutnya diikuti oleh cahaya kuning ( $7,63 \pm 0,42$  cm) dan merah ( $7,60 \pm 0,00$  cm). Sementara perlakuan cahaya putih sebagai kontrol menunjukkan pertumbuhan panjang tubuh yang paling lambat dengan panjang akhir  $7,10 \pm 0,26$  cm. Tingginya nilai FW pada perlakuan cahaya biru juga berimplikasi pada tingginya WG dan SGR. Hal tersebut dapat terlihat dari nilai WG sebesar  $5,97 \pm 0,63$  dan SGR  $3,70 \pm 0,11$  yang menjadi nilai tertinggi dibanding perlakuan lainnya (Tabel 1). Berdasarkan analisis statistika juga diketahui bahwa perlakuan warna cahaya berpengaruh secara signifikan pada WG dan SGR ( $P > 0.05$ ).

Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa perlakuan cahaya biru memberikan pertumbuhan yang paling baik pada berat badan dan panjang tubuh ikan dapat disebabkan karena warna cahaya tersebut menyebabkan kondisi fisiologis ikan pada kondisi optimal untuk pertumbuhan.

Menurut Volpato dan Barreto (2001), warna cahaya biru diketahui dapat menurunkan produksi hormon kortisol yang diproduksi saat menurunnya produksi hormon kortisol maka diindikasikan terjadinya penurunan respon stres oleh paparan cahaya biru dan ikan berada pada kondisi kenyamanannya. Turunnya tingkat stres memicu ikan menjadi lebih optimal pertumbuhannya karena berada pada kondisi yang nyaman dalam tempat hidupnya. Selain itu turunnya tingkat stres akan berpengaruh pada meningkatnya nafsu makan ikan sehingga proses fisiologis untuk pertumbuhan menjadi lebih baik. Turunnya tingkat stress yang diinduksi oleh cahaya biru juga teramati pada penelitian yang dilakukan oleh Sabri *et al.* (2012) yang ditunjukkan dengan tidak meningkatkannya produksi enzim Acetylcholinesterase saat diinduksi cahaya biru. Sementara itu enzim Acetylcholinesterase merupakan enzim yang umum diproduksi saat ikan berada pada kondisi cekaman.

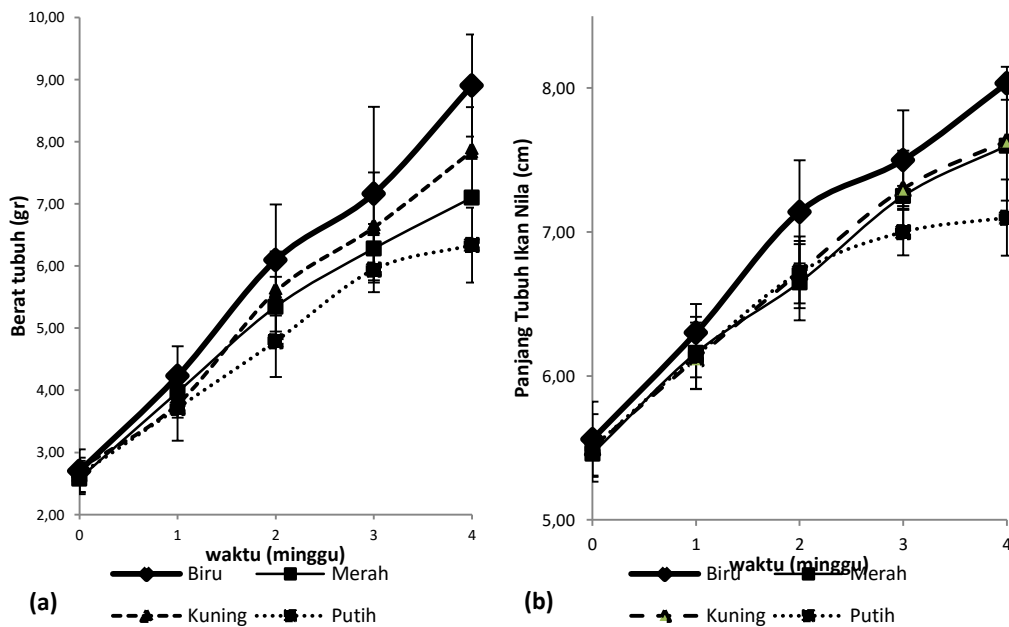
Tabel 1. Performa pertumbuhan yang dikalkulasi untuk mengetahui pengaruh warna cahaya pada pertumbuhan ikan Nila (*mean  $\pm$  standard error*). Rata-rata dengan superskrip yang sama menandakan hormon hasil.

Perlakuan	Perlakuan Warna				One-way ANAVA		
	Biru	Merah	Kuning	Putih	F	5%	Ket.
IW	$2,70 \pm 0,35^a$	$2,58 \pm 0,25^a$	$2,74 \pm 0,13^a$	$2,64 \pm 0,28^a$	<b>0,35</b>	<b>3,24</b>	TS
FW	$8,90 \pm 0,82^a$	$7,10 \pm 0,00^{bc}$	$7,85 \pm 0,71^{ab}$	$6,34 \pm 0,60^c$	<b>6,65</b>	<b>4,76</b>	S
WG	$5,97 \pm 0,63^a$	$4,12 \pm 0,00^{bc}$	$5,03 \pm 0,68^{ab}$	$3,57 \pm 0,35^c$	<b>7,30</b>	<b>4,76</b>	S
SGR	$3,70 \pm 0,11^a$	$2,89 \pm 0,00^b$	$3,40 \pm 0,26^a$	$2,77 \pm 0,15^b$	<b>14,83</b>	<b>4,76</b>	S
FL	$8,03 \pm 0,12^a$	$7,60 \pm 0,00^{ab}$	$7,63 \pm 0,42^{ab}$	$7,10 \pm 0,26^b$	<b>4,88</b>	<b>4,76</b>	S

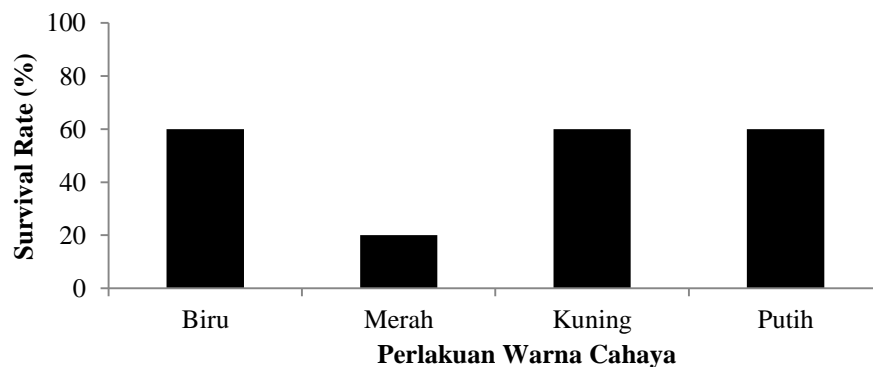
Keterangan: IW = Initial Weight/Bobot Awal, FW = Final Weight/Bobot Akhir, WG = Weight Gain/Pertambahan Bobot, SGR = Specific Growth Rate/Laju Pertumbuhan, FL = Final Length/Panjang Tubuh Akhir, TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan. One-Way ANAVA  $P > 0,05$ .

Perlakuan cahaya merah memberikan efek sebaliknya yang disebabkan induksi cahaya merah memicu dilepaskannya hormon kortisol dan enzim Acetylcholinesterase yang mengindikasikan terjadinya cekaman stres (Sabri *et al.*, 2012).

Kebanyakan ikan yang hidup di perairan dangkal memang menolak cahaya merah, dan lebih memilih warna cahaya biru dan hijau karena sesuai dengan warna lingkungan (hijau) dan panjang gelombang yang dipantulkan oleh air (biru). Pertumbuhan pada cahaya merah lebih tinggi daripada cahaya putih disebabkan karena beberapa ikan dapat melihat makanan dengan lebih kontras pada cahaya merah (Imanpoor *et al.*, 2011). Untuk cahaya kuning, tidak banyak referensi yang menyebutkan pengaruhnya pada pertumbuhan. Namun dari Gambar 1a diketahui bahwa cahaya kuning memiliki pengaruh pada penambahan berat badan yang hampir sama dengan cahaya biru yang ditandai dengan subskrip yang sama. Namun untuk pertumbuhan panjang tubuh tidak memberikan pengaruh yang berbeda signifikan antara perlakuan biru maupun merah. Hal tersebut dapat disebabkan ikan cenderung mengalami penambahan berat badan yang lebih cepat daripada pertumbuhan panjang tubuhnya.



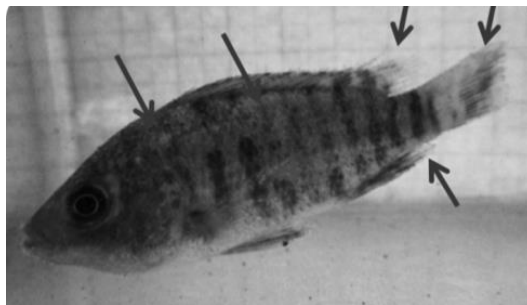
Gambar 1. Efek warna cahaya pada pertumbuhan ikan Nila: (a) rata-rata berat badan ikan, (b) rata-rata panjang ikan.



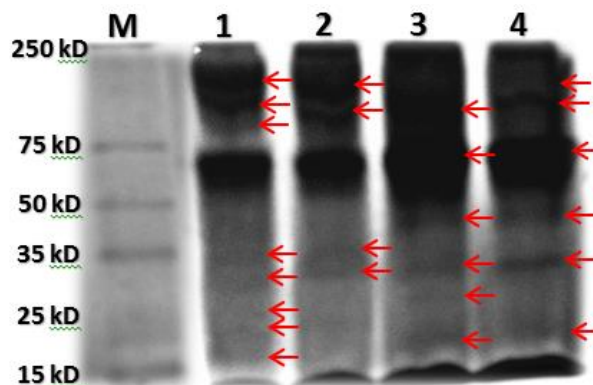
Gambar 2. Efek warna cahaya pada *survival rate* ikan Nila.

Berdasarkan hasil penelitian juga diketahui bahwa warna cahaya berpengaruh pada *survival rate* ikan Nila. *Survival rate* ikan paling tinggi didapatkan melalui perlakuan cahaya biru, kuning, dan putih dengan masing-masing 60%. Sementara pada perlakuan cahaya merah memiliki *survival rate* yang paling rendah dengan nilai 20%.

Menurut Ruchin (2004), beberapa spesies ikan memiliki *survival rate* lebih tinggi jika dipelihara pada cahaya biru. Tingginya *survival rate* pada umumnya dikontribusi oleh kondisi lingkungan yang optimal untuk kehidupan. Kondisi stres merupakan salah satu hal yang dapat menyebabkan kondisi kesehatan ikan menurun yang akhirnya menurunkan kemungkinan hidup ikan (El-Sherif and El-Feky, 2009). Cahaya merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kondisi stres ikan. Pada cahaya biru, kuning, dan putih memiliki *survival rate* dari pada cahaya merah karena cahaya merah cenderung lebih mudah menginduksi stres pada ikan. Hal tersebut dapat disebabkan preferensi warna lingkungan ikan yang pada umumnya didominasi oleh warna biru, kuning, dan putih daripada merah. Kebanyakan ikan memang menolak cahaya merah, dan lebih memilih warna cahaya biru dan hijau karena sesuai dengan warna vegetasi di sekitar habitat (hijau) dan panjang gelombang optimal yang diserap oleh air yaitu biru sehingga cenderung berwarna kebiruan. Dengan begitu ikan cenderung terbiasa dan memiliki preferensi kepada kedua warna tersebut (Clarke, 1965). Respon stress yang diakibatkan oleh induksi cahaya merah diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Sabri *et al.* (2012) yang menunjukkan paparan cahaya merah meningkatkan produksi enzim Acetylcholinesterase.



Gambar 3. Ikan Nila pada perlakuan cahaya biru dengan sirip dan badan terluka (tanda panah merah) yang diakibatkan agresifitas ikan lain.



Gambar 5. Hasil SDS-PAGE yang diwarnai dengan staining *commasine blue* sehingga memperlihatkan *band* protein dengan panjang tertentu. Keterangan : M = marker, 1 = Putih, 2=Kuning, 3 = Merah; 4 = Biru.

Berdasarkan hasil pengamatan juga diketahui bahwa cahaya biru meningkatkan respon agresif. Hal tersebut menyebabkan kematian beberapa ikan dengan kondisi sirip dan badan yang terluka, bukan disebabkan oleh induksi stres. Respon tersebut juga teramati dalam penelitian yang dilakukan oleh Fanta (1995). Menurut Fanta, hal tersebut merupakan respon normal ketika ikan Nila dalam kondisi kenyamanannya. Dalam kondisi nyaman, ikan Nila secara alami cenderung mempertahankan daerah teritorinya sehingga respon agresif meningkat (Volpato, 2000). Namun pada dasarnya tidak terlalu berpengaruh dalam budidaya karena diketahui bahwa *survival rate* ikan pada perlakuan cahaya biru sama dengan kontrol cahaya putih. Respon agresif yang ditimbulkan karena kompetisi antar individu juga dapat dikurangi dengan mengatur ukuran kolam dan padat tebar dalam kolam.

Untuk hasil analisis SDS-PAGE diketahui terdapat gambaran pita yang berbeda-beda (Gambar 4). Perbedaan gambaran pita pada masing-masing perlakuan cahaya dapat disebabkan



oleh berpengaruhnya induksi cahaya pada ekspresi gen. Ekspresi gen dapat berubah karena terjadinya perbedaan kondisi fisiologis ikan seperti cekaman stres atau kondisi nyaman. Cahaya juga diketahui mempengaruhi produksi hormon melatonin. Produksi hormon melatonin diproduksi oleh kelenjar pineal dan sel retinal sehingga produksinya secara langsung dipengaruhi oleh cahaya. Meningkatnya hormon melatonin secara langsung berpengaruh pada sekresi neurotransmitter dan hormon-hormon lain seperti Growth Hormon, kontrol reproduksi, dan tirosin. Selain itu berpengaruh juga pada proses regenerasi sel-sel dalam tubuh dan metabolisme sel dalam tubuh (Randall *et al.*, 1995). Oleh karena itu secara langsung berpengaruh pada ekspresi gen-gen yang beberapa diantaranya menyebabkan perbedaan ekspresi protein pada serum darah sehingga dapat terlihat perbedaan karakter pita pada tiap-tiap perlakuan warna cahaya. Dengan begitu jelas terlihat bahwa warna cahaya berpengaruh pada pertumbuhan, survival rate, bahkan profil protein serum darah ikan nila yang berkaitan dengan ekspresi protein.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Boeuf, G. and P.Y. Le Bail. 1989. *Does light have an influence on fish growth?* Aquaculture 177:129– 152.
- Clarke, G.L. 1965. *Light. In: Elements of Ecology*. Wiley, New York. Hal: 185–242.
- Duncan, D. B. 1995. *Multiple range and multiple F tests*. Biometrics 11: 1-42.
- El-Sherif, M.S. and A. M. I. El-Feky. 2009. *Performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fingerlings. I. Effect of pH*. International Journal of Agriculture Biology 11: 297-300.
- Fanta, E. 1995. *Influence of background color on the behavior of the Oreochromis niloticus (Cichlidae)*. Arquivos de Biologia e Tecnologia 38: 1237-1251.
- Food Agricultural Organization (FAO). 2008. *Cultured Aquatic Species Information Programme Oreochromis niloticus*. USA: FAO. 1-14.
- Han, D, S. Xie, W. Lei, X. Zhu, and Y. Yang. 2005. *Effect of light intensity on growth, survival and skin color of juvenile Chinese longsnout catfish (Leiocassis longirostris Gqnter)*. Aquaculture 248: 299–306.
- Imanpoor, M. R., T. E. Gholampour, and M. Zolfaghari. 2011. *Effect of Light and Music on Growth Performance and Survival Rate of Goldfish (Carassius auratus)*. Iranian Journal of Fisheries Sciences 10(4): 641-653.
- Levine, J.S., and E. F. MacNichol. 1982. *Color vision in fish*. Scientific American 216: 108-117.
- Lythgoe, J.N. 1979. *The Ecology of Vision*. Clarendon Press. Oxford.
- Marchesana, M., M. Spotob, L. Verginellab, and E. A. Ferreroa. 2005. *Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest*. Fisheries Research 73:171–185.
- McFarland, W.N., and E.R. Loew. 1983. *Wave produced changes in underwater light and their relation to vision. In: Predators and Prey in Fishes*. (ed: D.L.G. Noakes, D.G. Lindquist & J.A. Ward). W. Junk Publishers. The Hague, Boston, London. Hal: 11-12.
- Nicol, J.A.C. 1963. *Some aspects of photoreception and vision in fishes*. In: Russel FS (Editor), *Advances in Marine Biology*. Vol. 1. Photobehavior. Academic Press, London.
- Randall, C. F., N. R. Bromage, J. E. Thorpe, M. S. Miles, and J. S. Muir. 1995. *Melatonin rhythms in Atlantic salmon \_Salmo salar. Maintained under natural and out-of-phase photoperiods*. General and Comparative Endocrinol 98:73–86.
- Reiter R. J. 1994. *Non-visible electromagnetic radiation and pineal function*. Acta Neurobiologiae Experimentalis. Eye-Pineal Relationships International Symposium, Nencki Institute Warszawa 54: 93-94.
- Ruchin, A. B. 2004. *The effect of light regime on feeding intensity and growth rate in fishes*. Hydrobiologicheskyy Zhurn 40: 48-52.
- Sabri, D. M., N. Elnwshy, and F. Nwonwu. 2012. *Effect of environmental color on the behavioral and physiological response of Nile Tilapia, Oreochromis Niloticus*. Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences 12 (4): 10-20.
- Tamazouzt, L., B. Chatain and P. Fontaine. 2000. *Tank wall color and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (Perca fluviatilis L.)*. Aquaculture 182: 85-90.
- Volpato, G. L. 2000. *Aggression among farmed fish*. In: Flos R & Creswell L (Editors), *Aqua 2000: Responsible Aquaculture in the New Millennium*. European Aquaculture Society Special Publication, No. 28, Nice.
- Volpato, G. L. and R. E. Barreto. 2001. *Environmental blue light prevents stress in the fish Nile tilapia*. Brazilian Journal of Medical and Biological Research 34: 1041-1045.
- Volpato, G.L., C. R. A. Duarte, and A. C. Luchiar. 2004. *Environmental color affects Nile Tilapia reproduction*. Brazilian Journal of Medical and Biological Research 37: 479-483.

## Profil Glukosa Darah dan Pertumbuhan Mencit (*Mus musculus L.*) Jantan Diabetik yang Mendapat Perlakuan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum* [Wight.] Walp.)

**Rahmatia Kasim Koly, Ermelinda D. Meye, Vinsensius M. Ati**

*Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang*  
*Email : vinsen\_v@yahoo.com*

Penelitian dilakukan untuk mengetahui profil glukosa darah dan pertumbuhan mencit jantan diabetik yang mendapat perlakuan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum* [Wight.] Walp.). Dua puluh ekor mencit Swiss Webster jantan dikelompokkan dalam lima perlakuan masing-masing K0 (kontrol normal, mencit tidak diberi aloksan dan ekstrak daun salam), K1 (kontrol hiperglikemik, mencit aloksan diabetes tidak diberi ekstrak daun salam), K2 (mencit aloksan diabetes, diberikan 0,0125 mL larutan ekstrak daun salam setara dengan 2,5 mg ekstrak/20 g berat badan mencit), K3 (mencit aloksan diabetes, diberikan 0,025 mL larutan ekstrak daun salam setara dengan 5,09 mg ekstrak/20 g berat badan mencit), K4 (mencit aloksan diabetes, diberikan 0,050 mL larutan ekstrak daun salam setara dengan 10,19 mg ekstrak/20 g berat badan mencit). Kadar glukosa darah mencit diukur menggunakan kit glukometer pada hari ke-15 setelah perlakuan ekstrak daun salam dan 7 hari setelah perlakuan ekstrak dihentikan sedangkan berat badan diukur pada hari ke-7 dan hari ke-15. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun salam dapat menurunkan kadar glukosa darah dan sebaliknya meningkatkan berat badan mencit hiperglikemik pada hari ke-15. Dosis yang memberikan efek yang paling nyata terhadap penurunan kadar glukosa darah maupun peningkatan berat badan mencit adalah 0,050 mL larutan mengandung 10,19 mg ekstrak daun salam.

Kata kunci : Glukosa Darah, Ekstrak Daun Salam, Aloksan, Mencit

### PENDAHULUAN

Kekurangan hormon insulin dapat mengganggu pemanfaatan glukosa sebagai sumber energi bagi sel tubuh. Respon pemanfaatan glukosa darah yang rendah oleh sel mengakibatkan penimbunan glukosa di dalam darah (hiperglikemia) yang selanjutnya akan diekskresi melalui kemih tanpa digunakan (Tjay dan Raharja, 2002 dalam Hapsoro, 2009). Kelainan metabolik demikian disebut diabetes mellitus (DM). Penggunaan obat dalam penanganan diabetes melitus hanya sebagai pelengkap dari diet apabila pengaturan diet tidak dapat mengendalikan kadar gula dalam darah (Studiawan, 2005). Pemakaian obat antidiabetes oral dalam jangka panjang dapat mengakibatkan komplikasi liver dan ginjal sehingga pada akhirnya penderita diabetes akan menderita sakit lever, sirosis, kanker hati maupun gagal ginjal. Oleh sebab itu telah dikembangkan sistem pengobatan tradisional untuk diabetes mellitus yang relatif aman (Agoes, 1991 dalam Studiawan, 2005).

Pemanfaatan obat tradisional sebagai alternatif layanan kesehatan merupakan salah satu pilihan tepat karena selain relatif aman untuk dikonsumsi dan mudah diperoleh, pengobatan tradisional juga tidak membutuhkan biaya yang besar karena dapat diperoleh dari alam. Tanaman obat memiliki kelebihan dalam pengobatan DM dibandingkan dengan obat sintetik karena memiliki fungsi konstruktif yaitu membangun kembali jaringan-jaringan yang rusak serta menyembuhkan penyakit komplikasi yang lain. Dengan demikian yang diharapkan dari tanaman obat adalah perbaikan kerusakan fungsi pankreas, peningkatan efektifitas insulin yang dihasilkan dan penyembuhan penyakit komplikasi akibat DM (Anonim, 2009).

Salah satu tanaman yang berkasiat obat dan berpotensi dalam pengobatan tradisional DM adalah tanaman salam (*Syzygium polyanthum* [Wight.] Walp.). Daun tanaman salam selain digunakan oleh masyarakat Indonesia sebagai pelengkap bumbu dapur diketahui berkasiat pula dalam pengobatan kolesterol tinggi, kencing manis (diabetes mellitus), tekanan darah tinggi (hipertensi), sakit maag (gastritis), dan diduga komponen kimia yang terkandung di dalamnya mempunyai aktivitas sebagai obat asam urat (Wijayakusuma, 2002 dalam Utami, 2008) dan anti diare (Malik dan Ahmad, 2013).

Sebagian kecil masyarakat telah mengetahui tentang manfaat daun tanaman salam sebagai obat. Namun, dosis yang digunakan untuk penyembuhan DM merupakan dosis warisan yang membutuhkan pembuktian ilmiah. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh dan dosis efektif ekstrak daun salam (*S. polyanthum* [Wight.] Walp.) terhadap profil glukosa darah dan pertumbuhan mencit (*Mus musculus L.*) jantan diabetes. Keutamaan dari penelitian ini adalah tersedianya informasi ilmiah sebagai acuan dalam pengobatan alternatif DM dengan dosis yang efektif.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana selama dua bulan pada Desember 2011 sampai dengan Januari 2012. Peralatan yang digunakan meliputi kandang mencit terbuat dari kaca berukuran 20 x 20 x 20 cm<sup>3</sup> sebanyak 20 buah, timbangan digital (Ohaus, ketelitian 0,01 gram), syringe (1 mL), wadah pakan dan air minum terbuat dari plastic, jarum gavage, glukometer (Nesco, ketelitian 1 mg/dL), blender (philips), *rotary evaporator* merek Buchi, gelas beaker (1000 ml), alat tulis menulis dan camera digital (Epzon).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi ekstrak daun salam *S. polyanthum* [Wight.] Walp.), 20 ekor mencit jantan jenis Swiss Webster berumur 2 – 2,5 bulan dengan berat badan berkisar 20 – 30 g (Griya Tiput Kompleks Universitas Brawijaya Malang), pellet jenis BR-II (PT Turbo BS12 Indonesia), aloksan monohidrat (C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O) (Zigma A-7413), aquabidest, aquadest, dan ethanol 96%, kertas saring Whatman (No. 42) dan sekam padi.

Mencit diaklimasi selama 1 minggu. Selama aklimasi mencit hanya diberi pakan dan air minum secara *ad libitum*. Selanjutnya dikelompokkan atas mencit normal dan mencit hiperglikemik atau mencit diabetes. Mencit diabetes diperoleh dengan cara mencit diinjeksi aloksan dengan dosis 150 mg/kg-bb. Dengan dosis tersebut setelah 7 hari, kadar glukosa darah meningkat melebihi 200 mg/dL dan dinyatakan sebagai mencit diabetes (Studiawan, 2005) atau disebut mencit aloksan diabetes.

Berdasarkan hasil pemetaan level glukosa, mencit dikelompokkan dalam 5 perlakuan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Setiap perlakuan diulang 4 kali sehingga diperoleh 20 unit percobaan. Perlakuan tersebut meliputi meliputi K0 (kontrol normal, mencit tidak diberi aloksan dan ekstrak daun salam), K1 (kontrol hiperglikemik, mencit aloksan diabetes tidak diberi ekstrak daun salam), K2 (mencit aloksan diabetes, diberikan 0,0125 mL larutan ekstrak daun salam setara dengan 2,5 mg ekstrak/20 g berat badan mencit), K3 (mencit aloksan diabetes, diberikan 0,025 mL larutan ekstrak daun salam setara dengan 5,09 mg ekstrak/20 g berat badan mencit), K4 (mencit aloksan diabetes, diberikan 0,050 mL larutan ekstrak daun salam setara dengan 10,19 mg ekstrak/20 g berat badan mencit). Ekstrak diberikan secara oral kepada mencit menggunakan jarum gavage setiap hari pada pukul 09.00 wita selama 15 hari.

Variabel yang diamati meliputi level glukosa darah (mg/dL) dan bobot badan (g). Mencit dipuasakan selama ± 16 jam sebelum dilakukan pengukuran kadar glukosa darah mengacu pada manual kit glukometer. Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan pada hari ke-15 setelah mencit diberi perlakuan dan 7 hari setelah perlakuan dihentikan. Sedangkan berat badan diukur pada hari ke-7 dan hari ke-15 selama perlakuan. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan Analisis Varians dan dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan signifikan antar perlakuan (Steel and Torrie, 1993).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kadar Glukosa Darah*

Berbagai dosis pemberian ekstrak daun salam sangat nyata ( $P < 0,01$ ) menurunkan kadar glukosa darah pada hari ke-15. Efek penurunan glukosa darah berbanding lurus dengan dosis ekstrak daun salam yang diberikan. Dosis dengan efek penurunan kadar glukosa darah mencit terbaik adalah 10,19 mg (K4), disusul dengan dosis 5,09 mg (K3) dan 2,5 mg (K2).

Tabel 1. Kadar Glukosa Darah Mencit (*Mus musculus L.*)

Perlakuan	Glukosa Darah (mg/dL)	
	Hari ke-15 sejak perlakuan	7 hari setelah perlakuan dihentikan
Kontrol (K0)	105,75 <sup>a</sup> ±6,45	108,75 <sup>a</sup> ±6,60
Dosis 0 (K1)	220,00 <sup>b</sup> ±2,16	222,50 <sup>b</sup> ±2,38
Dosis 2,5 mg (K2)	174,50 <sup>c</sup> ±2,65	184,00 <sup>c</sup> ±2,94
Dosis 5,09 mg (K3)	172,50 <sup>c</sup> ±2,08	180,50 <sup>c</sup> ±2,65
Dosis 10,19 mg (K4)	149,00 <sup>d</sup> ±4,55	161,75 <sup>d</sup> ±8,06

Ket: angka-angka yang diikuti dengan huruf berbeda pada kolom sama, berbeda nyata ( $P < 0,05$ ).

Profil glukosa darah mencit yang mendapat dosis 2,5 mg/20 g berat badan (K2) dan 5,09 mg/20 g berat badan (K3) tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ). Dengan perlakuan (K3) belum memberikan respon yang optimal terhadap penurunan glukosa darah dibandingkan dengan K2.

Sebaliknya dengan dosis 10,19 mg/20 g berat badan (K4) memberikan efek hipoglikemik lebih nyata. Dosis ini mengandung senyawa aktif *hipoglikemik* yang cukup memadai dalam menekan kadar glukosa darah. Daun salam bersifat antioksidan karena mengandung fenol, flavonoid, galat dan kaffeic (Har dan Ismail, 2012). Senyawa golongan flavonoid terutama dalam bentuk glikosida yang terkandung dalam daun salam diduga berperan sebagai penangkap radikal hidroksil yang mencegah aksi diabetogenik dari aloksan (Studiawan, 2005). Flavonoid dapat meningkatkan pengeluaran insulin yang dihasilkan sel beta pankreas dengan cara perubahan metabolisme  $Ca^{2+}$  sehingga menurunkan kadar glukosa (Kautsari dkk, 2010).

Dalam penelitian ini, berbagai dosis ekstrak daun salam menekan kadar glukosa darah mencit hiperglikemik namun secara nyata level glukosa darah masih lebih tinggi dibanding mencit normal. Kondisi faal tersebut diduga sebagai akibat penerapan dosis yang belum tepat dan waktu pemberian yang relatif singkat. Sehingga, aktivitas degeneratif oleh aloksan terhadap sel beta pankreas belum dapat teregenerasi secara optimal. Menurut Kautsari dkk, (2010), hewan coba disuntikkan diabetogen aloksan mengalami komplikasi awal dari diabetes melitus karena aloksan menghancurkan sel-sel beta pulau Langerhans pankreas, sedangkan sel alfa tetap utuh sehingga jumlah insulin menurun dan menimbulkan peningkatan glukosa darah. Efek diabetogenik aloksan ini dapat dicegah oleh senyawa penangkap radikal hidroksil (Studiawan, 2005).

Setelah 7 hari perlakuan ekstrak dihentikan kadar glukosa darah mencit menunjukkan adanya kenaikan yang berarti. Peningkatan kadar glukosa darah tersebut mengindikasikan bahwa ekstrak daun salam memberikan efek hipoglikemik. Ketika perlakuan dengan ekstrak dihentikan kadar glukosa darah mencit mengalami peningkatan sebagai akibat berkurang atau tidak adanya faktor penangkap radikal hidroksil yang membantu pengeluaran insulin (Noffritasari, 2006). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa ekstrak daun salam mempunyai kemampuan menurunkan kadar glukosa darah tergantung pada dosis yang diberikan. Pemberian obat-obat tradisional termasuk ekstrak daun salam sebaiknya digunakan untuk pengobatan dalam jangka waktu yang panjang. Penggunaan obat tradisional dalam jangka panjang dengan dosis yang diketahui pasti memiliki efek samping yang relatif kecil (Anonim, 1992 dalam Meye, 2002).

#### **Berat Badan**

Bobot badan mencit hari ketujuh dan hari kelima belas dari mencit aloksan diabetes (K1) berbeda sangat signifikan ( $P < 0,01$ ) dengan mencit normal (K0) maupun mencit aloksan diabetes yang mendapat perlakuan berbagai dosis ekstrak daun salam (K2, K3 dan K4). Mencit normal maupun mencit K2, K3 dan K4 memiliki berat badan yang relatif lebih tinggi dibanding dengan mencit aloksan diabetes tanpa perlakuan ekstrak daun salam. Mencit aloksan diabetes yang mendapat perlakuan K2, K3 dan K4 memiliki rerata bobot badan yang lebih rendah secara signifikan dibanding mencit normal namun tidak berbeda nyata diantara kelompok perlakuan ekstrak daun salam. Status fisiologi ini menunjukkan bahwa aloksan memberikan kontribusi negatif terhadap tampilan berat badan mencit.

Tabel 2. Berat Badan Mencit (*Mus musculus L.*)

Perlakuan	Berat Badan (gram)	
	Hari ke-7	Hari ke-15
Kontrol (K0)	27,878 <sup>a</sup> ±2,013	27,458 <sup>a</sup> ±2,051
Dosis 0 (K1)	24,205 <sup>c</sup> ±1,982	23,223 <sup>c</sup> ±1,930
Dosis 2,5 (K2)	25,335 <sup>b</sup> ±3,046	25,858 <sup>b</sup> ±3,025
Dosis 5,09 (K3)	25,188 <sup>b</sup> ±3,186	25,780 <sup>b</sup> ±3,186
Dosis 10,19 (K4)	25,475 <sup>b</sup> ±2,096	26,388 <sup>b</sup> ±2,080

Ket: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada setiap kolom berbeda nyata.

Penurunan berat badan pada mencit aloksan diabetes berkaitan dengan ketidakmampuan pemanfaatan glukosa yang dipicu kekurangan insulin karena induksi aloksan merusak sel beta pankreas penghasil hormon insulin (Szkudelski, 2001 dalam Suarsana dkk, 2010). Insulin berperan meningkatkan pemanfaatan glukosa dalam pembentukan glikogen, lemak dan protein di otot maupun hati (Hadley, 1992). Sehingga defisiensi insulin akan mengganggu metabolisme glikogen, protein dan lemak yang mempengaruhi penurunan berat badan. Dengan pemberian ekstrak daun salam pada dosis 10,19 mg/20 g BB dapat memperbaiki performa berat badan mencit. Scalbert *et al* (2005) dalam Suarsana dkk (2010) menyatakan senyawa yang termasuk golongan polifenol selain memiliki aktivitas antioksidan juga memiliki fungsi biologis memperbaiki metabolisme

glukosa atau bersifat antidiabetogenik. Siswoyo (2004), Nuraliev dan Avezov (1992), Winarto (2003) dalam Kautsari (2010) menyatakan bahwa flavonoid dapat meningkatkan pengeluaran insulin dari sel beta pankreas dengan cara perubahan metabolisme  $Ca^{2+}$  yang memicu penurunan glukosa darah. Glukosa di dalam darah akan dimanfaatkan sebagai sumber energi dan kelebihanannya disimpan sebagai energi cadangan dalam bentuk glikogen, lemak dan protein (Hadley, 1992). Dalam penelitian ini peningkatan berat badan mencit aloksan diabetes diduga berkaitan dengan aktivitas antioksidan dan perbaikan fungsi biologis oleh metabolit sekunder yang terkandung dalam daun salam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Khasiat Tanaman Salam Untuk Kesehatan. <http://www.smallcrab.com/kesehatan/110-salam-dan-khasiatnya>. (Dikunjungi 29 Januari 2011).
- Hadley, Mc E. 1992. Endocrinology. Third Edition. Prentice Hall Inc. New Jersey. USA. P. 271 - 283
- Hapsoro, S.E. 2009. Uji Penurunan Kadar Glukosa Darah Tablet effervescent Kombinasi Ekstrak Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.) dan Herba Sambiloto (*Andrographis paniculata* [Burm.f.] NESS) Pada Tikus Yang Dibeberatkan Glukosa. Skripsi. Fakultas Farmasi Univ. Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Har, Lee Wei dan Intan Safinar Ismail. 2012. Antioxidant activity, total phenolics and total flavonoids of *Syzygium polyanthum* (Wight) Walp leaves. *Int. J. Med. Arom. Plant.* 2 (2) : 219 – 228
- Malik, A., Aktsar Roskiana Ahmad. 2013. Antidiarrheal activity of etanolic extract of bay leaves (*Syzygium polyanthum* [Wight.] Walp.). *Int. Research Journal of Pharmacy.* 4 (4) : 106 - 108
- Kautsari, S., Priyo Susatyo, Evi Sulistyoningrum. 2010. Tinjauan histologis pembuluh darah tikus putih (*Rattus norvegicus*) diabetes yang diberi rebusan daging buah mahkota dewa (*P. macrocarpha* Scheff. [Boerf.]). *Mandala of Health.* 4 (2) : 92 - 96
- Meye, E.D. 2002. Pengaruh Ekstrak Daun Lidah Buaya (*Aloe vera* L.) Terhadap Kadar Kolesterol Total Serum Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus* L.) Jantan Diabetik. Skripsi. Fakultas Biologi UGM Yogyakarta. Yogyakarta.
- Noffritasari, B. 2006. Pengaruh Pemberian Infusa Daun Kacapiring (*Gardenia augusta* Merr.) Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar Yang Diberi Beban Glukosa. Skripsi. Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Semarang.
- Steel, R. G. D, dan J. H. Torrie. 1993. Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik. Alih Bahasa : B. Sumantri. Gramedia. Jakarta.
- Studiawan, H. dan Mulja H. Santosa. 2005. Uji Aktivitas Penurun Kadar Glukosa Darah Ekstrak Daun *Eugenia polyantha* pada Mencit yang Diinduksi Aloksan. *Media Kedokteran Indonesia.* 21 (2) : 62 - 65
- Suarsana, I. N., B. P. Priosoeryanto, Tutik Wresdiyati, dan Maria Bintang. 2010. Sintesis glikogen hati dan otot pada tikus diabetes yang diberi ekstrak tempe. *Jurnal Veteriner.* 11 (3) : 190 - 195
- Utami, I.W. 2008. Efek Fraksi Air Ekstrak Etanol Daun Salam (*Syzygium polyanthum* [Wight.] Walp.) Terhadap Penurunan Kadar Asam Urat Mencit Putih (*Mus musculus*) galur Balb-C Yang Diinduksi Dengan Kalium Oksonat. Skripsi. Fakultas Farmasi Univ. Muhammadiyah Surakarta.

## Sinyal Transduksi Senyawa Kurkumin dalam Menghambat Steroidogenesis Sel Luteal

**Endang Purwaningsih**

*Bagian Anatomi (Biologi) FK Universitas YARSI, Jakarta*

Korpus luteum merupakan organ endokrin yang berperan penting untuk kelangsungan siklus reproduksi dan kehamilan. Korpus luteum tersusun atas sel-sel steroidogenik yang disebut sel luteal. Fungsi utama korpus luteum adalah memproduksi progesteron, mengontrol panjang siklus menstruasi dan menentukan kelangsungan implantasi. Steroidogenesis sel luteal melibatkan aktivitas hormon antara lain LH dan  $PGF2\alpha$ . LH bersifat gonadotropik sedangkan  $PGF2\alpha$  bersifat anti gonadotropik. Dengan rangsangan LH, sel luteal dapat mensekresi progesteron dengan melibatkan aktivitas adenilatsiklase, pembentukan cAMP, fosforilasi ERK, dan ekspresi sitokrom P450<sub>scc</sub> dengan menghambat sinyal transduksi pada aktivitas tersebut. Kurkumin sebagai senyawa yang berpotensi sebagai anti fertilitas dapat menghambat sinyal transduksi pada steroidogenesis sel luteal dengan menghambat sekresi progesteron. Hambatan kurkumin terhadap sekresi progesteron dapat terjadi melalui sinyal transduksi *up stream* adenilatsiklase, *upstream* cAMP, *up stream* MAP Kinase ERK, dan *up stream* sitokrom P450<sub>scc</sub>.

Kata kunci: Progesterone, cAMP, ERK, sitokrom P450<sub>scc</sub>

## Korelasi Mikrodelesi Gen AZFc dengan Kemampuan Membuahi Sel Telur pada Pria Azoospermia dan Oligozoospermia Berat yang Mengikuti Program ICSI

Dwi Anita Suryandari<sup>1</sup>, Budi Wiweko<sup>2</sup>, Silvia W Lestari<sup>1</sup>, Luluk Yunaini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi Kedokteran FKUI

<sup>2</sup>Ina Repromed Klinik Yasmin, RSCM-FKUI

Email: anitabio@yahoo.co.uk

Proses spermatogenesis dikontrol oleh lokus gen spesifik pada region Yq11. Adanya mikrodelesi gen atau kelompok gen pada kromosom Y yang berperan dalam pengaturan spermatogenesis diduga akan menyebabkan infertilitas pria dan mempengaruhi kemampuan sperma membuahi sel telur. Kluster gen pada Yq11 didefinisikan sebagai *azoospermic factor* (AZF) diketahui memiliki 3 sub region *non overlapping* yaitu AZFa, AZFb, AZFc. Sub region ini terletak pada bagian proksimal, sentral dan distal region Yq11. Tujuan penelitian untuk mengetahui frekuensi delesi gen AZFc pada pria Indonesia yang mengikuti program fertilisasi in vitro di Klinik Yasmin, RSCM dan untuk mengetahui hubungan antara region AZFc kromosom Y yang mengalami delesi dengan kemampuan membuahi sel telur pada pria oligozoospermia berat dan azoospermia yang mengikuti program ICSI. Analisis dilakukan pada region AZFc melibatkan 16 STS (*sekuen tagged sites*), yaitu: sY14, SRY, sY157, sY169, sY239, sY242, sY254, sY255, sY1191, sY1196, sY1291, RBM1, RBM2, SPGY dan DAZ3. Analisis mikrodelesi sekuen AZFc menggunakan teknik PCR. Frekuensi delesi yang ditemukan pada 109 pria berkisar antara 2,7 hingga 9 persen untuk primer sY14, SRY, sY157, sY169, sY239, sY242, sY254, sY255, sY1191, sY1196, sY1291, RBM1, RBM2, SPGY dan DAZ3. Delesi yang paling banyak dijumpai dalam penelitian ini adalah delesi pada primer sY159 sebanyak 97,3% dan sY242 sebanyak 71,6%. Seluruh pria yang dianalisis gen AZFc kromosom Y baik yang mengalami delesi maupun yang tidak mengalami delesi mempunyai kemampuan membuahi sel telur pasangannya. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa delesi pada region AZFc kromosom Y tidak mempengaruhi kemampuan sperma dalam membuahi sel telur.

Kata kunci: azoospermia, oligozoospermia, gen AZFc

### PENDAHULUAN

Kemandulan pada pria dapat disebabkan oleh faktor lingkungan atau faktor genetik berupa kelainan kromosom atau kelainan gen. Berdasarkan hasil analisis kariotip kromosom Y pada beberapa pria azoospermia yang dilakukan oleh Tiepollo dan Zuffardi (1976) diketahui bahwa gen-gen pada kromosom Y berperan penting dalam spermatogenesis. Adanya delesi pada gen-gen tersebut menyebabkan berkurangnya jumlah spermatisit dan hambatan pembentukan spermatid hingga tidak terjadinya spermatogenesis.

Pemetaan gen dilakukan dengan menggunakan teknik *banding* menunjukkan bahwa gen-gen berperan pada spermatogenesis terdapat pada interval 6D kromosom Y lengan panjang pada region 11-23 (Yq11.23) yang terdiri dari  $5 \times 10^6$  pasang basa dan dinamakan AZF (*azoospermic factor*). Ditemukan pula gen lain yang juga berperan penting dalam proses diferensiasi dan perkembangan testis yaitu gen SRY (*The sex determining region on Y*). Gen tersebut terletak pada kromosom Y lengan pendek. Selanjutnya gen SRY digunakan sebagai faktor penentu secara molekuler untuk identifikasi janin laki-laki. Pemetaan gen pada kromosom Y dilakukan dengan mengamplifikasi sikuens DNA yang terdapat pada interval tersebut (D1-D25). Mutasi seringkali ditemukan pada bagian proksimal Yq11(D3-D6) yang selanjutnya disebut AZFa, pada bagian tengah Yq11 (D13-16) yang selanjutnya disebut AZFb dan bagian distal Yq11 (D20-22) yang selanjutnya disebut AZFc.

Penelitian mengenai mikrodelesi kromosom Y telah dilakukan di banyak negara Eropa dan Asia. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa frekuensi dan region kromosom Y yang mengalami delesi pada tiap negara berbeda-beda. Diantara ketiga region, daerah yang paling sering ditemukan delesi terletak pada region AZFc. Perbedaan frekuensi dan daerah yang mengalami delesi antar negara menunjukkan bahwa frekuensi mikrodelesi kromosom Y dipengaruhi oleh ras dan letak geografis.

Penelitian mikrodelesi kromosom Y telah dilakukan pada pria di Indonesia dengan kriteria asthenozoospermia, oligozoospermia berat dan azoospermia. Pada penelitian tersebut, dilakukan analisis delesi pada region AZFa, AZFb dan AZFc. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa delesi pada populasi Indonesia hanya ditemukan pada region AZFc dengan kisaran bervariasi antara 2-5%. Pada penelitian pendahuluan, kami hanya menghitung frekuensi delesi beberapa primer yang terdapat pada region AZFa, AZFb dan AZFc pada pria infertil namun hingga saat ini belum

diketahui bagaimana hubungan antara delesi gen AZF dengan kemampuan sperma dalam membuahi sel telur.

Hingga saat ini belum diketahui bagaimana hubungan antara region kromosom Y yang mengalami delesi dengan kualitas spermatozoa pada pria oligozoospermia dan azoospermia. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mikrodelesi kromosom Y yang dikorelasikan dengan kemampuan sperma dalam membuahi sel telur.

Berdasarkan pengalaman di Rumah sakit yang mengembangkan program ICSI, tingkat keberhasilan memperoleh anak dari program ini hanya berkisar 30-40% selebihnya belum diketahui penyebabnya secara pasti. Salah satu penyebabnya mungkin disebabkan kualitas sperma yang kurang baik yang disebabkan hilangnya beberapa region dari kromosom Y yang berperan menentukan keberhasilan fertilisasi. Hingga saat ini belum diketahui hubungan antara region AZFc kromosom Y yang mengalami delesi dengan kualitas sperma pria oligozoospermia berat dan azoospermia yang mengikuti program IVF di Indonesia.

#### **Tujuan :**

1. Untuk mengetahui frekuensi delesi gen AZFc pada pria Indonesia yang mengikuti program fertilisasi in vitro di Klinik Yasmin, RSCM.
2. Untuk mengetahui hubungan antara region AZFc kromosom Y yang mengalami delesi dengan kualitas sperma pria oligozoospermia berat dan azoospermia yang mengikuti program ICSI.

#### **Manfaat :**

Hasil penelitian ini dapat dijadikan faktor prediksi kemampuan sperma dari pria azoospermia dan oligozoospermia berat dalam membuahi sel telur dalam program ICSI. Dalam skala yang lebih luas hasil penelitian ini juga dapat diaplikasikan di seluruh Rumah Sakit di Indonesia yang mengembangkan program IVF. Hasil penelitian ini juga penting dalam konsultasi genetik karena bila seorang pria yang mengalami delesi kromosom Y mengikuti program IVF, maka kelainannya ini kemungkinan akan ditransmisikan kepada anak laki-lakinya.

### **METODE PENELITIAN**

Sampel berupa darah tepi 3 ml pria oligozoospermia berat dan azoospermia yang mengikuti program IVF di Klinik Yasmin, RSCM. Sampel diambil dari pasien setelah terlebih dahulu menandatangani *informed consent*. Darah tepi dimasukkan ke dalam tabung vacuteiner yang berisi zat antikoagulan EDTA untuk selanjutnya diisolasi DNA.

#### **CARA KERJA**

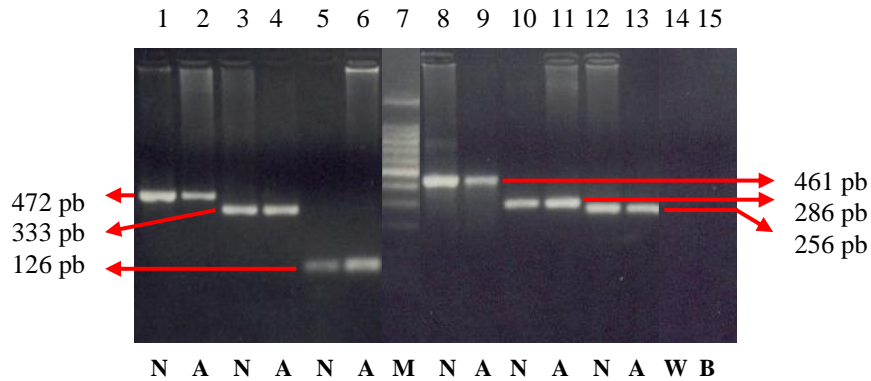
Sampel darah tepi sebanyak 3 mL diambil dari subyek penelitian dimasukkan kedalam tabung vacutainer yang mengandung zat antikoagulan (EDTA). Analisis delesi fragmen kromosom Y dilakukan menggunakan metode PCR (*Polymerase Chain Reaction*) pada mesin *Gene Amp PCR System 9700 (Perkin Elmer)*. Deteksi dilakukan menggunakan 11 primer yang ditentukan berdasarkan frekuensi terbanyak yang dihasilkan dari penelitian terdahulu. (tabel 1)<sup>9</sup>. Volume setiap reaksi adalah 25 µl yang terdiri atas 5 µl genom dan 20 pmol setiap pasang STS, larutan dapar (10 mM Tris HCl pH 8,3; 50 mM KCl, 1,5 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 mM dNTP dan 1,25 unit Taq DNA polymerase. Selanjutnya campuran DNA mix dimasukkan ke dalam mesin PCR diamplifikasi melalui tahap denaturasi, anealing dan elongasi/ekstensi. Selanjutnya campuran tersebut diamplifikasi sebanyak 35 siklus pada kondisi yang berbeda-beda untuk setiap primer (Tabel 2). Amplikon divisualisasi secara biokimia dengan elektroforesis pada gel agarose 1 % yang telah diwarnai Ethidium bromida, kemudian didokumentasikan dengan film Polaroid. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya pita dengan ukuran yang sesuai dengan panjang amplifikasi yang telah didisain sebelumnya.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

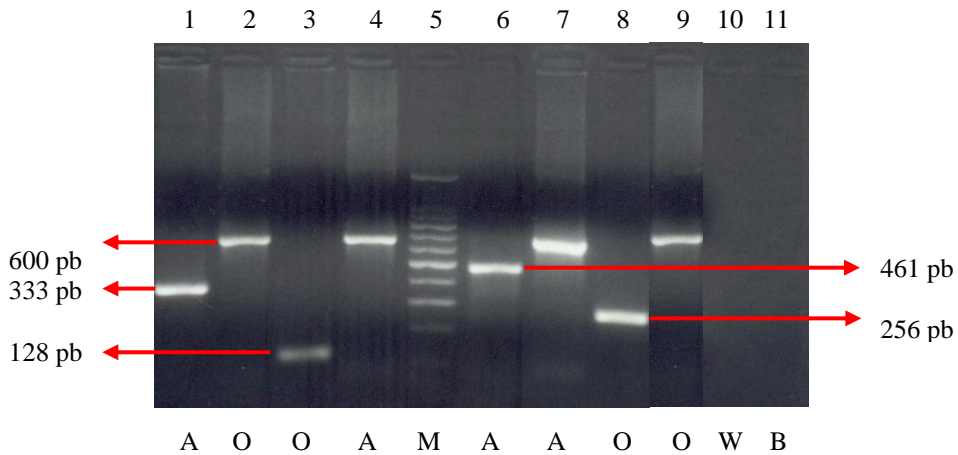
Penelitian ini melibatkan 109 pria infertil yang mengikuti program fertilisasi berbantuan dimana pasangannya/ istrinya telah dinyatakan mempunyai kualitas ovum yang baik. Analisis delesi kromosom Y dilakukan dengan teknik PCR menggunakan primer spesifik pada region AZFc. Primer yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 16 primer pada region AZFc yaitu : sY14, SRY, sY157, sY169, sY239, sY242, sY254, sY255, sY1191, sY1196, sY1291, RBM1, RBM2, SPGY dan DAZ3. Frekuensi delesi yang ditemukan pada 74 pria berkisar antara 2,7% hingga 12,2% untuk primer sY14, SRY, sY157, sY169, sY239, sY242, sY254,



sY255, sY1191, sY1196, sY1291, RBM1, RBM2, SPGY dan DAZ3. Delesi yang paling banyak dijumpai adalah delesi pada primer sY159 sebanyak 97,3% dan sY242 sebanyak 71,6 % (Tabel 2). Seluruh pria yang dianalisis gen AZFc kromosom Y baik yang mengalami delesi maupun yang tidak mengalami delesi mempunyai kemampuan membuahi sel telur pasangannya. Hal ini memperlihatkan bahwa gen pada AZFc berperan dalam proses spermatogenesis sehingga adanya delesi atau kehilangan segmen tersebut akan mempengaruhi jumlah sel spermatozoa namun tidak mempengaruhi kemampuan sel sperma untuk membuahi sel telur. Namun demikian hal ini harus dibuktikan lebih lanjut karena proses pembuahan pada penelitian ini dilakukan dengan teknik berbantuan.



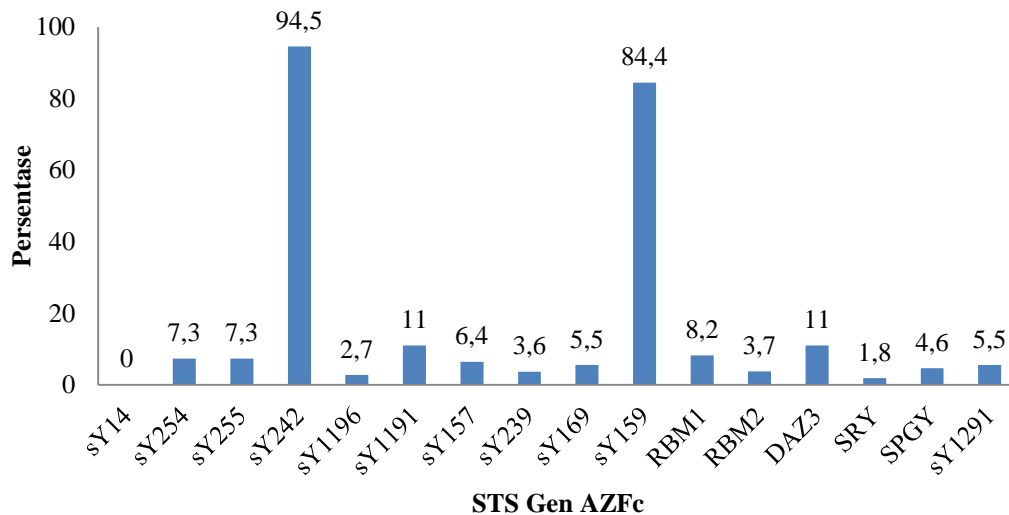
Gambar 1. Hasil elektroforesis amplifikasi menggunakan primer sY14, sY254, sY255, sY15, sY157, dan DAZ. Keterangan : pria normozoospermia (N), pria azoospermia tanpa mikrodelesi, kromosom Y (A), marker (M), wanita (W) dan blanko (B). sumur 1-2 = sY14, sumur 3-4 = sY254, sumur 5-6 = sY255, sumur 7 = marka 100 pb, sumur 8-9 = sY159, sumur 10-11 = sY157, sumur 12-13 = Y-DAZ3, sumur 14 = DNA wanita dan sumur 15 = blanko.



Gambar 2. Hasil elektroforesis amplifikasi menggunakan primer sY254 dan sY259 pada pria azoospermia dan oligozoospermia. Keterangan : pria normozoospermia (N), pria azoospermia (A) pria oligozoospermia (O), marker (M), wanita (W) dan blanko (B). Sumur 1 = sY254, sumur 3= sy 259 sumur 2,4,7,9 = DAZ3, sumur 5 = marker, sumur 10 = wanita dan sumur 11 = blanko.

Penelitian ini melibatkan 109 pria yang mengikuti program fertilisasi berbantuan di Klinik Yasmin dan telah didiagnosis bahwa pasangannya mempunyai sel ovum yang normal. Penghitungan jumlah sperma dilakukan menggunakan analisis semen berdasarkan kriteria WHO, pria yang mengikuti penelitian ini kebanyakan mengalami severe oligozoospermia dan 5 % diantaranya azoospermia dan satu orang mengalami syndrome OAT (oligo-athenoteratozoospermia). Pada penelitian ini di dapatkan bahwa frekuensi delesi yang ditemukan pada 109 pria berkisar antara 2,7% hingga 11% untuk primer sY14, SRY, sY157, sY169, sY239, sY242, sY254, sY255, sY1191, sY1196, sY1291, RBM1, RBM2, SPGY dan DAZ3 sedangkan delesi region AZFc yang ditemukan paling banyak adalah pada primer sY159 sebanyak 94,5% dan sY242 sebanyak 84,4 %. Hal ini berbeda dengan hasil yang ditemukan

di negara-negara Kaukasia seperti di Jerman, Belanda dan Brazillia bahwa delesi pada berbagai region berkisar 1-5 %. Primer pada AZFc yang ditemukan paling banyak yang mengalami delesi pada populasi Kaukasia adalah pada primer sY254 dan sY255 dengan kisaran 11% sedangkan pada populasi Indonesia ditemukan dengan frekuensi sebanyak 7,34%. Kehilangan region pada sY245 dan sY255 mampu mendeteksi hilangnya seluruh kopi gen DAZ atau mendeteksi kehadiran sedikitnya satu kopi gen yang mengandung sekuen penanda sehingga telah ditetapkan bahwa kedua primer tersebut merupakan prasyarat untuk pemeriksaan mikrodelesi untuk populasi Kaukasia<sup>10-13</sup>.



Gambar 3. Frekuensi mikrodelesi pada 109 pria yang mengikuti Program Fertilisasi Berbantuan di Klinik Yasmin, RSCM.

Bila dibandingkan dengan beberapa populasi lainnya di Asia seperti di Mesir dan India, delesi kromosom Y pada populasi pria di Indonesia ditemukan dengan frekuensi lebih tinggi. Jumlah mikrodelesi yang dijumpai pada populasi lain di Asia bervariasi berkisar 2% – 55%. El Awady *et al* (2004) menemukan frekuensi mikrodelesi kromosom Y sebanyak 12 % pada populasi Mesir, sementara Ambasadhan *et al* (2003) menemukan mikrodelesi pada populasi India dengan frekuensi 6,01%, sementara di Taiwan Lin *et al* (2002) menemukan 19 dari 180 pria mengalami delesi di satu atau lebih gen pada Kromosom Yq11 dan setelah dipilah ternyata delesi ditemukan pada 14 pria penderita azoospermia dan 5 pria oligozoospermia.

Perbedaan frekuensi delesi dan lokasi delesi pada beberapa populasi mungkin mencerminkan variasi populasi perbedaan etnik, latar belakang genetik atau berhubungan dengan lingkungan dan dipengaruhi oleh kriteria seleksi pasien, perbedaan STS (*sequence tagged site*) yang digunakan. Faktor lingkungan seperti peningkatan bahan-bahan penyebab mutasi di dalam lingkungan diduga berkontribusi terhadap terjadinya mikrodelesi kromosom Y, terlebih sampel pada penelitian ini diambil dari populasi pria yang tinggal di daerah DKI Jakarta yang sangat tinggi sumber polutannya.

Mekanisme bagaimana terjadinya mikrodelesi pada kromosom Y sampai saat ini masih menjadi kontroversi. Pada penelitian sebelumnya diasumsikan oleh beberapa peneliti bahwa mikrodelesi terjadi pada saat rekombinasi antara sekuen homolog berulang (contohnya perulangan Alu) pada kromosom X dan Y sedangkan peneliti lain berasumsi bahwa mikrodelesi terjadi akibat adanya ketidakseimbangan pertukaran kromatid pasangan yang homolog. Kedua asumsi tersebut dihubungkan dengan tingginya frekuensi sekuen yang berulang dan ketidakstabilan kromosom Y yang dikaitkan dengan *spontaneous suspected de novo*, hal ini membuktikan bahwa kromosom Y rentan terhadap mutasi gen. Diperkirakan bahwa 50-70% region non rekombinasi pada kromosom Y tersusun dari banyak elemen DNA repetitif. Delesi kromosom Y merupakan konsekuensi dari tingginya frekuensi elemen repetitif yang berkelompok sepanjang kromosom tersebut, yang dapat menyebabkan rekombinasi intra kromosom. Ketidakstabilan kromosom Y digambarkan dengan adanya transmisi delesi Y dari ayah yang fertil kepada anak laki-lakinya yang infertil, delesi ini dapat lebih luas pada anak dibandingkan dengan ayahnya. Kejadian ini dapat terjadi pada

kromosom Y haplotipe tertentu sehingga beberapa individu dapat menjadi lebih rentan terhadap delesi dibandingkan dengan yang lain<sup>15,17</sup>. Umur paternal yang semakin tua juga merupakan faktor resiko yang mengakibatkan kromosom Y menjadi lebih rentan terhadap delesi. Dalam penelitian ini, delapan puluh persen pria yang mengikuti program fertilisasi berbantuan berusia diatas 36 tahun dan ditemukan delesi pada 95% pria dan 37% diantaranya mengalami delesi lebih dari 3 primer yang diperiksa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi usia maka kemungkinan mengalami delesi pada kromosom Y nya semakin tinggi.

Pada penelitian ini pria yang mengalami delesi pada region AZFc mempunyai manifestasi klinik yang bervariasi yaitu severe oligozoospermia, oligozoospermia berat dan azoospermia. Bervariasinya fenotip pada pria tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan panjang fragmen yang mengalami delesi yang dapat menghilangkan secara utuh region AZFc atau bagian yang kecil seperti kluster gen atau beberapa STS. Namun demikian tidak selalu pria yang mengalami lebih dari satu STS yang delesi memperlihatkan fenotip yang lebih berat dibandingkan pria yang lain. Pengaruh lainnya kemungkinan adanya defek spermatogenik yang progresif. Pria oligozoospermia dapat menjadi azoospermia seiring dengan berjalannya waktu.

Penelitian ini memperlihatkan bahwa sperma yang mengalami delesi pada region AZFc masih mempunyai kemampuan untuk membuahi sel telur melalui proses IVF. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa gen AZFc berperan penting pada spermatogenesis sehingga delesi sebagian sekuen AZFc menyebabkan spermatogenic arrest yang menyebabkan penurunan kuantitas sperma sehingga tidak mencukupi jumlahnya untuk berlangsungnya fertilisasi secara alami. Sperma yang mengalami delesi pada gen AZFc tidak kehilangan kemampuannya dalam membuahi sel telur.

#### KESIMPULAN

1. Frekuensi mikrodelesi pada pria di Indonesia berkisar 2,7 %- 12,2% menggunakan primer gen AZFc (sY14, SRY, sY157, sY169, sY239, sY242, sY254, sY255, sY1191, sY1196, sY1291, RBM1, RBM2, SPGY dan DAZ).
2. Sperma yang mengalami delesi pada region AZFc kromosom Y tetap mempunyai kemampuan untuk membuahi sel telur.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Voght PH, Edelman A, Kirsch S, Hnegariu O, Hirschman P, Kiesewetter F. Human Y chromosome azoospermia factors (AZF) mapped to different subregions in Yq11. *Human Molecular Genetics*. 1996;5;7:933-43.
- Lou B, Lu XX, Xia YB, Gu AH, Lu CC, Wang W, Song L. A frequent Y chromosome b2/b3 subdeletion show strong association with male infertility in Han Chinese population. *Hum Reprod*. 2007.221(4);1107-13.
- Nudell DM, Pagani R, Lipshult L. Indications for genetic evaluation of men in a reproductive medicine program. *Braz J Urol*. 2001.27;105-119.
- Kleimann SE, Almoz R, Yogev L, Hausser R, Lehavi O, Paz G. Screening to partial AZFc microdeletion in the Y chromosome of infertile mens is it of clinical relevance?. *Fertil Steril*. 2012.98(1);43-47.
- Paolo NL, Carlos EP, Joso P. Genetic dissection of the AZF regions of the human Y chromosome; The thriller or filler for male (In)fertility?. *Journal of Biomedicine and biotechnology*. 2010.30(6);936-42.
- Ferlin A. Analysis of the DAZ gene family in cryptorchidism and idiopathic male infertility. *Fertil Steril*. 2004.81(4);1013-1018.
- Foresta C, Moro E, Ferlin A. Y chromosome microdeletion and alterations of spermatogenesis. *Endoc Review*. 2001.22(2);226-239.
- Simoni M, Gromoll J, Dwornick B, Rolf C, Abshagen K, KAmische C, Carani C, Meshede D, Behre H, Horst J, Nieschlag N: Crenning for deletion of the Y chromosome involving the DAZ (deleted in azoospermia) gene in azoospermia and severe oligozoospermia. *Fertil and Steril*. 1997.67;3;542-7.
- Ferlin A, Moro E, Garrola A, Foresta C. 1999. Human male infertility and Y chromosome deletion: role of the AZF candidate genes DAZ, RBM and DFFRY. *Hum Reprod*. 1999. 14(7);1710-1716.
- Elliot JD, Millar MR, Oghene K. Expression of RBM in the nuclei of human germ cells in dependent on a critical region of the Y chromosome long arm. *Genetics*. 1997. 94;3848-3853.
- Dada R, Gupta NP, Kucheria K. Yq microdeletion azoospermic factor candidate genes and spermatogenesis arrest. *J Bio Tech*. 2004.15;176-183.
- Sao Pedro SL, Fraitta R, Spaine D. Prevalence of Y chromosome deletion in a Brazilian population of non obstructive azoospermia and severe oligozoospermic men. *Braz J Med Biol Res*. 2003.36(6).787-793.
- Simoni M, Bakker E, Krausz C. EAA/EMQN best practice guideline for molecular diagnosis of Y chromosome microdeletion. State of the art. *Int J Androl*. 2004.27;1-10.

- El-Awady MK, El Shater FS, Ragaa E, Atef K. Molecular study on chromosom Y microdeletion in Egyptian males with idiopathic infertility. *Asian J Androl.* 2004. 6(1);55-57.
- Ambasudhan R, Singh K, Agarwal JK. Idiopathic cases of male infertility from a region in India show low incidence of the Y chromosome microdeletion. *J Biosci.* 2003.28(5);605-612.
- Lin YM, Lin YH, TEng YN. Gene based screening for Y chromosome deletions in Taiwanese men presenting with spermatogenic failure. *Fertil Steril.* 2002.77(5);879-903.
- Ghorbian S. Routine diagnostic testing of Y chromosome deletions in male infertile and subfertile. *Gene.* 2012.503(2);160-64.
- Jorgens CJ, Weedan JW, Sahim A, Johnson LM, Hans J, Bournet JC, Mielnick A. Abberation in pseudoautosomal region (PARs) found in infertile men with Y chromosome microdeletion. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011. 96(4);674-79.

## Respon Fisiologi dari Tiga Genotipe Gandum terhadap Aplikasi Putresin

**Miftahudin, Shely Rahmalani, Yusi Nurmala, Tatik Chikmawati**

*Department Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Institut Pertanian Bogor  
Email: miftahudin@ipb.ac.id*

Budidaya gandum di dataran rendah dan sedang di Indonesia dihadapkan pada cekaman suhu tinggi. Peningkatan toleransi gandum terhadap cekaman suhu tinggi dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan senyawa kimia sejenis hormon tumbuhan atau osmoregulator melalui daun. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respon fisiologi tanaman gandum introduksi terhadap aplikasi putresin. Percobaan dilakukan di Cisarua dengan ketinggian tempat 700 dpl dan suhu rata-rata 25 C. Percobaan lapang ini merupakan percobaan faktorial yang terdiri dari 2 faktor dan disusun berdasarkan rancangan petak terbagi. Faktor pertama adalah aplikasi putresin 0, 1.25 dan 2.50 mM, sedangkan faktor kedua adalah tiga genotype gandum yaitu Munal, S-03 dan Dewata. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tinggi tanaman dan jumlah anakan dipengaruhi oleh interaksi antara genotype dan aplikasi putresin. Putresin dapat meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan pada Munal, tetapi tidak pada S-03 dan Dewata. Interaksi antara genotype dan aplikasi putresin juga berpengaruh terhadap luas daun bendera, tetapi dengan pola yang berbeda dengan respon tinggi tanaman dan jumlah anakan. Aplikasi putresin dapat menurunkan luas daun bendera. Kandungan klorofil daun tidak dipengaruhi oleh genotype dan perlakuan putresin. Hal yang menarik terjadi pada respon komponen reproduktif gandum. Umur berbunga lebih ditentukan oleh genotype dibanding oleh aplikasi putresin dan interaksinya, sedangkan umur panen dan periode pengisian biji dipengaruhi oleh genotype, aplikasi putresin dan interaksinya. Aplikasi putresin dapat memperpanjang umur panen dan periode pengisian biji berturut-turut 7 dan 7-9 hari pada genotype Munal, tetapi tidak pada S-03 dan Dewata. Genotype Munal lebih responsif terhadap aplikasi putresin dibanding dengan dua genotype yang lain.

Kata kunci : Cekaman Suhu Tinggi, Gandum, Putresin, Respon Fisiologi

## Analisis Pertumbuhan Kubis (*Brassica oleracea*) pada Tanah yang Terakumulasi Logam Cadmium (Cd)

**Kusdianti<sup>1</sup>, Rini Solihat<sup>1</sup>, Hafsa<sup>2</sup>, Gayatri Anggi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Universitas Pendidikan Indonesia*

<sup>2</sup>*Universitas Padjadjaran*

*Email : dianti\_msi@yahoo.com*

Pada sektor pertanian penggunaan pupuk dan pestisida telah biasa digunakan, tetapi penggunaan dalam jangka panjang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan tanaman pertanian itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan tanaman kubis pada tanah yang terakumulasi Logam Kadmium (Cd). Sampel tanaman berasal dari kebun kubis di Pangalengan Bandung, dengan parameter kandungan klorofil dan biomassa, serta kandungan Cd pada tanah, pupuk, pestisida dan tanaman Kubis. Pengambilan sampel dilakukan secara random. Pengukuran klorofil dan biomassa dilakukan setiap dua minggu, sedangkan kandungan logam pada tanah pada awal, tengah dan akhir tanaman serta kandungan logam pada kubis pada awal dan saat panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Cd dalam tanah telah melebihi ambang batas, sedangkan pada pupuk, pestisida dan pada tanaman menunjukkan hasil yang harus diwaspadai. Kandungan klorofil pada 2, 4, 6, 8 minggu setelah tanam (MST) menunjukkan hasil yang relatif stabil. Biomassa bertambah seiring dengan bertambahnya umur kubis. Dari data yang didapat menunjukkan dengan adanya logam Cd tidak berpengaruh pada klorofil dan biomassa, tetapi logam terakumulasi pada tanaman kubis.

Kata kunci : *Brassica oleracea*, Cadmium, Pertumbuhan, Ambang batas

## Pemajanan *Extremely Low Frequency-Electromagnetic Field* pada Mencit Strain Swiss Webster dan Implikasinya terhadap Folikel Sekunder

Puji Sari, Dwi Anita Suryandari, Monika Besti Yolanda

Departemen Biologi Kedokteran FKUI

Email : puji\_sari@yahoo.com

Penggunaan peralatan listrik dewasa kini makin meningkat, sehingga manusia tanpa disadari dapat terpajan dengan peralatan yang terdapat *Extremely Low Frequency - Electromagnetic Field* (ELF-EMF). Telah diketahui bahwa pengaruh ELF-EMF pada beberapa spesies hewan dapat mempengaruhi aktivitas sekresi kelenjar hipofisis dan menurunkan efek biologis dari melatonin. Melatonin sendiri berperan dalam meregulasi *Luteinizing Hormone Releasing Hormone* (LHRH) di hipotalamus, yang akan mempengaruhi gonadotropin FSH dan LH. Selanjutnya dapat mengubah produksi hormon seks steroid, dan berakibat pada perubahan siklus reproduksi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemajanan ELF-EMF terhadap jumlah dan morfologi folikel sekunder dan tersier serta melihat ada tidaknya efek kumulatif pemajanan pada tiap generasi. Dua belas pasang mencit parental yang mendapatkan empat perlakuan pemajanan. Beberapa mencit dari tiap perlakuan dikawinkan untuk mendapatkan mencit generasi pertama, kedua dan ketiga. Mencit lainnya dietanasi untuk diambil ovariumnya dan dijadikan preparat. Jumlah preparat yang digunakan yang dianalisis adalah 60 sampel. Setiap sampel diamati untuk mendapatkan jumlah folikel sekunder normal, dan folikel sekunder atresia. Uji Kruskal Wallis dan post Hoc didapatkan perbedaan yang bermakna pada folikel sekunder tegangan 3, 4, 5 kV pada F2 ( $p \leq 0,05$ ) serta F3 antara tegangan 3 dengan 4 kV; 3 dengan 5 kV ( $p \leq 0,05$ ). Hasil folikel sekunder atresia kelompok kontrol, 3 kV, 4 kV dan 5 kV pada generasi F2 menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna ( $p \leq 0,05$ ); pada kontrol dengan 3 kV, kontrol dengan 4 kV, 3 kV dengan 5 kV dan 4 kV dengan 5 kV. Pemajanan ELF-EMF tegangan 3, 4, 5 kV berpengaruh terhadap morfologi folikel sekunder ovarium. Namun, tidak didapatkan efek kumulatif tiap generasi.

Kata kunci: ELF-EMF, folikel atresia sekunder, folikel sekunder, kuat medan magnet, tegangan

### PENDAHULUAN

Penggunaan peralatan listrik dewasa kini makin meningkat, sehingga manusia tanpa disadari dapat terpajan dengan peralatan *Extremely Low Frequency – Electromagnetic Field* (ELF-EMF). Peralatan ELF-EMF yang sering kita gunakan sehari-hari antara lain berupa komputer, televisi, telepon genggam, peralatan industri, peralatan medis dan diagnostik, dan lain-lain.

Pengaruh ELF-EMF terhadap kesehatan manusia bergantung pada frekuensi dan intensitas radiasi medan tersebut. Dari studi epidemiologi menunjukkan hubungan antara pemajanan medan elektromagnet dengan terjadinya leukemia, kanker otak, kanker payudara serta gangguan reproduksi.

Penelitian eksperimental yang telah dilakukan dengan pemajanan medan elektrosatik pada testis tikus jantan dewasa tegangan 6 dan 7 kV selama 1 bulan, pada turunannya memperlihatkan berbagai kelainan congenital, seperti mata putih, kerdil dan sebagainya. Pemajanan dengan medan elektromagnet pada tegangan 3 hingga 5 kV menimbulkan beberapa kelainan morfologi kongenital seperti mata bercak putih mirip katarak, ekor bengkok, dan kerdil serta tumor yang menyebabkan mencit berumur pendek (Soeradi dkk)

Pemajanan ELF-EMF pada manusia dalam jangka waktu lama dapat mempengaruhi fungsi biologis manusia, salah satunya sistem reproduksi. Pemajanan ini juga dapat menyebabkan gangguan fungsi dari sistem saraf otonom yang akan mempengaruhi aktivitas hipotalamus dan *Corticotropin Releasing Factor* (CRH) yang berhubungan dengan hipofisis anterior. Selain itu juga pemajanan ini dapat juga mempengaruhi kelenjar pineal dan kadar melatonin dalam tubuh. Kadar melatonin yang rendah akan menyebabkan berkurangnya sekresi dari hormon gonadotropin yaitu *Folicle Stimulating Hormone* (FSH) dan *Luteinizing Hormone* (LH). Telah diketahui bahwa FSH dan LH berperan penting dalam siklus reproduksi, perkembangan folikel ovarium dan membantu pembentukan hormon steroid ovarium.

Penelitian yang dilakukan oleh Virginia Septiani secara spesifik menyebutkan bahwa pemajanan medan elektromagnet secara kontinu dengan tegangan 3 kV pada mencit betina Strain Swiss Webster mengakibatkan penurunan jumlah folikel sekunder dan tersier yang bermakna.

Berdasarkan hal tersebut, ingin diketahui apakah terdapat pengaruh pemajanan ELF-EMF dengan tegangan 3 kV, 4 kV dan 5 kV berpengaruh terhadap perkembangan dan morfologi folikel sekunder ovarium mencit Strain Swiss Webster. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jumlah dan morfologi folikel sekunder mencit strain Swiss Webster setelah dipajan oleh ELF-EMF

dengan tegangan 3 kV kuat medan magnet 5,5  $\mu$ T, tegangan 4 kV kuat medan magnet 5,4  $\mu$ T, tegangan 5 kV kuat medan magnet 5,3  $\mu$ T, dan kontrol. Selain itu untuk melihat ada tidaknya efek kumulatif ELF-EMF pada mencit yang diamati generasi F1 hingga F3.

Keutamaan dari penelitian ini adalah jika ELF-EMF dapat mempengaruhi jumlah dan morfologi sekunder hingga kumulatifnya (F3) maka perlu rekomendasi adanya efek tersebut bagi pengguna peralatan ELF-EMF.

## METODE PENELITIAN

### *Rancangan Penelitian*

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Stratifikasi oleh karena menggunakan 3 variable bebas (generasi) dan 4 variabel tegangan. Berdasarkan rumus Federer<sup>Soepadi</sup> yaitu  $(n-1)(t-1) \geq 15$ , maka didapatkan jumlah mencit yang digunakan untuk ulangan/treatment sebanyak 4 ekor. Untuk menghindari adanya mencit ulangan ada yang mati, maka digunakan 5 ekor untuk masing-masing ulangan

### *Bahan*

Bahan-bahan yang digunakan: Ovarium mencit, asam pikrat, Formalin PA, Formalin, asam asetat glacial, alkohol 70%, alkohol 80%, alkohol 95%, dan etanol absolut, Hematoksin, Eosin, Xylol, Benzol, dan Parafin cair.

## CARA KERJA

Mencit berumur 3-4 bulan, berat badan : 30-40 gram. Dua belas pasang mencit parental yang mendapatkan tiga perlakuan pajanan ELF-EMF dan kontrol. Mencit dimasukkan ke dalam 4 kandang, tiap kandang sepasang mencit, dipajan dengan ELF-EMF (3-5kV) secara bergantian, dari F1 hingga F3, masing-masing untuk tiap tegangan dan satu kontrol. Beberapa mencit dari tiap perlakuan dikawinkan untuk mendapatkan mencit generasi pertama, kedua dan ketiga. Mencit lainnya dietansi untuk diambil ovariumnya dan dijadikan preparat. Jumlah preparat yang digunakan yang dianalisis adalah 60 sampel.

### *Pembuatan Parafin*

Ovarium difiksasi dengan larutan BNF selama 24 jam. Larutan fiksasi kemudian dibuang dan ovarium dicuci dengan larutan berikut secara berturut-turut yaitu alkohol 70%, 80%, 90%, 100% (1), 100% (2), xylol 1 dan xylol 2, masing-masing selama 1 jam. Kemudian dilanjutkan xylol : parafin = 1 : 1 selama 30 menit. Sediaan ovarium kemudian diinfiltrasi dalam parafin 1, parafin 2 dan parafin 3 di dalam oven, masing-masing selama 1 jam. Lalu sediaan ovarium diblokir dalam kotak-kotak parafin hingga membeku. Blok yang sudah membeku kemudian ditempelkan kuat-kuat pada holder. Lalu sediaan direndam pada xylol 1 dan 2 masing-masing selama 20 menit.

### *Pemotongan Dan Pewarnaan Sediaan*

Parafin yang telah berisi sediaan ovarium kemudian dipotong dengan menggunakan mikrotom. Lalu dilakukan pewarnaan dengan merendam gelas objek yang telah berisi potongan ovarium dalam xylol 1 dan xylol 2 masing-masing selama 20 menit. Selanjutnya, gelas objek dicelupkan ke dalam alkohol 100%, 95%, 80%, 70%, 50% dan 30% masing-masing selama beberapa menit. Gelas objek kemudian diwarnai dengan Hematoksin Ehrlich (Eosin) selama 5 detik. Selanjutnya gelas objek dicuci dengan air ledeng selama 10 menit dan akuades selama 1 menit. Gelas objek dicelupkan ke dalam alkohol bertingkat, yaitu 30%, 50% dan 70% dan diwarnai dengan eosin selama 1 menit. Kemudian gelas objek dicelupkan pula ke dalam alkohol 70%, 80% dan 96% masing-masing selama 1 menit, lalu dicelupkan lagi ke dalam xylol 1 dan xylol 2 masing-masing selama 10 menit. Gelas objek kemudian ditutup dengan perekat entelan dan diberi label.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Hasil*

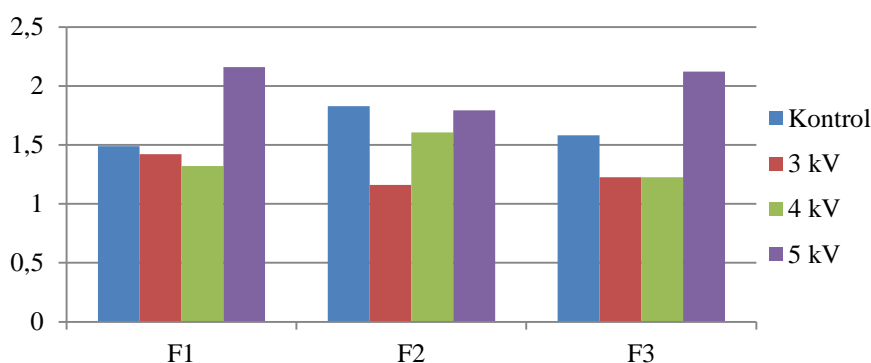
Dari hasil Anova didapatkan perbedaan bermakna  $p < 0,05$  pada folikel atresia sekunder antara control dengan pajanan 3 kV, 4 kV, dan 5 kV pada generasi 2 (F2) yaitu  $p = 0,002$ ; dan antara control dengan pajanan 3 kV, 4 kV, dan 5 kV pada generasi 3 (F3) yaitu  $p = 0,027$ , seperti



yang tertera pada tabel 1 dan gambar 1. Data hasil analisis *Post-Hoc* folikel sekunder atresia kelompok kontrol, 3 kV, 4 kV, dan 5 kV pada generasi 2 (F2) dan generasi 3 (F3) dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Rerata/Median Folikel atresia Kelompok Kontrol dengan pajanan 3 kV, 4 kV, dan 5 kV

Jenis Folikel	Kelompok	Perbedaan Rerata/Median	Nilai-p	95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
Folikel Sekunder	Generasi 1 (F1)	1,9961*	0,059**		
	Generasi 2 (F2)	1,9961*	0,186**		
	Generasi 3 (F3)	1,9961*	0,176**		
Folikel Atresia Sekunder	Generasi 1 (F1)	1,5978	0,203	1,2767	1,9188
	Generasi 2 (F2)	1,5554	<b>0,002</b>	1,2792	1,8315
	Generasi 3 (F3)	1,5811*	<b>0,027**</b>		



Gambar 2. Diagram Median Jumlah Folikel Atresia Sekunder Antara Kontrol, Pajanan 3 kV, Pajanan 4 kV, dan Pajanan 5 kV Pada Generasi 1 (F1), Generasi 2 (F2), dan Generasi 3 (F3)

Tabel 2. Hasil Analisis *Post-Hoc* LSD Folikel Sekunder Atresia Kelompok Kontrol 3kV, 4 kV, dan 5 kV pada Generasi 2 (F2)

Perlakuan	Perbedaan Rerata/Median	Nilai-p	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
Kontrol vs 3 kV	0,6684	0,019*	0,1235	1,2133
Kontrol vs 4 kV	0,7937	0,011*	0,1948	1,2846
Kontrol vs 5 kV	-0,3151	0,238	-0,8600	0,2299
3 kV vs 4 kV	0,0713	0,785	-0,4736	0,6162
3 kV vs 5 kV	-0,9835	0,001*	-1,5284	-0,4385
4 kV vs 5 kV	-1,0547	0,001*	-1,5996	-0,5098

\*Terdapat perbedaan secara bermakna

Tabel 3. Hasil Analisis *Post-Hoc* Mann-Whitney Folikel Sekunder Atresia Kelompok Kontrol, 3 kV, 4 kV, dan 5 kV pada Generasi 3 (F3)

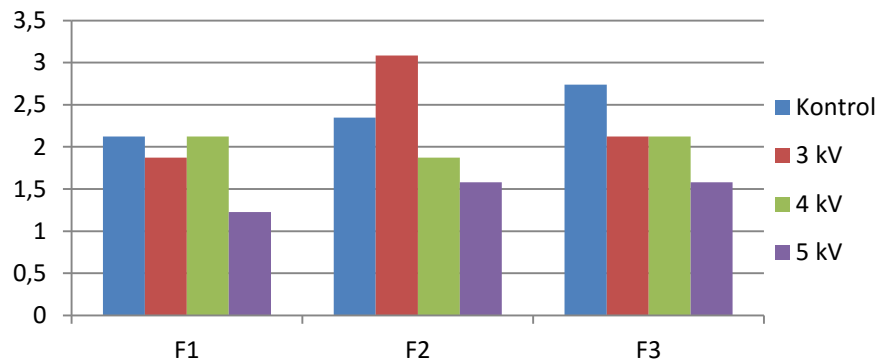
Perlakuan	N	Perbedaan Rerata/Median
Kontrol	5	1,5811
3 kV	5	1,2247
4 kV	5	1,2247
5 kV	5	2,1213

Hasil uji Mann-Whitney:

Kontrol vs 3 kV, p = 0,915      3 kV vs 4 kV, p = 0,178  
 Kontrol vs 4 kV, p = 0,386      3 kV vs 5 kV, p = 0,019\*  
 Kontrol vs 5 kV, p = 0,055      4 kV vs 5 kV, p = 0,011\*

\*Terdapat perbedaan secara bermakna

Nilai median jumlah folikel sekunder normal antara kontrol, pajanan 3 kV, pajanan 4 kV, dan pajanan 5 kV pada generasi 1 (F1), generasi 2 (F2), dan generasi 3 (F3) disajikan dalam gambar 2.

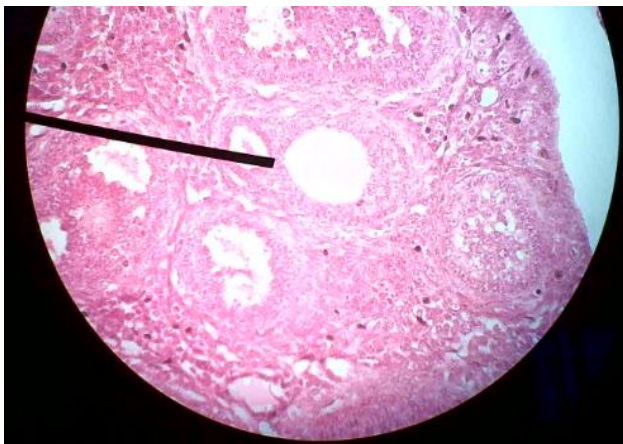


Gambar 2. Diagram Median Jumlah Folikel Sekunder Normal Antara Kontrol, Pajanan 3 kV, Pajanan 4 kV, dan Pajanan 5 kV pada Generasi 1 (F1), F2, dan F3.

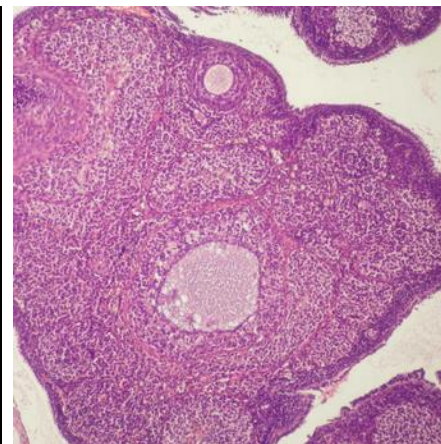
### Pembahasan

Pada gambar 2, didapatkan bahwa terdapat perbedaan bermakna pada folikel sekunder normal antara pajanan 3 kV, 4 kV dan 5 kV pada generasi F2, yaitu tampak terlihat adanya penurunan jumlah folikel sekunder dari tegangan 3 kV hingga ke tegangan 5 kV.

Selain itu juga terdapat perbedaan bermakna pada folikel sekunder normal antara pajanan 3 kV dengan 5 kV dan pajanan 4 kV dengan 5 kV pada generasi F3, di mana pada gambar tersebut menunjukkan adanya penurunan jumlah folikel sekunder normal pada pajanan tegangan yang semakin tinggi.



Gambar 3. Folikel Sekunder normal



Gambar 4. Folikel Atresia sekunder

Hasil tersebut di atas sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gul A, dkk yang memajankan tikus dengan telepon genggam selama 11 jam 45 menit, namun selama berapa hari tidak disebutkan dalam penelitian tersebut yang mendapatkan hasil bahwa jumlah folikel ovarium tikus jumlahnya 30% lebih sedikit dibandingkan jumlah folikel ovarium tikus yang tidak dipajan. <sup>Gul,dkk</sup> Selain itu pada penelitian Gye MC, dkk menyebutkan bahwa pemajanan ELF-EMF pada tikus sebesar 50 Hz selama 6 minggu, akan mempengaruhi aktivitas kelenjar hipofisis dan menurunkan kadar melatonin. Dengan adanya gangguan pada kelenjar hipofisis maka akan menurunkan pula produksi hormon gonadotropin, yaitu FSH dan LH. Kadar melatonin yang rendah juga menyebabkan tidak adanya regulasi dalam pembentukan FSH dan LH. Karena kadar FSH dan LH yang rendah, berakibat pada aktivitas ovarium. Akan terjadi penghambatan pertumbuhan folikel preantral (sekunder) menjadi folikel antral (tersier, de Graaf). Kadar LH yang rendah juga menyebabkan tidak terstimulasinya ovarium untuk menghasilkan estradiol. Estradiol sendiri bermanfaat untuk mencegah sel folikel menjadi atresia. Dengan adanya kadar estradiol yang rendah, folikel menjadi terganggu pertumbuhannya dan mudah menjadi atresia.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Sandra Cecconi, juga telah menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah folikel ovarium dengan pemajanan medan elektromagnet 33 Hz. Penurunan jumlah folikel disebabkan oleh adanya penurunan produksi estradiol dan sintesis DNA pada sel granulosa sehingga menyebabkan terjadinya kegagalan reproduktif disebabkan oleh kegagalan terjadinya maturasi folikel.

Hasil analisis data folikel sekunder atresia kelompok kontrol, 3 kV, 4 kV dan 5 kV pada generasi F2 menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna pada perlakuan kontrol vs 3 kV, kontrol vs 4 kV, 3 kV vs 5 kV dan 4 kV vs 5 kV.

Selain itu juga pada folikel sekunder atresia kelompok kontrol, 3 kV, 4 kV dan 5 kV pada generasi F3 menunjukkan adanya perbedaan bermakna pada perlakuan 3 kV vs 5 kV dan 4 kV vs 5 kV. Dan jika dilihat juga pada gambar 1, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan, maka didapatkan jumlah folikel atresia semakin meningkat pada generasi F2 dan F3.

Hal ini dapat dijelaskan dari penelitian Leila Roushangar, dkk yang juga melakukan pemajanan EMF terhadap folikel ovarium dan mendapati bahwa sel folikel tersebut mengalami atresia. Ia menjelaskan bahwa proses folikel ini menjadi atresia disebabkan oleh proses apoptosis. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa pemajanan EMF ini akan meningkatkan proses degeneratif folikel. Nukleus oosit akan mengalami pengerutan dan akan kehilangan bentuk normalnya. Selain itu, oosit juga akan memiliki mikrovili yang lebih sedikit dan sitoplasmanya akan banyak mengandung lamella padat. Zona pelusida akan terlihat lebih sempit, dan sel granulosa menunjukkan adanya kondensasi kromatin dan memiliki badan apoptotik dan vakuola autofagi. Semua ciri-ciri di atas menunjukkan ciri-ciri folikel atresia dan sudah mencirikan proses apoptosis pada folikel. Walaupun proses yang menyebabkan terjadinya kerusakan folikel atresia belum diketahui, namun sampai saat ini masih disebutkan bahwa kerusakan DNA yang disebabkan oleh adanya radikal bebas yang produksinya dimediasi oleh pajanan EMF merupakan penyebab dari atresia folikel ini. Radikal bebas mempunyai faktor penginduksi apoptosis.

Dari penelitian lain disebutkan bahwa pemajanan ELF-EMF ini akan menyebabkan terbentuknya banyak radikal bebas, antara lain yaitu ion superoksida, nitrogen oksida dan radikal hidroksil yang akan memberikan efek yang berbahaya bagi metabolisme seluler dan menyebabkan kerusakan sel. Pemajanan ELF-EMF akan menginduksi apoptosis sel granulosa. Perubahan pada oosit menunjukkan adanya status pre-apoptosis. Perubahan morfologi dari inti sel ini bisa jadi merupakan indikasi adanya perubahan skeleton nukleus. Perubahan pada protein sitoskeleton dan degradasi dari lamina nuclear diduga sebagai pencetus dari kaskade apoptosis. Kerusakan sel folikel ini dipercaya disebabkan oleh kerusakan DNA yang diinisiasi oleh stres oksidatif yang akan mengaktivasi kaskade apoptosis.

Selain itu juga atresia yang terjadi pada folikel mungkin berkaitan dengan seperti penelitian yang dilakukan Gye MC, dkk yang menunjukkan bahwa efek pemajanan ELF-EMF pada ovarium menyebabkan estradiol berkurang produksinya. Estradiol yang jumlahnya sedikit tidak bisa membantu mencegah terjadinya atresia pada folikel, sehingga folikel lebih mudah untuk menjadi atresia dan apoptosis.<sup>Gye</sup>

## KESIMPULAN

Pemajanan ELF-EMF dengan tegangan 3 kV kuat medan magnet 5,5  $\mu$ T, tegangan 4 kV kuat medan magnet 5,4  $\mu$ T dan tegangan 5 kV kuat medan magnet 5,3  $\mu$ T pada mencit strain Swiss Webster mempengaruhi jumlah dan morfologi folikel sekunder ditandai dengan adanya peningkatan jumlah folikel atresia sekunder. Namun, untuk jumlah folikel sekunder normal tidak mengalami penurunan

Selain itu, pemajanan ELF-EMF tegangan 3 kV kuat medan magnet 5,5  $\mu$ T, tegangan 4 kV kuat medan magnet 5,4  $\mu$ T dan tegangan 5 kV kuat medan magnet 5,3  $\mu$ T pada mencit strain Swiss Webster dari generasi F1, F2 dan F3 tidak terbukti adanya efek kumulatif yaitu tidak ditandai dengan semakin menurunnya jumlah folikel sekunder dan semakin meningkatnya folikel atresia sekunder dari generasi F1 hingga generasi F3

## DAFTAR PUSTAKA

- Cecconi S, Gualtieri G, Bartolomeo AD, Troiani G, Cifone MG, Canipari R. Evaluation of the effects of extremely low frequency electromagnetic fields on mammalian follicle development. *Human Reproduction*. 2000. 15 (11). h: 2319 – 2325.
- Drummond AE, Findlay JK. The role of estrogen in folliculogenesis. *Mol.Cell Endocrinol*. 1999;151. h:57-64.

- Federer dalam Sastrosoepadi A. Statistik Percobaan. Jilid I. Lembaga Penelitian Tanaman Industri. Departemen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 1977
- Gul A, Celebi H, Ugras S. The effect of microwave emitted by cellular phones on ovarian follicles in rats. *Arch Gynecol Obstet*. 2009; 280: 729 – 733.
- Gye MC, Park CJ. Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system. *Clin Exp Reprod Med*. 2012; 39 (1). h: 1 – 9.
- Khaki A, Khaki AA, Zahedi A. Effect of *Ocimum basilicum* on ovary tissue apoptosis after exposed with extremely low frequency – electromagnetic field (ELF-EMF) in rats. *Life Science Journal*. 2013; 10(3): 317 – 321
- Roushangar L, Rad JS. Environmental electromagnetic field and female fertility. Iran: Tabriz University of Medical Sciences. 2012; h: 57 – 86.
- Roushangar L, Rad JS. Ultrastructural alterations and occurrence of apoptosis in developing follicles exposed to low frequency electromagnetic field in rat ovary. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2007. 10 (24). h: 4413 – 4419.
- Septiani V. Pengaruh pemajanan medan elektromagnet extremely low frequency secara kontinu terhadap jumlah folikel ovarium mencit (*Mus musculus L*) strain swiss-webster. Jakarta: FKUI. 2009.
- Soeradi, O and Tadjudin 1986. Congenital anomalies in the offspring rats after exposure of the testis to an electrostatic fields. *Int.J.Androl*. 1986; 9 : 152–160.
- Soeradi O, Yurnadi, Sari P, Pujianto DA. The effect of continuous exposure to electromagnetic field on four successive generations of mice. *Med J Indones*. 2002; 11: 3-10
- Vahid HJ, Khatereh D, Esmael F, Maryam N, Mohammad F. The effects of mobile phone waves on the reproductive physiology in adult female rats. *Advances in Environmental Biology*. 2012; 6(10): 2735 – 2741

## Pengaruh Kombinasi Depot Medroksi Progesteron Asetat (DMPA) dan Ekstrak Cabe Jawa terhadap Populasi Sel-Sel Spermatogenik dan Sel Leydig Tikus Jantan Galur Sprague-Dawley

Yurnadi<sup>1</sup>, Dita Rany Anggraeni<sup>2</sup>, Dwi Anita Suryandari<sup>1</sup>, Nukman Moeloek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta

<sup>2</sup>Program Magister Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta

Email : yurnadi.kes@ui.ac.id

Pengembangan kontrasepsi hormonal pada pria didasarkan pada pengetahuan bahwa spermatogenesis sangat dipengaruhi sekresi hormon gonadotropin. Pemberian depot medroksi progesteron asetat (DMPA) yang dikombinasi kandungan testosterone prospeknya baik untuk dikembangkan menjadi bahan kontrasepsi pria karena dapat menekan gonadotropin, sehingga menghambat spermatogenesis. Di alam terdapat berbagai macam tanaman obat yang mengandung androgen, salah satunya adalah cabe jawa (CJ) (*Piper retrofractum* Vahl.). Secara tradisional buah CJ digunakan untuk obat lemah syahwat dan telah terbukti dapat meningkatkan kadar hormone testosterone darah dan meningkatkan frekuensi koitus pria hipogonad. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kombinasi DMPA dan ekstrak CJ terhadap populasi sel-sel spermatogenik dan sel Leydig tikus galur *Sprague-Dawley*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), *equal size sample*, yaitu terdiri atas 1 kelompok control dan 6 kelompok perlakuan yang menggunakan tikus jantan galur *Sprague Dawley* sebagai model. Kelompok perlakuan terdiri atas kelompok control perlakuan (KP = tikus disuntik DMPA dan diberi plasebo), perlakuan I (PI = tikus disuntik DMPA dan ekstrak CJ dosis 0,94 mg), perlakuan II (PII = tikus disuntik DMPA dan ekstrak CJ dosis 1,88 mg), perlakuan III (PIII = tikus disuntik DMPA dan ekstrak cabe jawa dosis 2,82 mg), perlakuan IV (tikus disuntik DMPA dan ekstrak CJ dosis 3,76 mg) dan kelompok kontrol (K). Penyuntikan DMPA dilakukan pada minggu ke-0 dan minggu ke-12 perlakuan, sedangkan pencekokan ekstrak CJ dilakukan setiap hari dimulai dari minggu ke-7 sampai minggu ke-18 perlakuan. Analisis data (normalitas dan homogenitas) dilakukan sebelum uji *analysis of variance* (ANOVA). Data tidak normal dan tidak homogen diuji dengan statistik non-parametrik Kruskal-Wallis. Terjadi penurunan populasi sel spermatogonia A, spermatosit I preleptoten, spermatosit I pakiten dan spermatid secara bermakna pada kelompok perlakuan disbanding kontrol ( $p < 0,05$ ). Pada sel Leydig terjadi penurunan populasi selnya secara bermakna pada kelompok perlakuan disbanding dengan kontrol ( $p < 0,05$ ). Pemberian kombinasi DMPA dan berbagai dosis ekstrak CJ menyebabkan penurunan populasi sel spermatogenik dan sel Leydig, serta merupakan kombinasi yang poten dalam menurunkan spermatogenesis.

Kata kunci : DMPA, CJ, sel-sel spermatogenik, sel Leydig

## Pertumbuhan Dan Frekuensi Molting Induk (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) Betina Pasca Ablasi Unilateral Dan Suplementasi Tocopherol

Rachmawati Nasution<sup>1</sup>, Moh. Husein Sastranegara, dan Yulia Sistina

<sup>1</sup>*Biologi Pascasarjana Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia*  
Email : yuliaunsoed@gmail.com

Tujuan penelitian untuk menilai efektifitas kombinasi ablasi unilateral dan suplementasi tocopherol (vit E) berbagai dosis untuk induksi frekuensi molting dan pertumbuhan udang galah. Experimental pola faktorial dengan 8 perlakuan kombinasi 2 faktor yaitu (1) ablasi atau tanpa ablasi dan (2) suplementasi vit E (4 dosis : 0, 200, 400, 600 IU) per kg pakan. Udang perlakuan dikultur untuk diamati seminggu sekali untuk didata selama tiga bulan. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi berbeda sangat nyata ( $p < 0.01$ ) meningkatkan pertumbuhan dan frekuensi molting. Faktor ablasi secara terpisah juga sangat nyata ( $p < 0.01$ ) menentukan pertumbuhan dan secara nyata ( $p < 0.05$ ) menentukan frekuensi molting. Faktor vit E secara nyata ( $p < 0.05$ ) meningkatkan pertumbuhan udang, namun tidak nyata ( $p > 0.05$ ) menentukan frekuensi molting. Pertumbuhan udang tertinggi diperoleh dari kelompok perlakuan ablasi dikombinasi vit E dosis 600 IU. Frekuensi molting tertinggi dari kelompok perlakuan ablasi tanpa vit E. Kesimpulan, penelitian ini membuktikan bahwa ablasi unilateral dikombinasi vit E dalam pakan efektif meningkatkan pertumbuhan dan frekuensi molting induk udang galah betina.

Kata kunci : ablasi unilateral, tocopherol (vit E), pertumbuhan, molting, udang galah

### PENDAHULUAN

Ablasi yaitu penghilangan tangkai mata Crustacea, merupakan prosedur yang sering dilakukan untuk induksi pematangan gonad. Tangkai mata bangsa Crustacea memiliki fungsi neurohormonal karena memiliki kelenjar sinus-organ X. Ablasi terbukti menghasilkan gangguan sistem neuroendokrin seperti penundaan proses fisiologi termasuk pertumbuhan molting, pertumbuhan somatik jantan dan betina udang, reproduksi dan energi serta perkembangan ovarium (Sindhukumari dan Pandian, 1987; Chakravarty, 1992; Koshio *et al.*, 1992; Abowei dan Deekae, 2010; Venkitraman *et al.*, 2010).

Ablasi unilateral dilaporkan dapat memperpendek interval molting dan merangsang perkembangan gonad pada udang (Venkitraman *et al.*, 2010). Pada Crustacea, pemijahan berlangsung segera setelah proses pergantian kulit atau molting yang berlangsungnya secara bertahap, dikenal dengan istilah *pre-mating molting*. Molting pada udang diatur oleh kelenjar hormon yang terdapat pada pangkal tangkai mata (Ling, 1969). Secara umum, molting berhubungan dengan pertumbuhan pada udang, dengan kata lain molting merupakan indikator udang mengalami pertumbuhan (Hadie *et al.*, 2001). Kulit udang dan karapak hasil molting dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, termasuk untuk memperoleh pigmen merah astaxanthine dari karapak sisa molting digunakan untuk peningkatan warna pada ikan koi, sesuai Saloh *et al.* (2005) bahwa terjadi peningkatan intensitas peningkatan rona dan krom koi yang diberi pakan mengandung karapak molting udang.

Tocopherol atau vitamin E (Vit E) merupakan nutrisi penting dan dibutuhkan untuk reproduksi. Fungsi vit E sebagai antioksidan dapat terlihat dari kandungan lemak dalam telur, dengan kata lain telur dengan kandungan vit E tinggi teroksidasinya lebih lambat, akibatnya berpengaruh terhadap proses perkembangan embrio atau larva (Halver, 1989). Vit E merupakan nutrisi yang penting untuk pakan crustacea sesuai argumentasi Concklin (1997). Penelitian ini melaporkan efektivitas kombinasi ablasi unilateral dan suplementasi vit E pada pertumbuhan serta frekuensi molting induk *Macrobrachium rosenbergii* betina.

### METODE PENELITIAN

Total 72 induk betina udang galah bobot antara 20-50 g digunakan untuk eksperimen 8 kombinasi perlakuan ablasi atau non-ablasi dengan Vit E empat dosis sebagai taraf faktor yaitu 0, 200, 400, dan 600 IU. Vit E dicampur dalam pakan, diberikan setiap hari selama tiga bulan pemeliharaan. Ablasi unilateral dilakukan dengan menggantung satu tangkai mata pada hari ke-0 perlakuan. Pertumbuhan mutlak dihitung dari selisih antara berat rerata udang pada waktu akhir penelitian dengan rerata pada awal penelitian. Frekuensi molting dihitung dari jumlah udang yang molting secara sempurna selama masa pemeliharaan. Pengamatan dilakukan setiap hari, data frekuensi molting dijumlah setiap minggu atau mingguan, untuk memperoleh perlakuan mana

yang menunjukkan frekuensi molting tersering. Data dianalisis sidik ragam, yang signifikan dilanjutkan ke uji beda nyata menggunakan program SPSS versi 17.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan dan perhitungan pasca perlakuan kombinasi ablasi unilateral dan suplementasi vit E menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi efektif meningkatkan pertumbuhan mutlak dan frekuensi molting udang galah betina. Rerata pertumbuhan induk udang galah hasil kelompok perlakuan ablasi, berturut-turut mulai dari dosis vit E 0 IU =  $2,45 \pm 1,52$  g; 200 IU =  $2,41 \pm 0,89$  g; 400 IU =  $1,89 \pm 0,84$  g; dan 600 IU =  $2,94 \pm 0,83$  g (Tabel 1). Pertumbuhan mutlak hasil perlakuan kelompok tanpa ablasi, berturut-turut dari dosis vit E nol yaitu 0 IU =  $0,93 \pm 0,46$  g; 200 IU =  $2,06 \pm 0,73$  g; 400 IU =  $1,60 \pm 0,75$  g; dan 600 IU =  $1,96 \pm 0,92$  g (Tabel 1).

Frekuensi molting induk betina perlakuan menunjukkan bahwa kelompok ablasi, berturut-turut mulai dari dosis vit E 0 IU =  $2,00 \pm 0,53$ ; 200 IU =  $1,63 \pm 0,74$ ; 400 IU =  $1,75 \pm 0,89$ ; dan 600 IU =  $1,75 \pm 0,89$  kali molting (Tabel 1). Frekuensi molting dari kelompok perlakuan tanpa ablasi, berturut-turut adalah 0 IU =  $1,25 \pm 0,71$ ; 200 IU =  $1,00 \pm 0,76$ ; 400 IU =  $1,13 \pm 0,64$ ; dan 600 IU =  $1,13 \pm 0,35$  (Tabel 1).

Tabel 1. Rerata ( $\pm$  SD) pertumbuhan mutlak dan frekuensi molting udang galah (*M. rosenbergii* De man, 1879) betina perlakuan kombinasi ablasi unilateral dan suplementasi vit E. Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ); huruf berbeda berarti berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) atau sangat nyata ( $p < 0,01$ ).

No.	Perlakuan Ablasi+vitE IU	Pertumbuhan Mutlak (g)	Frekuensi Molting (kali/minggu)
1.	ablasi 0	$2,45 \pm 1,52a$	$2,00 \pm 0,53a$
2.	Non ablasi 0	$0,93 \pm 0,46b$	$1,25 \pm 0,71a$
3.	Ablasi + 200	$2,41 \pm 0,89c$	$1,63 \pm 0,74a$
4.	Non ablasi + 200	$2,06 \pm 0,73d$	$1,00 \pm 0,76a$
5.	Ablasi+ 400	$1,89 \pm 0,84d$	$1,75 \pm 0,89a$
6.	Non ablasi +400	$1,60 \pm 0,75d$	$1,13 \pm 0,64b$
7.	Ablasi+ 600	$2,94 \pm 0,83c$	$1,75 \pm 0,89a$
8.	Non ablasi+ 600	$1,96 \pm 0,92d$	$1,13 \pm 0,35b$

Pertumbuhan mutlak udang galah kelompok ablasi menunjukkan pertumbuhan yang lebih besar daripada udang tanpa ablasi (Tabel 1). Hasil analisis ragam membuktikan bahwa perlakuan ablasi unilateral sangat nyata ( $p < 0,01$ ) meningkatkan pertumbuhan udang galah betina. Faktor vit E secara sendiri terbukti efektif ( $p < 0,05$ ) mempengaruhi pertumbuhan mutlak. Interaksi antara perlakuan kombinasi ablasi unilateral dan suplementasi vitamin E tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap pertumbuhan mutlak, walaupun kedua faktor datanya cenderung naik, secara statistik tidak nyata ( $p > 0,05$ ). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan tanpa ablasi dan tanpa vit E berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) dengan ablasi tanpa vit E, ablasi+200 IU vit E, dan ablasi+600 IU vit E, dan berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan ablasi+400 IU vit E, tanpa ablasi+200 IU vit E, dan tanpa ablasi+600 IU vit E. Perlakuan ablasi+600IU vit E berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap perlakuan tanpa ablasi+400 IU serta berbeda nyata ( $p > 0,05$ ) dengan perlakuan ablasi+400 IU vit E, tanpa ablasi+200 IU vit E, dan tanpa ablasi+600 IU vit E. Jadi, terbukti ablasi menentukan pertumbuhan mutlak induk udang galah betina.

Hasil pengamatan frekuensi molting menunjukkan rerata frekuensi molting tertinggi diperoleh pada perlakuan udang galah ablasi tanpa vit E yaitu  $2,00 \pm 0,53$  kali dan frekuensi yang terendah dari perlakuan tanpa ablasi + vit E 200 IU yaitu  $1,00 \pm 0,76$  kali (Tabel 1). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor ablasi berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ), tetapi faktor suplementasi vit E maupun interaksi kedua faktor tidak berpengaruh nyata ( $p > 0,05$ ). Hasil uji lanjut membuktikan bahwa perlakuan ablasi tanpa vit E berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap perlakuan tanpa ablasi 400 dan 600 IU vit E. Jadi, perlakuan ablasi terbukti mampu merangsang frekuensi molting, diikuti pertumbuhan mutlak (Tabel 1). Frekuensi molting dapat ditingkatkan melalui ablasi (Tabel 1), pertumbuhan juga terbukti diinduksi dengan ablasi (Tabel 1), artinya hasil ini membuktikan teori bahwa frekuensi molting berkaitan erat dengan pertumbuhan pada udang galah, mengkonfirmasi laporan Varalakshmi dan Reddy (2010). Sudah dibuktikan sebelumnya bahwa pada Decapoda, pemijahan mengikuti ecdysis, yang mengakibatkan terjadinya pertumbuhan somatik secara bersamaan dengan pemijahan atau reproduksi (Pandian dan Balasundaram, 1982; Sarojini *et al.*, 1983; Charniaux-Cotton, 1985; Varalakshmi dan Reddy, 2010). Secara teori, ablasi

mengakibatkan hilangnya efek regulasi hormon penghambat gonad (GIH) dan hormon penghambat molting (MIH), akibatnya reproduksi tanpa hambatan, molting berjalan pesat yang diikuti pertumbuhan (Manjunath, 1989). Laporan yang lain sebaliknya yaitu frekuensi molting tidak selalu berbanding lurus dengan laju pertumbuhan (Chen dan Chen, 2002). Faktor vit E pada penelitian ini juga berperan dalam pertumbuhan udang galah (Tabel 1). Hasil ini sesuai laporan sebelumnya penggunaan vit E pada pakan mengakibatkan peningkatan pertumbuhan, pertahanan terhadap stress dan penyakit, serta kelangsungan hidup pada ikan dan udang (Vismara *et al.*, 2003). Dengan demikian, perlakuan kombinasi secara keseluruhan efektif meningkatkan fisiologi dan reproduksi udang galah.

### KESIMPULAN

Kombinasi ablasi unilateral dan suplementasi vit E efektif meningkatkan pertumbuhan serta frekuensi molting *M. rosenbergii* betina. Perlakuan ablasi saja dapat meningkatkan pertumbuhan mutlak dan frekuensi molting *M. rosenbergii* betina.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Gusrina dan Intan Rahima Sary, Widyaiswara VEDCA Cianjur. Beasiswa pendidikan Program Pascasarjana diperoleh dari *Joint Program* UNSOED dan VEDCA Cianjur, pembiayaan dari program beasiswa unggulan Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri (BPKLN).

### DAFTAR PUSTAKA

- Abowei and S.N. Deekae. 2010. The Fecundity of *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) from Luubara Creek Ogoni Land, Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Animal and Veterinary Advances* 4: 148-154.
- Chakravarthy, M.S. 1992. Effect of eyestalk ablation on moulting and growth in prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Indian J. Mar. Sci.* 21(4) :287-289.
- Charniaux-Cotton, H. 1985. Vitellogenesis and its control in Malacostracan crustacean. *American Zoology* 25:197-206.
- Conklin, D. E. 1997. Vitamins. *World Aquaculture Society*, Louisiana.
- Chen S.M. and Chen J.C. 2002. Effect of pH on Survival, Growth, Molting, and Feeding of Giant Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 218: 613-622.
- Hadie, L.E., H. Wartono, H. Yayan, G. Bambang, dan A. Wakhid. 2001. Prospek dan Peluang Usaha Budidaya Udang Galah. *Prosiding: Workshop Hasil Penelitian Budi Daya Udang Galah Jakarta, 26 Juli 2001*. Hal 41-44.
- Halver, J.E. 1989. *Fish Nutrition*. Academic Press Inc, London.
- Koshio, S., Castell, J.D. dan O'Dor, R.K. 1992. The effect of different dietary energy levels in crab-protein-based diets on digestibility, oxygen consumption, and ammonia excretion of bilaterally eyestalk-ablated and intact juvenil lobsters, *Homarus americanus*. *Aquaculture* 108(3): 285-297.
- Ling, S.W. 1969. *The General Biology and Development of Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *FAO Fish. Rep.* 57(3): 589-606.
- Manjunath, B.S. 1989. Embryonic nutrition and larval growth of a freshwater prawn. Ph.D. Thesis. Bangalore University, Bangalore.
- Pandian, T.J. and Balasundaram, C. 1982. Moulting and spawning cycles in *Macrobrachium nobilii* (Henderson and Mathai). *International Journal of Invertebrate Reproduction*, 5: 21-30.
- Rosas C, I Fernandez, R Brito, and E Diaz-Iglesia. 1993. The effect of eyestalk ablation on the energy balance of the pink shrimp, *Penaeus notialis*. *Comp. Biochem. and Phys.* 104(1):183-187.
- Saloh, A.Y., Y. Aida. F. Zahida. 2005. Penambahan Tepung Cangkang Udang dalam Pakan Buatan Sebagai Penguat Warna Ikan Koi (*Cyprinus carpio* L.). *Biota* 10(1): 59-65.
- Sarojini, R, G. Gyananath, and R Nagabhushanam. 1983. Reproduction and moulting in the freshwater prawn *Macrobrachium lamarrei*. *Comparative Physiology and Ecology* 8: 309-312.
- Sindhukumari, S. and Pandian, T.J. 1987. Effects of unilateral eyestalk ablation on moulting, growth, reproduction and energy budget of *Macrobrachium nobilii*. *Asian fisheries Science* 1 :1-17.
- Varalakshmi, K. N. and R. Reddy. 2010. Effects of Eyestalk Ablations on Growth and Ovarian Maturation of the Freshwater Prawn *Macrobrachium lanchesteri* (de Man). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 403-410.
- Venkitraman, P.R., K.V. Jayalakshmy, and T. Balasubramanian. 2010. Effect of Eyestalk Ablation on Moulting and Growth in Penaeid Prawns: *Metapenaeus monoceros*. *Indian Journal Fish* 57(2): 25-32.
- Vijayan, K.K. and A.D. Diwan. 1995. Influence of Temperature, Salinity, pH and Light on Molting and Growth in the Indian White Prawn *Penaeus indicus* Under Laboratory Conditions. *Journal Asian Fisheries Science* 8: 63-72.
- Vismara, R., S. Vestri, C. Kusmic, L. Brarsanti, and P. Gualtieri. 2003. Natural Vitamin Enrichment of *Artemia salina* Feed Freshwater and Marine Microalgae. *J. Appl. Phycol.* 15: 75-80.



## Kajian Reproduksi Ikan Golsom (*Aequidens* sp.) Sebagai Ikan Introduksi Di Situ Lengkong Kecamatan Panjalu Kabupaten Ciamis Jawa Barat

Yadi Herdiman<sup>1</sup>, Isdy Sulisty<sup>2</sup>, Siti Rukayah<sup>2</sup>

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan,  
Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman  
Jalan dr. Suparno Komp. GOR Susilo Sudarman Karangwangkal Purwokerto  
Telp. & Fak. (0281) 642360 & 7607433

Ikan introduksi merupakan bagian dari keanekaragaman hayati yang keberadaannya harus dikontrol, sehingga dampak negatifnya tidak berpengaruh terhadap kehidupan spesies asli (*indigenous*). Penelitian tentang Kajian Reproduksi Ikan Golsom (*Aequidens* sp.) sebagai Ikan Introduksi di Situ Lengkong Kecamatan Panjalu Kabupaten Ciamis Jawa Barat bertujuan untuk mengetahui indeks gonado somatik, tingkat kematangan gonad, fekunditas dan diameter telur ikan golsom. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni–Juli 2008. Metode yang digunakan adalah survei, pengambilan sampel ikan dilakukan 4 kali dengan interval waktu 1 minggu. Data dianalisis secara deskriptif. Variabel yang diamati yaitu indeks gonado somatik, tingkat kematangan gonad, fekunditas dan diameter telur. Parameter yang diukur meliputi bobot tubuh, bobot gonad, jumlah telur dan ukuran telur. Kualitas air diamati sebagai data pendukung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai IGS ikan jantan berkisar antara 0,03–1,13% dan IGS ikan betina berkisar antara 0,56–7,00%. Pengamatan histologi spermatogenesis menunjukkan proporsi spermatozoa dominan pada setiap pengambilan sampel, sedangkan pada ikan betina ovarium mencapai fase vitellogenesis endogen dan vitellogenesis eksogen. Fekunditas berkisar 161–935 butir dan diameter telur 260,36–1283,04  $\mu\text{m}$ .

Kata kunci: *Aequidens* sp., Reproduksi, Situ Lengkong

### PENDAHULUAN

Situ Lengkong merupakan salah satu danau alami, terletak di Desa Panjalu Kecamatan Panjalu Kabupaten Ciamis Jawa Barat. Kabupaten Ciamis secara geografis terletak pada 108°20'–108°48' BT dan 1°40'–7°50' LS sebagian besar merupakan daerah pegunungan dan hutan (Ramdani, 2006). Situ Lengkong dikenal masyarakat sebagai tempat wisata alam dan wisata budaya. Keberadaan Situ Lengkong sangat berpengaruh terhadap kesejahteraan kehidupan masyarakat. Banyak masyarakat yang melakukan aktifitas perekonomian, salah satunya kegiatan penangkapan ikan oleh nelayan. Para nelayan menggunakan pancing dan jala tebar dengan mata jaring berukuran  $\pm 3$  cm, jumlah hasil tangkapan ikan rata-rata 1 kg/hari. Jenis ikan tertangkap diantaranya nila, nilem, mas, nila macan dan golsom.

Berbagai jenis ikan endemik yang dahulu biasa tertangkap di Situ Lengkong, diantaranya ikan corencang (*Puntius* sp.), hampal (*Hampala macrolepidota*), kulinyar (*Rasbora* sp.), sesele (*Mastacembelus erythrotaenia*) dan gabus (*Channa striata*). Namun sekarang jenis ikan tersebut sudah jarang dijumpai. Hal ini diduga akibat dari menurunnya kualitas lingkungan akibat pencemaran, penangkapan berlebih (*over fishing*) dan keberadaan ikan introduksi. Di Situ Lengkong, ikan introduksi didatangkan sekitar tahun 1990-an, seperti ikan nila dan golsom. Ikan ini bersifat predator serta memiliki perkembangbiakan cepat. Ikan golsom merupakan salah satu ikan yang banyak tertangkap dan enak rasanya. Selain itu berperan sebagai ikan hias karena warna tubuh yang menarik.

Penelitian tentang keberadaan ikan introduksi khususnya ikan golsom belum banyak dilakukan, terutama mengenai aspek biologi reproduksinya. Berdasarkan penelitian Budiman (2003) di Situ Bagendit dan Situ Cangkung Kabupaten Garut Jawa Barat, bahwa telah ditemukannya 3 jenis ikan introduksi yaitu ikan golsom (*Aequidens* sp.), mujair (*Oreochromis mossambicus*) dan nila (*Oreochromis niloticus*). Penebaran ikan-ikan introduksi ini secara tidak langsung mempengaruhi komunitas ikan asli.

Kecepatan reproduksi setiap organisme sangat berbeda, tergantung faktor yang mempengaruhinya. Menurut Nikolsky (1963), reproduksi merupakan salah satu rantai dalam struktur hidup yang menjamin kelangsungan hidup ikan. Aspek-aspek biologi reproduksi meliputi fekunditas, tingkat kematangan gonad (TKG), indeks gonado somatik (IGS) dan diameter telur (Effendie, 1997). Kajian reproduksi pada ikan golsom sangat diperlukan untuk mengetahui status perkembangbiakkannya, sehingga informasi yang didapatkan akan berguna dalam upaya pengelolaan lebih lanjut.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni–Juli 2008 di Situ Lengkonng Kec. Panjalu Kab. Ciamis, Jawa Barat. Materi penelitian adalah ikan golsom (*Aequidens* sp.) Bahan yang digunakan antara lain larutan Gilson (asam asetat, chloroform dan etanol dengan perbandingan 1:1:1; Love dan Johnson, 1998), larutan Bouin Hollande (aquades 100 mL, cupri asetat 2,5 g, formalin 10 mL, asam asetat 1 mL dan asam pikrit 4 g) dan kemikalia untuk pengukuran O<sub>2</sub> (larutan MnSO<sub>4</sub>, KOH-KI, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, amilum dan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Sedangkan alat penelitian berupa jala tebar dengan mata jaring berukuran ± 3 cm, penggaris (± 0,1 cm), timbangan analitik (± 0,1 g), mikroskop *micrometer occuler* (± 0,01 mm), termometer air raksa, *sechii disc*, pH universal, botol winkler, buret, statif, labu erlenmeyer, pipet seukuran dan gelas ukur.

Metode penelitian adalah survei. Pengambilan sampel dilakukan 4 kali dengan interval waktu 1 minggu. Sampel ditangkap menggunakan jala tebar. Variabel utama penelitian meliputi Indeks Gonado Somatik (IGS), Tingkat Kematangan Gonad (TKG), fekunditas dan diameter telur. Parameter yang diamati meliputi bobot gonad, bobot tubuh, jumlah telur, ukuran telur. Sedangkan variabel pendukung yaitu kualitas air meliputi: O<sub>2</sub> terlarut, pH, temperatur air, kedalaman dan penetrasi cahaya.

Pengumpulan data dilakukan pada ikan hasil tangkapan meliputi panjang dan bobot tubuh. Perhitungan fekunditas dilakukan dengan cara mengambil sebagian gonad kemudian ditimbang dan dicatat, selanjutnya dihitung jumlah telur didalamnya. Perhitungan fekunditas menggunakan rumus metode gravimetri (Effendie, 1979), yaitu :

$$F = \frac{G}{g} \times N$$

Keterangan :

- F = Fekunditas
- G = Bobot gonad (g)
- g = Bobot telur sampel (g)
- N = Jumlah telur sampel (butir)

Diameter telur diukur dengan cara mengambil sebagian gonad yang disimpan dalam larutan Gilson. Pengukuran diameter telur menggunakan mikroskop dilengkapi dengan *micrometer occuler* yang telah dikalibrasi. Diameter telur yang diamati sebanyak 100 butir per individu. Rata-rata diameter telur dan simpangan bakunya dihitung dan dicatat.

Pengkalibrasian dihitung dengan rumus:

$$\frac{\text{Skala Objektive}}{\text{Skala okuler}} \times \text{Tingkat Ketelitian}$$

Indeks Gonado Somatik dihitung berdasarkan rumus menurut Effendie (1997) :

$$IGS = \frac{Bg}{Bt} \times 100\%$$

Keterangan :

- IGS= Indeks Gonado Somatik (%)
- Bg = Bobot gonad (g)
- Bt = Bobot tubuh (g)

Pengamatan TKG dilakukan dengan menggunakan preparat histologi gonad. Penentuan TKG gonad jantan dan betina tersaji pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. TKG jantan (testis) secara histologi (Kaya dan Husler, 1972 dalam Effendie, 1997).

TKG	Tingkat Testis	Keterangan
I	Testis Regresi	Dinding gonad dilapisi oleh spermatogonia awal dan sekunder. Sperma sisa mungkin masih terdapat.
II	Perkembangan Spermatogonia	Sama dengan tingkat I hanya proporsi spermatogonia sekunder bertambah.
III	Awal Aktif Spermatogenesis	Cyste spermatocyt timbul kemudian semakin bertambah. Cyste spermatid dan spermatozoa juga mulai keluar.

TKG	Tingkat Testis	Keterangan
IV	Aktif Spermatogenesis	Semua tingkat spermatogonia ada dalam jumlah yang banyak. Spermatozoa bebas mulai terlihat dalam rongga seminiferous.
V	Testis Masak	Lumen penuh dengan spermatozoa. Pada dinding lobule penuh dengan cyste bermacam-macam tingkat.
VI	Testis Regresi	Rongga seminiferous masih berisi spermatozoa. Dinding lobule penuh dengan spermatogonia yang tidak aktif. Ukuran testes mengkerut karena sperma dikeluarkan.

Tabel 2. TKG betina (Rinhard dan Kestemont, 1996 dalam Sulistyio et al., 1998)

Tingkatan Ovarium	Tingkatan Oosit	Keterangan
(1) Previtellogenic	Oosit Previtellogenic	Oosit dengan gelembung bebas dari sitoplasma.
(2) Vitellogenesis endogen awal	Oosit dalam endogen vitellogenesis	Muncul gelembung yolk yang menempati 2/3 cincin didalam sitoplasma
(3) Penyelesaian vitellogenesis endogen	Penyelesaian Oosit vitellogenesis endogen	Oosit dipenuhi gelembung yolk, lapisan folikuler seluler berdiferensiasi (tahap akhir vitellogenesis endogen)
(4) Vitellogenesis Exogen	Oosit vitellogenesis exogen	Menghimpun kuning telur seperti bola kecil dan berada dibatas luar sitoplasma
(5) Final Maturasi (pematangan akhir)	Oosit dalam pematangan akhir	Terlihatnya mikrofil dan migrasigelembung germinal ke mikrofil
(6) Pasca Peneluran	Oosit fase peneluran	Sebelum dan setelah ovulasi folikel hipertropi, substansi yolk mengalami degradasi

Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk nilai Tingkat Kematangan Gonad (TKG), Indeks Gonado Somatik (IGS), fekunditas dan diameter telur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Indeks Gonado Somatik (IGS)*

Indeks Gonado Somatik (IGS) merupakan salah satu kajian penting untuk mengetahui reproduksi jenis ikan tertentu. Hasil perhitungan IGS ikan golsom selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

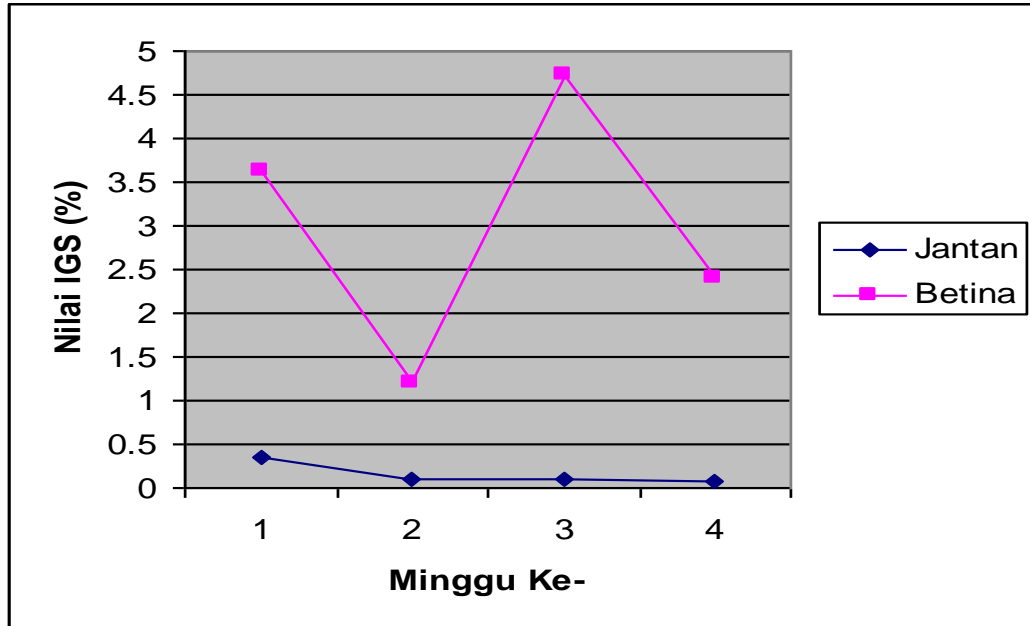
Tabel 3. Kisaran nilai indeks gonado somatik ikan golsom (*Aequidens sp.*)

Tanggal sampling	Bobot tubuh (g)		IGS (%)	
	Jantan	Betina	Jantan	Betina
26 Juni 2008	39,0–57,0	13,5–16,5	0,08–1,13	1,21–6,99
03 Juli 2008	11,0–29,0	11,0–13,5	0,04–0,15	0,56–1,67
10 Juli 2008	9,0–36,5	11,0–16,0	0,06–0,13	3,70–7,00
17 Juli 2008	11,5–22,5	7,0–25,5	0,03–0,12	1,24–3,28

IGS ikan golsom menunjukkan nilai bervariasi setiap pengambilan sampel. Nilai IGS ikan golsom jantan selama penelitian berkisar antara 0,03-1,13 %, sedangkan ikan betina berkisar antara 0,56-7,00 %. IGS ikan betina lebih besar dibandingkan dengan jantan. Hal ini sesuai dengan pendapat Effendie (1997) yaitu, ikan betina memiliki nilai IGS lebih besar dibanding jantan. Pertambahan bobot gonad pada ikan betina sebesar 10-25 % dari bobot tubuh, sedangkan pada ikan jantan hanya 5-10 % dari bobot tubuh.

Nilai IGS terendah pada ikan jantan berada pada bobot gonad 0,003 g dan bobot tubuh 11,5 g, sedangkan tertinggi pada bobot gonad 0,501 g dan bobot tubuh 44,5 g. Ikan betina dengan nilai IGS terendah memiliki bobot gonad 0,062 g dan bobot tubuh 11 g, sedangkan yang tertinggi memiliki bobot gonad 1,12 g dan bobot tubuh 16 g. Hasil pengamatan rata-rata nilai IGS ikan golsom betina pada setiap pengambilan sampel masing-masing sebesar 3,62%, 1,20%, 4,73% dan

2,40%. Nilai IGS ikan golsom jantan dari setiap pengambilan sampel tidak mengalami perubahan signifikan yaitu rata-rata 0,35%, 0,09%, 0,09% dan 0,08%.

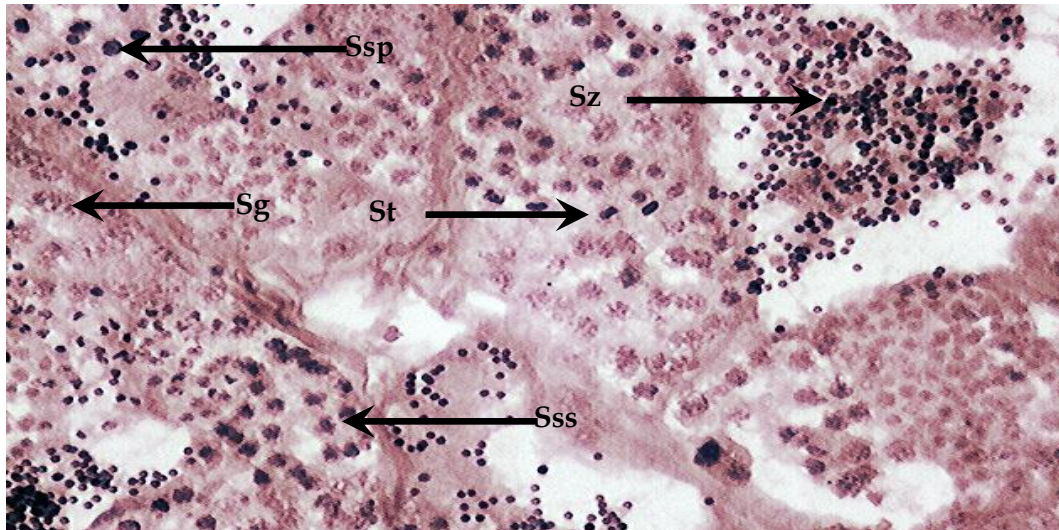


Gambar 1. rata-rata nilai IGS ikan golsom (*Aequidens* sp.) selama penelitian

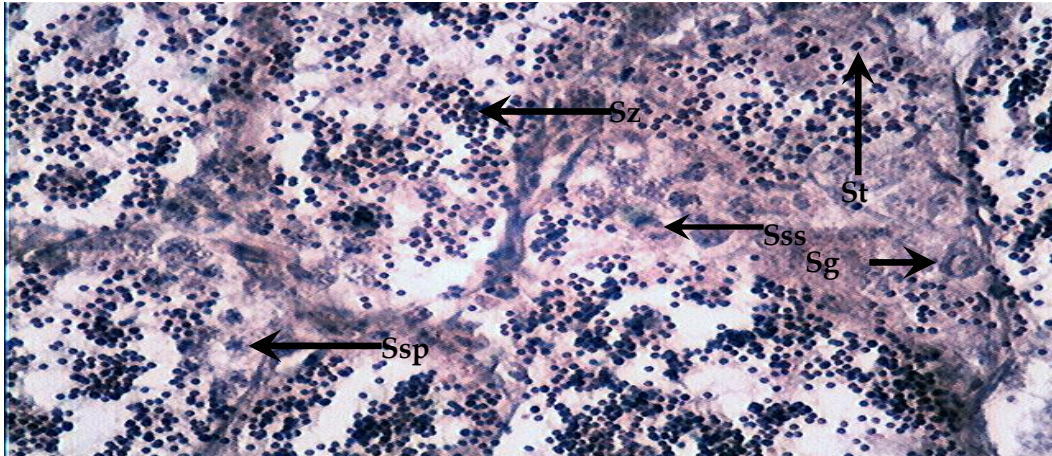
Gambar tersebut menunjukkan bahwa IGS ikan betina memiliki nilai yang lebih tinggi dari jantan. Nilai IGS ikan golsom bervariasi pada setiap pengambilan sampel, hal ini diduga karena ukuran dan perkembangan gonad ikan yang berbeda. Tang (2003) menyatakan bahwa IGS akan bertambah besar apabila tingkat kematangan gonad meningkat.

#### *Tingkat Kematangan Gonad (TKG)*

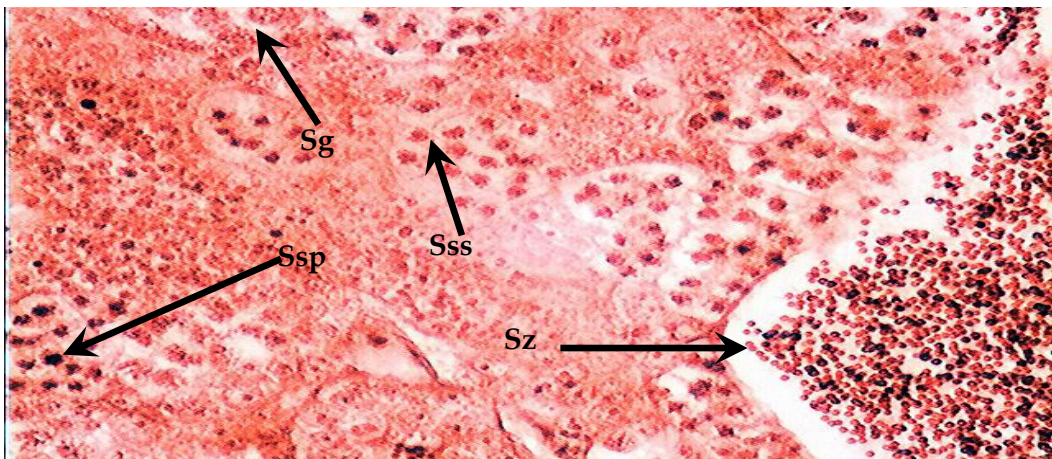
Tingkat kematangan gonad ikan golsom memiliki beberapa perkembangan (Gambar 2).



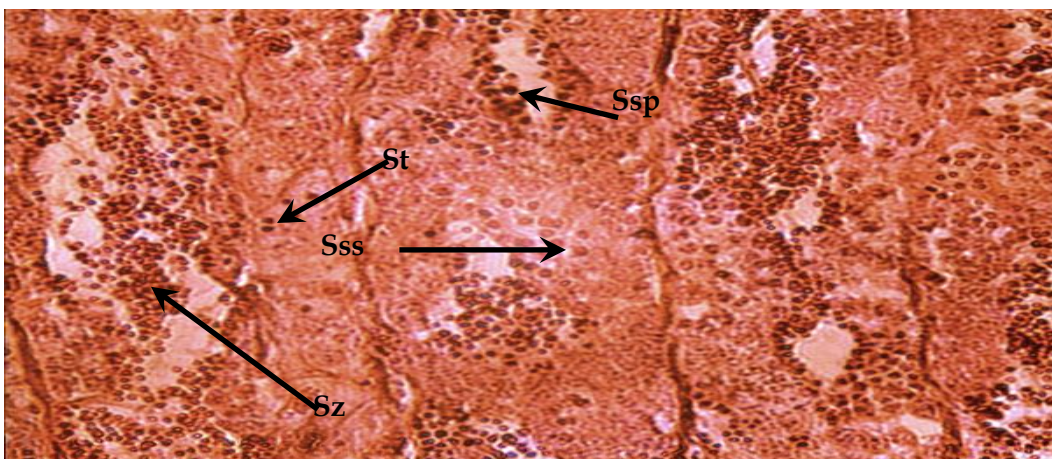
Gambar 2a. Histologi gonad ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap tanggal 26 Juni 2008. Sz (Spermatozoa); St (Spermatid); Ssp (Spermatosit primer); Sss (Spermatosit sekunder); Sg (Spermatogonia)



Gambar 2b. Histologi gonad ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap tanggal 03 Juli 2008. Sz (Spermatozoa); St (Spermatid); Ssp (Spermatosit primer); Sss (Spermatosit sekunder); Sg (Spermatogonia)



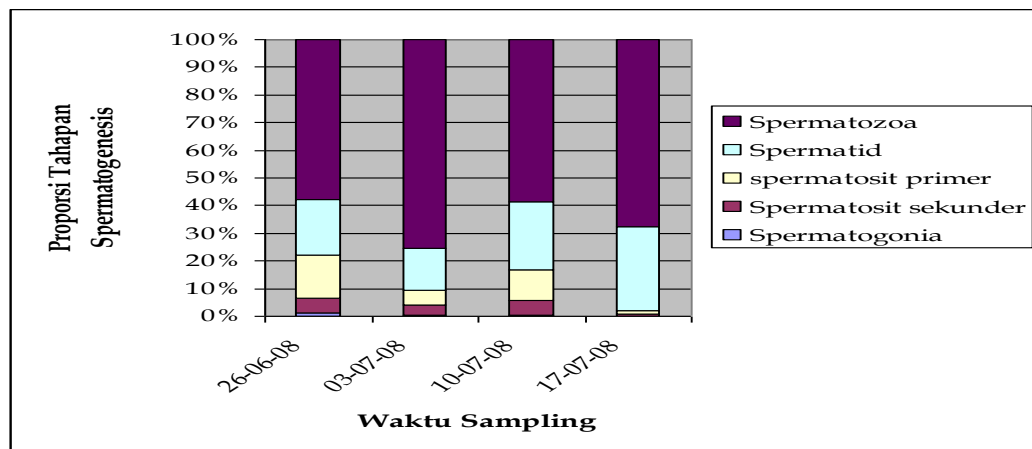
Gambar 2c. Histologi gonad ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap tanggal 10 Juli 2008. Sz (Spermatozoa); Ssp (Spermatosit primer); Sss (Spermatosit sekunder)



Gambar 2d. Histologi gonad ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap tanggal 17 Juli 2008. Sz (Spermatozoa); St (Spermatid); Ssp (Spermatosit primer); Sss (Spermatosit sekunder)

Hasil pengamatan menunjukkan ikan golsom memiliki berbagai tahapan spermatogenesis yaitu spermatogonia, spermatosit primer, spermatosit sekunder, spermatid dan spermatozoa. Proporsi tahapan spermatogenesis ikan golsom di Situ Lengkong-Panjalu selama penelitian

menunjukkan bahwa tahapan spermatozoa mempunyai proporsi terbesar yaitu 57,59% - 75,29%, kemudian diikuti spermatid 15,31% - 30,2%, dan proporsi terkecil adalah spermatogonia 0-1,37%.



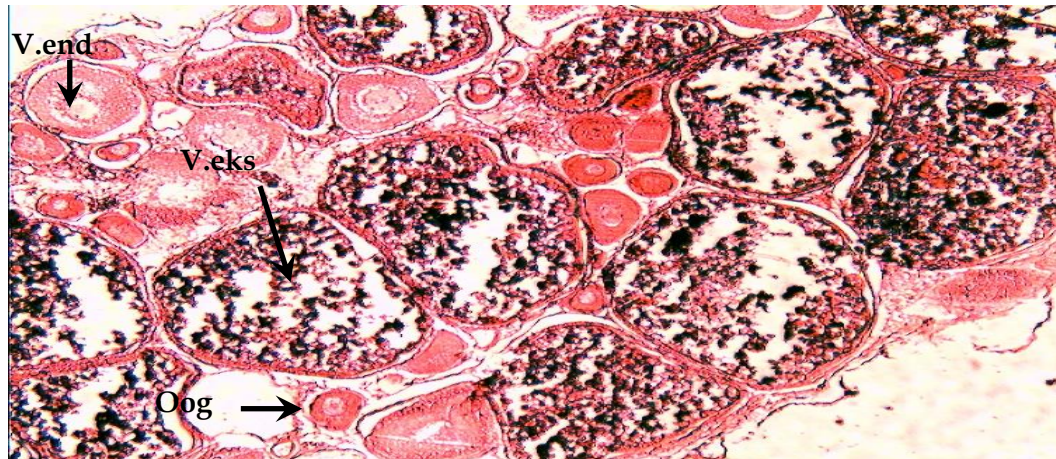
Gambar 3. Proporsi tahapan spermatogenesis ikan golsom (*Aequidens sp.*) di Situ Lengkong Panjalu-Ciamis selama penelitian.

Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa spermatozoa merupakan proporsi tahapan spermatogenesis paling dominan dibanding tahapan lainnya. Sulistyono *et al.*, (2000) telah melakukan penelitian pada ikan *Perca fluviatilis* saat dua bulan sebelum memijah, proporsi paling dominan adalah spermatozoa dan hanya sedikit spermatid diamati. Hal ini dapat diartikan bahwa ikan golsom tertangkap dalam keadaan aktifitas memijah.

Proporsi spermatozoa lebih banyak karena dihasilkan melalui beberapa tahapan pembelahan sel. Awal spermatogenesis ditandai dengan berkembang biaknya spermatogonia melalui beberapa kali melalui pembelahan mitosis, untuk memasuki tahap spermatosit primer, selanjutnya terjadi pembelahan meiosis dimulai dengan kromosom berpasangan, diikuti dengan duplikasi membentuk tetraploid (4n). Satu spermatosit primer tetraploid membentuk dua spermatosit sekunder diploid (2n). Satu spermatosit sekunder membelah diri menjadi dua spermatid haploid (n) (Fujaya, 2004).

Pengamatan histologi gonad ikan golsom betina selama penelitian juga menunjukkan tingkat perkembangan. Ovarium berisi oogonia, vitellogenesis endogen dan vitellogenesis eksogen. Rinchar dan Kestemont (1996) dalam Sulistyono *et al.*, (1998) menerangkan bahwa tahapan vitellogenesis endogen diawali dengan munculnya gelembung yolk yang menempati 2/3 cincin di dalam sitoplasma, selanjutnya masuk ke tingkatan penyelesaian oosit vitellogenesis endogen ditandai oosit dipenuhi gelembung yolk, lapisan folikuler seluler berdiferensiasi, sedangkan pada vitellogenesis eksogen ditandai dengan menghimpunnya kuning telur seperti bola kecil dan berada dibatas luar sitoplasma. Arie dalam Sobari (2005) mengemukakan bahwa untuk mencapai kematangan tiap fase vitellogenesis, kondisi ikan, lingkungan serta makanan sangat dibutuhkan.

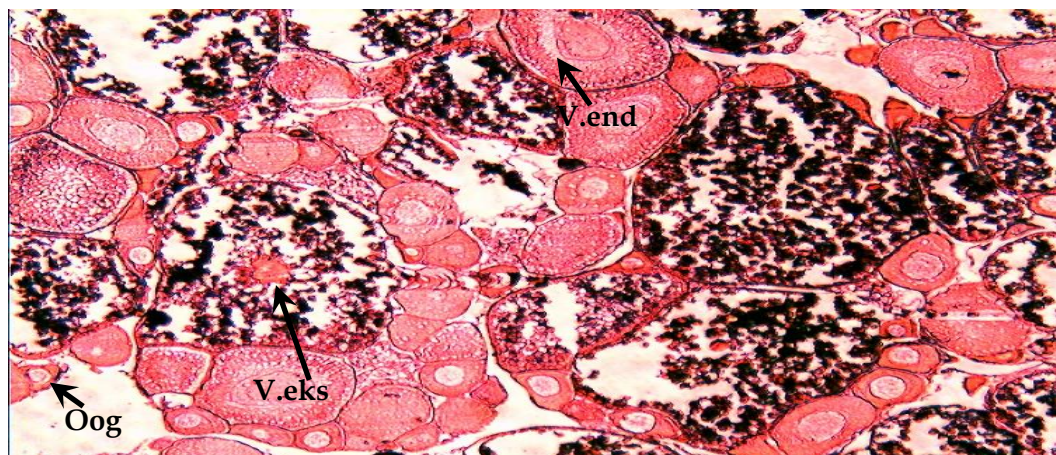
Vitellogenesis ditandai dengan bertambah banyaknya volume sitoplasma yang berasal dari luar sel, yakni kuning telur atau vitelogenin, oleh karena itu kualitas telur sangat ditentukan selama proses tersebut berlangsung. Beberapa faktor seperti kualitas pakan, lingkungan dan aktifitas hormon sangat berperan untuk menunjang keberhasilan proses tersebut (Fujaya, 2004). Menurut Zairin (2003) dalam Sucipto (2008), adanya sinyal lingkungan seperti hujan dan perubahan suhu akan diterima oleh sistem syaraf pusat dan diteruskan ke hipotalamus. Hipotalamus akan merespon sinyal tersebut dengan melepaskan GnRH (*Gonadotropin Releasing Hormon*) yang bekerja di kelenjar hipofisis.



Gambar 4a. Histologi ovarium ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap tanggal 26 Juni 2008.  
Oog (Oogonia); V.end (Vitellogenesis endogen); V.eks (Vitellogenesis eksogen).



Gambar 4b. Histologi ovarium ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap tanggal 03 Juli 2008.  
Oog (Oogonia); V.end (Vitellogenesis endogen); V.eks (Vitellogenesis eksogen).



Gambar 4c. Histologi ovarium ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap tanggal 17 Juli 2008.  
Oog (Oogonia); V.end (Vitellogenesis endogen); V.eks (Vitellogenesis eksogen).

Berdasarkan gambar di atas, diketahui bahwa ikan golsom memiliki berbagai tingkat perkembangan ovarium. Hal ini sesuai dengan Black dan Pickering (1998), yang menyatakan bahwa pada ikan *multiple spawner* ditemukan tingkat oosit dengan berbagai perkembangan yang akan memijah berkali-kali dalam satu musim reproduksi. Menurut Susanto (1987) reproduksi

famili Cichlidae seperti ikan nila terjadi sepanjang tahun tanpa adanya musim tertentu dengan interval waktu kematangan telur sekitar 2 bulan.

#### ***Fekunditas dan Diameter Telur***

Fekunditas tertinggi dijumpai pada ikan berukuran panjang baku 9,1 cm, bobot tubuh 13,5 g dengan diameter telur rata-rata 516,26  $\mu\text{m}$ . Fekunditas terendah dijumpai pada ikan berukuran panjang baku 8,9 cm dan bobot tubuh 11,5 g dengan diameter telur rata-rata 470,66  $\mu\text{m}$ . Hasil perhitungan fekunditas dan diameter telur ikan golsom selama penelitian disajikan pada pada berikut.

Tabel 4. Fekunditas dan diameter telur ( $\mu\text{m}$ ) ikan golsom (*Aequidens* sp.) yang tertangkap di Situ Lengkong – Panjalu, Ciamis Jawa Barat.

Tanggal sampling	Jumlah ikan	Fekunditas	Diameter telur ( $\mu\text{m}$ )
26 Juni 2008	5	335 – 566	530,90 – 1283,04
03 Juli 2008	3	161 – 935	260,36 – 516,26
10 Juli 2008	3	622 – 872	699,52 – 1158,56
17 Juli 2008	4	357 – 712	535,50 – 880,87

Tabel di atas menunjukkan bahwa fekunditas ikan golsom berkisar antara 161-935 butir. Hasil ini lebih rendah dibandingkan dengan jenis ikan famili Cichlidae lainnya. Purwitasari (2002) melaporkan bahwa fekunditas ikan nila kuning betina di perairan waduk Cirata Jawa Barat berkisar 928-3220 butir.

Rendahnya nilai fekunditas ikan golsom diduga karena ikan ini termasuk ikan yang mempunyai kebiasaan menjaga telur. Sifat ikan golsom sama halnya seperti ikan famili Cichlidae yang selalu menjaga telur-telurnya sampai menetas menjadi larva (*parental care*). Cara ini akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup larva ikan terutama dalam penyediaan makanan dan perlindungan dari predator. Nikolsky (1963) dalam Purwitasari (2002) menyatakan bahwa ikan-ikan yang menjaga telurnya dari pemangsa mempunyai nilai fekunditas kecil. Sumantadinata (1983) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara fekunditas dengan ukuran bobot, panjang, umur, cara penjagaan serta ukuran butir telur. Effendie (1997) menambahkan bahwa ukuran telur biasanya menentukan kualitas yang berhubungan dengan kandungan kuning telur. Telur yang berukuran besar akan menghasilkan larva berukuran besar.

Diameter telur ikan golsom berkisar 260,36-1283,04  $\mu\text{m}$ . Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Purwitasari (2002) pada ikan nila kuning betina (famili Cichlidae), yaitu berkisar 240-1830  $\mu\text{m}$ . Ovarium ikan golsom mengandung telur ikan masak dengan ukuran relatif bervariasi, hal ini menunjukkan pemijahan bertahap (*partial spawner*). Ikan yang dapat memijah beberapa kali memiliki kesempatan untuk menghasilkan individu baru lebih besar daripada ikan yang memijah hanya sekali. Menurut Leget dan Dubois (1992) dalam Heart (1994), tingkat kegagalan reproduksi pada ikan *partial spawner* lebih rendah dibandingkan ikan *total spawner* karena waktu pemijahan tidak hanya sekali sehingga apabila pada suatu waktu faktor lingkungan (predator, fisik dan kimia perairan) tidak mendukung, maka rekrutmen masih dapat berlangsung pada pemijahan berikutnya.

#### ***Kondisi Fisik dan Kimia Air***

Hasil pengamatan kondisi fisik-kimia air di Situ Lengkong Panjalu disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Kondisi fisik dan kimia air

No	Parameter	Kisaran Rata-rata
1	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	22 – 29
2	Kedalaman (cm)	1,37 – 1,84
3	Penetrasi Cahaya (cm)	32,16 – 38
4	pH	5 – 7
5	O <sub>2</sub> Terlarut (ppm)	7 – 13,2

Tabel 5 menunjukkan bahwa secara umum kondisi fisik-kimia air di Situ Lengkong masih memenuhi persyaratan kehidupan ikan. Kisaran temperatur 22-29  $^{\circ}\text{C}$  masih mendukung untuk kehidupan organisme air termasuk ikan. Hal ini sesuai dengan Krismono dan Sarnita (2003) yang menyatakan bahwa kriteria baku mutu temperatur air untuk kelangsungan hidup biota akuatik



berkisar 20-32 °C. Nilai pH dan kandungan oksigen terlarut juga masih cukup mendukung untuk kehidupan ikan yaitu 5-7 untuk nilai pH dan 7 – 13,2 ppm untuk oksigen terlarut. Menurut PP No. 82 (2001), kisaran nilai pH air yang ideal bagi kehidupan biota akuatik adalah 6-9, sedangkan kandungan oksigen terlarut yang ideal bagi kehidupan biota akuatik adalah > 3 mg/L.

### KESIMPULAN

Nilai IGS ikan golsom (*Aequidens sp.*) jantan selama penelitian berkisar 0,03-1,13%, sedangkan ikan betina berkisar 0,56-7,00%. Tahapan spermatogenesis meliputi tingkat spermatogonia, spermatosit primer, spermatosit sekunder, spermatid dan spermatozoa, sedangkan perkembangan oosit sampling I dan IV didominasi vitellogenesis eksogen dan pada sampling II di dominasi vitellogenesis endogen. Nilai fekunditas ikan golsom berkisar antara 161-935 butir dengan diameter telur berkisar antara 260,36-1283,04 µm

### DAFTAR PUSTAKA

- Budiman D.A. 2003. Keanekaragaman dan Pemanfaatan Ikan Air Tawar di Situ Bagendit dan Situ Cangkang Kabupaten Garut Jawa Barat. Skripsi. Jurusan Biologi ITB, Bandung. Tidak dipublikasikan.
- Black, D. K dan A. D. Pickering. 1998. Biology of Farmed Fish. CRC Press. LLC. USA
- Effendie, M.I. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusatama, Yogyakarta.
- Fujaya, Y. 2004. Fisiologi Ikan. Dasar-Dasar Pengembangan Teknologi Perikanan. Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi, Dirjen Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan Nasional.
- Heart, R. 1994. The Ecology Life Stages of Marine Fish Larvae. Marine Biology. Academy Press, Inc . New York
- Nikolsky, G.V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press, New York.
- Peraturan Pemerintah No. 82. 2001. Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran. Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Purwitasari, Y. 2002. Studi Biologi Reproduksi Ikan Nila Kuning Betina. Skripsi. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Tidak dipublikasikan
- Sobari, H. 2005. Beberapa Aspek Strategi Reproduksi Ikan Nilem (*Osteochillus hasselti* C.V.) dan Brek (*Puntius orphoides*) Betina (Cyprinidae) di Sungai Pelus. Kabupaten Banyumas. Skripsi.PSPK. UNSOED. Purwokerto. Tidak dipublikasikan.
- Sulistyo, I., J. Rinchar., P. Fontaine., J.N. Gardeur., B. Capdeville and P. Kestemont. 1998. Reproductive Cycle and Plasma Levels of Sex Steroids in Female Eurasian Perch *Perca fluviatilis*. Aquat. Living Resour. 11 (2) : 101 – 110.
- Sulistyo, I., P. Fontaine., J. Rinchar., , J. N. Gardeur., H. Migaud., B. Capdeville dan P. Kestemont. 2000. Reproductive Cycle and Plasma Levels of Steroids in Male Eurasian Perch *Perca fluviatilis*. Aquatic Living Resources. 13 (2) : 99-106.
- Sumantadinata, K. 1983. Pengembangan Ikan Pemeliharaan Di Indonesia. Sastra Hudaya, Jakarta.
- Susanto, H. 1987. Budidaya Ikan di Pekarangan. Penebar Swadaya, Jakarta
- Tang, U. M. 2003. Teknik Budidaya Ikan Baung (*Mystus nemurus*). Kanisius, Yogyakarta.
- Ramdani, R.R. 2006. Revitalisasi Identitas Situ Lengkong Panjalu Sebagai Salah Satu Objek Wisata Unggulan Kabupaten Ciamis. <http://digilib.unikom.ac.id/go.php?id=jbptunikompp-gdl-s1-2006-ronirahmat-3492&q=situ+panjalu>. Diakses 16 Maret 2008
- Sucipto, A. 2008. Aquaculture-Reproduction. <http://www.naksara.net/Hubungan-antara-gangguan-ovulasi-.html>. Diakses 15 Desember 2008.

## Isolasi Sel-sel Spermatogenik Ikan Nilem (*Osteochilus hasselti* C.V.) Menggunakan Gradien Sentrifugasi Sukrosa

Muhimatul Umami, Priyo Susatyo dan Gratiana Ekaningsih Wijayanti

Laboratorium Struktur dan Perkembangan Hewan Fakultas Biologi, Universitas Jenderal  
Soedirman, Purwokerto

Email : Muhimatul.Umami17@gmail.com

Isolasi sel-sel spermatogenik merupakan langkah awal dalam melakukan kultur sel spermatogenik. Salah satu teknik isolasi sel adalah metode gradien sentrifugasi sukrosa yang dapat menghasilkan material dengan tingkat kemurnian yang tinggi dan mudah diperoleh dengan biaya rendah. Namun hingga saat ini, belum tersedia informasi tentang penerapan gradien sentrifugasi sukrosa untuk mengisolasi sel-sel spermatogenik pada ikan Nilem sehingga penelitian ini perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan gradien sentrifugasi sukrosa untuk mengisolasi sel-sel spermatogenik ikan Nilem, menentukan konsentrasi sukrosa yang efisien untuk isolasi sel-sel spermatogenik ikan Nilem dan mengevaluasi kualitas sel spermatogenik yang diperoleh melalui gradien sentrifugasi sukrosa. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial. Faktor pertama berupa konsentrasi sukrosa yang berbeda yaitu A (10%, 15%, 20% dan 25%), B (15%, 20%, 25% dan 30%), C (20%, 25%, 30% dan 35%) dan D (25%, 30%, 35% dan 40%). Faktor kedua berupa interfase pada setiap konsentrasi sukrosa, setiap konsentrasi sukrosa terdapat empat interfase. Hasil penelitian pada ikan yang memiliki GSI  $8,19\% \pm 1,18$  menunjukkan bahwa suspensi sel yang disentrifugasi menggunakan sukrosa dengan kecepatan 400 g selama 10 menit memiliki kepadatan sel yang berbeda pada masing-masing interfase ( $p < 0.05$ ), kepadatan sel meningkat dari konsentrasi terendah (interfase paling atas) hingga konsentrasi tertinggi (interfase paling bawah) dengan proporsi sel spermatogenik yang didominasi oleh spermatozoa. Sel-sel spermatogenik pada masing-masing interfase tiap perlakuan menunjukkan viabilitas yang cukup tinggi yaitu 70,25% hingga 88,71%, tetapi tidak berbeda secara analisis statistik ( $p > 0.05$ ).

Kata kunci : Gradien sentrifugasi, sukrosa, sel spermatogenik, *Osteochilus hasselti*

### PENDAHULUAN

Keberhasilan budidaya ikan sangat ditentukan oleh ketersediaan gamet fungsional yang berkualitas. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas gamet harus terus dilakukan. Peningkatan kuantitas dan kualitas gamet jantan dapat dilaksanakan secara optimal apabila spermatogenesis pada ikan tersebut telah dikaji secara komprehensif. Kajian terhadap proses spermatogenesis dapat dilakukan melalui evaluasi sediaan histologi secara deferensial maupun kultur sel atau jaringan maupun organ (Habibah, 2011). Kajian spermatogenesis ikan kondisi *in vitro* telah dilakukan pada ikan Sidat (*Anguilla japonica*) (Miura *et al.*, 1991; 1995; 2002; 2003; 2005; Celino *et al.*, 2009), Zebrafish (*Danio rerio*) (Sakai, 2002), ikan Medaka (*Oryzias latipes*) (Hong *et al.*, 2004).

Langkah pertama dalam kultur sel spermatogenik adalah mengisolasi sel spermatogenik. Berbagai metode isolasi sel spermatogenik antara lain yaitu *simple washing*, *swim up*, teknik migrasi ke samping, *migration gravity sedimentation*, *sephadex and glasswall collums*, *albumin column filtration*, *optiprep*, *ixaprep*, *accudenz*, dan *silane coated silica based gradient* (Hafez, 1993). Isolasi sel spermatogenik metode sentrifugasi *gradient densitas percoll* paling banyak digunakan (Mendes *et al.*, 2003), namun Percoll harganya mahal dan mengakibatkan kerusakan integritas membran spermatozoa sehingga dapat mempengaruhi pergerakan spermatozoa dan dapat mempengaruhi proses fisiologi spermatozoa seperti kapasitas dan reaksi akrosom (Johnson *et al.*, 1993; Susilawati, 2000). Penelitian Yano *et al.* (2008), menunjukkan bahwa isolasi sel testikular menggunakan *Flow cytometry* pada ikan Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) menghasilkan kemurnian sel tinggi dan sel spermatogenik pada tiap tahapan spermatogenesis terlihat jelas, namun diperlukan marker yang sesuai dan spesifik tiap spesies serta biaya yang relatif tinggi. Selain itu, metode *Flow cytometry* dapat merusak spermatozoa selama pemisahan dan mengubah ekspresi mRNA embrio (Seidel *et al.*, 1999; Morton *et al.*, 2007).

Diantara metode-metode tersebut, isolasi sel spermatogenik menggunakan gradien sentrifugasi sukrosa terbukti efisien, yang dapat digunakan untuk memisahkan spermatozoa berkromosom X dan Y pada sapi menggunakan *discontinuous sucrose density gradient*. Hasil menunjukkan bahwa persentase spermatozoa berkromosom X meningkat dari lapisan 1 ( $15.55 \pm 2.939\%$ ), lapisan 2 ( $14.0 \pm 3.055\%$ ), lapisan 3 ( $26.33 \pm 0.881\%$ ) dan lapisan 4 ( $31.85 \pm 5.186\%$ ). Spermatozoa berkromosom X lebih berat, sehingga akan berada pada lapisan keempat, sedangkan

spermatozoa berkromosom Y lebih ringan sehingga akan bermigrasi ke lapisan pertama (Kanesharatnam *et al.*, 2012).

Sukrosa dapat diperoleh dengan mudah dan biaya rendah serta sukrosa dapat menghasilkan material dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Munteanu dan Dinu, 2004). Namun hingga saat ini, belum tersedia informasi tentang penerapan gradien sentrifugasi sukrosa untuk mengisolasi sel-sel spermatogenik pada ikan Nilem sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi penggunaan gradien sentrifugasi sukrosa untuk mengisolasi sel-sel spermatogenik ikan Nilem (*O. hasselti*).
2. Menentukan konsentrasi sukrosa yang efisien untuk isolasi sel-sel spermatogenik ikan Nilem (*O. hasselti*).
3. Mengevaluasi kualitas sel spermatogenik yang diperoleh melalui gradien sentrifugasi sukrosa.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi ilmiah mengenai protokol untuk isolasi sel-sel spermatogenik ikan Nilem dengan metode gradien sentrifugasi sukrosa dan konsentrasi sukrosa yang efisien untuk isolasi sel-sel spermatogenik ikan Nilem (*O. hasselti*). Informasi tersebut diharapkan mampu menjadi dasar penelitian tentang peningkatan kualitas spermatozoa secara *in vitro* serta dapat digunakan untuk pengembangan bioteknologi reproduksi pada ikan Nilem sehingga diharapkan dapat membantu usaha budidaya ikan Nilem di masa depan agar lebih optimal.

## METODE PENELITIAN

### *Objek penelitian*

Ikan Nilem jantan dengan berat 50-60 g yang diperoleh dari petani ikan desa Beji Kabupaten Banyumas.

### *Bahan penelitian*

*Sucrose* ( $C_{12}H_{22}O_{22}$ , BioWard), *Sodium citrate* ( $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$ , 078K0135, Sigma), 0,25% *Trypsin EDTA* (Gibco no. 25200), *Fetal Bovine Serum* (FBS, Caisson Labs), Antibiotik (*Penicillin Streptomycin*, Gibco no. 15140), NaCl fisiologis, 0,4 % *tripan blue*, *Sodium chloride* (NaCl), *Potassium chloride* (KCl), *Disodium hydrogen phosphate, anhydrous* ( $Na_2HPO_4$ ), *Potassium dihydrogen phosphate* ( $KH_2PO_4$ ), bubuk Carmine, asam asetat, alkohol 70% dan akuades steril.

### *Pembuatan Larutan Buffer Sodium Sitrat*

(*Modifikasi European Pharmacopoeia Commission, 2005*)

*Sodium citrate* ditimbang sebanyak 10 g dan *sodium chloride* 5,9 g kemudian dilarutkan dalam 900 mL akuades steril, larutan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*, pH diatur menjadi 7,4 dengan penambahan 1 M HCl atau 1M NaOH selanjutnya ditambahkan akuades steril hingga 1000 mL.

### *Pembuatan Larutan Dulbecco's Phosphate-buffered saline (DPBS) pH 7,4*

(*Dulbecco dan Vogt, 1954*)

Larutan DPBS dibuat dengan melarutkan 8 g NaCl, 0,2 g KCl, 1,15 g  $Na_2HPO_4$  dan 0,2 g  $KH_2PO_4$  dalam 800 mL akuades steril dan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*, pH diatur menjadi 7,4 dengan ditambah 1M HCl atau 1M NaOH jika diperlukan, kemudian ditambahkan akuades steril hingga 1000 mL. Larutan disterilkan menggunakan *autoclave* pada temperatur 121°C, 2 atm selama 20 menit. Larutan yang telah disterilisasi disimpan pada temperatur ruang (untuk penggunaan beberapa minggu) atau pada temperatur 4 sampai 8°C untuk penggunaan beberapa bulan.

### *Pembuatan Larutan Acetocarmin*

(*Modifikasi Ray, 1944*)

Pewarna *Acetocarmine* dibuat dengan membuat stok larutan *acetocarmine* terlebih dahulu. Sebanyak 0,5 g bubuk Carmine ditambahkan 100 mL akuades steril kemudian dipanaskan dalam 45% larutan asam asetat selama 2-4 menit, selanjutnya didinginkan dan disaring menggunakan kertas saring.

### ***Pembuatan Handling medium, Medium Disosiasi dan Medium Pencuci*** (Wijayanti, 2003)

- 1) *Handling* medium (untuk 1000  $\mu$ L):  
DPBS ..... 950 $\mu$ L  
Antibiotik..... 50 $\mu$ L
- 2) Medium disosiasi (untuk 1000  $\mu$ L):  
DPBS ..... 850 $\mu$ L  
Antibiotik..... 50 $\mu$ L  
Tripsin EDTA ..... 100 $\mu$ L
- 3) Medium pencuci(untuk 1000  $\mu$ L):  
DPBS ..... 850 $\mu$ L  
Antibiotik ..... 50 $\mu$ L  
Serum..... 100 $\mu$ L

### ***Pembuatan Gradien Sentrifugasi Sukrosa*** (Modifikasi Kanesharatnam et al., 2012)

Pembuatan gradien sentrifugasi sukrosa dilakukan dengan membuat larutan stok sukrosa berbagai konsentrasi terlebih dahulu. Sukrosa yang akan digunakan ditimbang menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0,01 g. Konsentrasi sukrosa yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% dan 40%. Tabung *falcon* yang telah berisi larutan sukrosa dengan berbagai konsentrasi, kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex mixer*. Pembuatan gradien sentrifugasi sukrosa dilakukan dengan mengisi setiap tabung *falcon* menggunakan empat konsentrasi larutan sukrosa yang berbeda. Volume masing-masing konsentrasi sukrosa 1 mL dan *diload* dari konsentrasi tertinggi ke konsentrasi terendah sesuai dengan perlakuan, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 500 g (2800 rpm) selama 10 menit pada temperatur ruang.

### ***Disosiasi Jaringan Testis***

Ikan Nilem diukur berat dan panjang tubuhnya untuk mengetahui *Gonado Somatic Index* (GSI), kemudian ikan dilumpuhkan dengan merusak jaringan syarafnya menggunakan gunting. Bagian *abdomen* dibersihkan menggunakan kertas tissue yang telah dibasahi dengan larutan alkohol 70%. Dinding *abdomen* dibedah menggunakan alat bedah steril, testis diangkat, ditimbang dan dicatat, selanjutnya dicuci menggunakan larutan PBS untuk menghilangkan darah yang menempel dan diletakkan dalam *petridish* steril kemudian ditambahkan dengan *handling* medium supaya testis tidak mengalami dehidrasi. Testis dibawa ke ruang kultur, jaringan dipotong menjadi dua bagian, dipisahkan dari tunika albugenia menggunakan skalpel kemudian dimasukkan dalam tabung yang telah diisi dengan medium disosiasi, selanjutnya diinkubasi ke dalam *waterbath* dengan temperatur 37°C, selama 30 menit. Setiap 5 menit tabung diagitasi untuk menghomogenkan suspensi. Tabung yang telah diinkubasi, selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 400 g selama 5 menit, supernatan dibuang dan sel diresuspensi dalam medium pencuci kemudian disentrifugasi pada kecepatan 400 g selama 5 menit. Tahapan ini diulang sebanyak dua kali untuk menghilangkan tripsin. Selanjutnya medium diganti dengan larutan buffer sodium sitrat dan disentrifugasi pada kecepatan 400 g selama 5 menit.

### ***Isolasi Sel-sel Spermatogenik Menggunakan Gradien Sentrifugasi Sukrosa***

Suspensi sel yang diperoleh (dari tahap f) *diload* pada tabung yang berisi berbagai konsentrasi sukrosa (dari tahap d) sebanyak 0,5 mL, selanjutnya disentrifugasi pada kecepatan 400 g selama 10 menit. Empat interfase yang terbentuk setelah sentrifugasi, selanjutnya sel pada setiap interfase diambil dan diletakkan dalam tabung *ependorf* yang telah diberi label. Tabung *ependorf* yang berisi suspensi sel disimpan pada temperatur sekitar 4 – 10 °C hingga pengamatan sel.

### ***Pengamatan Viabilitas dan Kepadatan Sel Spermatogenik***

Sel spermatogenik yang terdapat pada masing-masing interfase diuji viabilitasnya menggunakan 0,4 % *trypan blue*. Suspensi sel dicampur dengan pewarna *trypan blue* dengan perbandingan 9 bagian suspensi sel ditambah satu bagian *trypan blue*. Campuran suspensi tersebut diteteskan pada *haemocytometer* kemudian viabilitas dan kepadatan sel dihitung.

### ***Morfologi Sel Spermatogenik***

Suspensi sel ditetaskan pada *object glass*, selanjutnya pewarna *Acetocarmine* ditetaskan diatas suspensi sel tersebut, ditutup dengan *cover glass* dan dipencet (*squash*) menggunakan ibu jari atau ujung tumpul pensil kemudian diamati dan dievaluasi. Evaluasi morfologi sel spermatogenik menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 400x. Identifikasi sel-sel spermatogenik merujuk pada Takashima dan Hibiya (1995) dan Quintana *et al.* (2004).

### ***Pengukuran Diameter Sel Spermatogenik***

Pengukuran diameter sel spermatogenik bertujuan untuk mengetahui ukuran sel-sel spermatogenik. Sel spermatogenik diamati menggunakan mikroskop cahaya yang telah dikalibrasi, kemudian didokumentasikan dan diukur diameternya menggunakan *software* ImageJ 1.46.

### ***Proporsi sel-sel spermatogenik***

Berdasarkan hasil pengukuran diameter sel, maka proporsi sel spermatogenik dapat diketahui cara membandingkan antara jumlah sel spermatogenik yang diperoleh dalam setiap interfase dan hasilnya dalam bentuk persen (%).

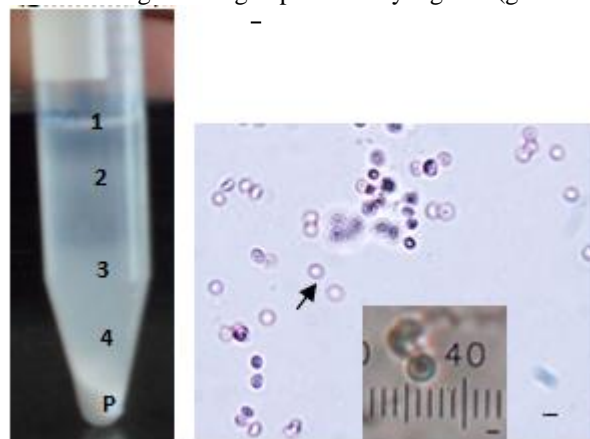
### ***Metode Analisis***

Data kepadatan, proporsi dan viabilitas sel spermatogenik dianalisis menggunakan *two way* ANOVA pada tingkat signifikasi 0,05 (Steel dan Torrie, 1993). Hasil uji ANOVA yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan dilanjutkan dengan uji BNT.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Gradient* sentrifugasi merupakan metode pemisahan material yang dapat memisahkan material dengan debris-debris yang berukuran sama dengan material tersebut. Metode *gradient* sentrifugasi dapat dilakukan menggunakan sukrosa, polisukrosa, silika koloidal maupun percoll. Pada penelitian ini dipilih metode *sucrose gradient* sentrifugasi, karena sukrosa mudah diperoleh dan harganya murah dibandingkan menggunakan percoll. Selain itu sukrosa dapat digunakan sebagai sumber energi selama inseminasi menggunakan semen *sexing* (Salisbury *et al.*, 1978; Kanesharatnam *et al.*, 2012).

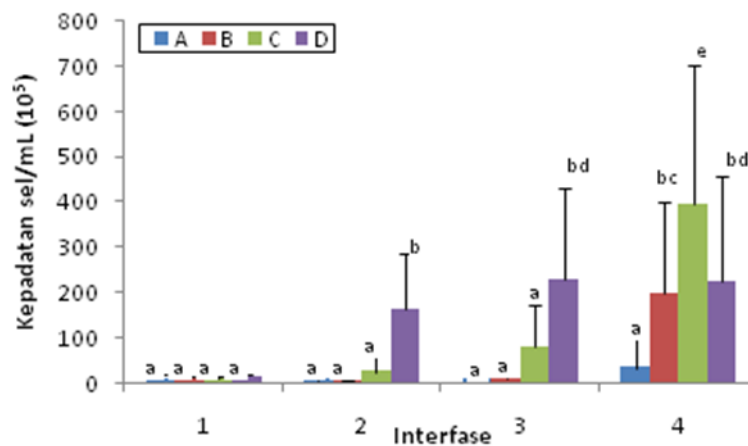
Konsentrasi sukrosa yang berbeda memiliki kepekatan yang berbeda pula, sehingga jika larutan tersebut *diload* ke dalam tabung sentrifugasi secara pelan-pelan dari konsentrasi tertinggi kemudian disentrifugasi secara horizontal maka masing-masing larutan akan membentuk gardien sentrifugasi. Posisi paling bawah menunjukkan konsentrasi tertinggi yang diikuti konsentrasi di atasnya yang lebih rendah sehingga posisi paling atas merupakan konsentrasi paling rendah. Berdasarkan penelitian, perlakuan B (konsentrasi sukrosa 15%, 20%, 25% dan 30%) memiliki interfase yang lebih jelas dibandingkan dengan perlakuan yang lain (gambar 1).



Gambar 1. Interfase yang terbentuk setelah disentrifugasi menggunakan sukrosa dengan kecepatan 400 g selama 10 menit konsentrasi sukrosa 15%, 20%, 25% dan 30%, p=pellet. Morfologi spermatozoa (tanda panah gambar A) menggunakan mikroskop cahaya perbesaran 1000x, scale bar = 1  $\mu$ m dan sel spermatogonium (gambar B) menggunakan mikroskop cahaya perbesaran 400x, scale bar = 2,5  $\mu$ m

Pemisahan sel dalam suspensi dengan menggunakan gaya gravitasi tergantung pada ukuran dan kepadatan sel. Sel dengan kepadatan atau ukuran yang lebih besar biasanya akan bermigrasi lebih cepat dan di beberapa titik akan terpisahkan dengan sel yang memiliki kepadatan atau ukuran lebih rendah (Frei, 2011).

Suspensi sel hasil sentrifugasi menggunakan larutan sukrosa memiliki kepadatan yang berbeda pada masing-masing interfase pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sukrosa, kepadatan sel semakin tinggi. Hal ini terkait antara ukuran sel dengan konsentrasi larutan. Konsentrasi larutan yang tinggi menunjukkan kepekatan larutan sukrosa tinggi menyebabkan ikatan antar molekul sukrosa semakin kuat sehingga hanya sel yang berukuran kecil yang dapat melewatinya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa interfase empat pada perlakuan C memiliki kepadatan tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Frei (2011), menyatakan bahwa jika kepadatan sel lebih besar daripada densitas gradien, maka akan terbentuk pellet lebih banyak jika disentrifugasi dalam waktu yang cukup lama.



Keterangan: A = konsentrasi sukrosa 10%, 15%, 20% dan 25%, B = konsentrasi sukrosa 15%, 20%, 25% dan 30%, C konsentrasi sukrosa 20%, 25%, 30% dan 35% dan D konsentrasi sukrosa 25%, 30%, 35% dan 40%. Notasi menunjukkan signifikansi perbedaan ( $p < 0.05$ )

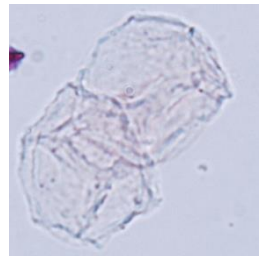
Proporsi sel spermatogenik pada setiap interfase masing-masing konsentrasi sukrosa, sel spermatogenik yang mendominasi adalah spermatozoa. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi yang diujikan belum dapat mengisolasi sel pada tahapan tertentu disebabkan oleh ikan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rerata GSI  $8,19\% \pm 1,18$  yang dapat dikelompokkan ke dalam ikan matang gonad sehingga setiap interfase lebih didominasi oleh sel spermatozoa. Ikan yang dikelompokkan ke dalam kelas ikan matang gonad akan terlihat dengan jelas semua tipe sel-sel spermatogenik, namun didominasi oleh spermatozoa. Ikan Nilem merupakan ikan teleostei yang memiliki tipe testis lobuli berlekuk, semua sel tahapan spermatogenesis dapat dilihat di sepanjang lobuli dan spermatozoa yang matang akan dikeluarkan ke dalam lumen lobular (Takashima dan Hibiya, 1995). Banyaknya spermatozoa tersebut menunjukkan bahwa ikan tersebut telah matang gonad (*cyst mature*) dan siap memijah (Mauludin, 2009). Terjadinya peningkatan nilai GSI ikan jantan berhubungan dengan proses spermatogenesis dan peningkatan volume tubulus semineferus. Semakin jauh tingkat perkembangan spermatogenesis maka nisbah antara gonad dan berat ikan semakin besar (Syandri, 1996; Siregar, 1989 dalam Ernawati, 1999; Dzielwska dan Józef, 2002).

	Proporsi sel spermatogenik (%)			
	Sg	Sc	St	Sz
<b>A1</b>	0.52 ± 0.95	1.87 ± 2.77	35.52 ± 18.05	59.09 ± 18.78
<b>A2</b>	0.00 ± 0.00	0.79 ± 1.04	42.13 ± 17.67	57.08 ± 17.99
<b>A3</b>	0.00 ± 0.00	0.48 ± 0.62	44.91 ± 14.09	54.61 ± 14.15
<b>A4</b>	0.00 ± 0.00	0.04 ± 0.09	28.47 ± 28.47	71.49 ± 14.76
<b>B1</b>	0.44 ± 0.87	2.62 ± 2.78	32.79 ± 18.06	64.16 ± 19.95
<b>B2</b>	0.24 ± 0.64	3.35 ± 7.99	44.59 ± 21.74	51.81 ± 27.68
<b>B3</b>	0.19 ± 0.49	1.50 ± 3.53	39.98 ± 24.61	58.33 ± 27.59

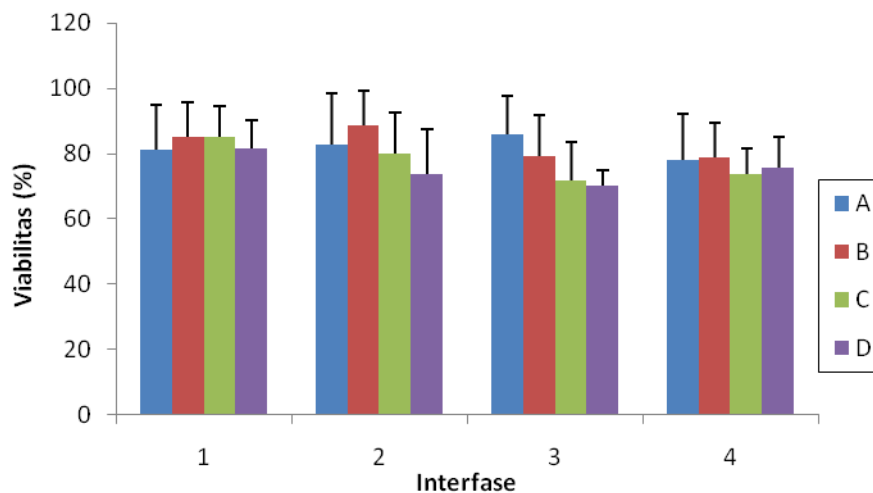
Proporsi sel spermatogenik (%)				
	Sg	Sc	St	Sz
<b>B4</b>	0.07 ± 0.17	0.17 ± 0.39	39.02 ± 14.02	60.74 ± 14.15
<b>C1</b>	0.23 ± 0.48	1.94 ± 1.81	34.24 ± 15.53	63.59 ± 15.43
<b>C2</b>	0.07 ± 0.18	0.29 ± 0.44	26.58 ± 14.42	73.07 ± 14.25
<b>C3</b>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	27.36 ± 18.55	72.64 ± 18.55
<b>C4</b>	0.07 ± 0.17	0.23 ± 0.37	33.62 ± 11.03	66.08 ± 11.32
<b>D1</b>	0.44 ± 0.83	1.51 ± 2.24	29.28 ± 13.00	68.76 ± 12.89
<b>D2</b>	0.05 ± 0.12	0.13 ± 0.17	28.85 ± 16.95	70.98 ± 16.88
<b>D3</b>	0.03 ± 0.09	0.02 ± 0.03	26.63 ± 15.67	73.31 ± 15.66
<b>D4</b>	0.03 ± 0.07	0.14 ± 0.29	25.99 ± 12.35	73.85 ± 12.24

Keterangan: A<sub>n</sub> = konsentrasi sukrosa 10%, 15%, 20% dan 25% pada interfase ke-n; B<sub>n</sub> = konsentrasi sukrosa 15%, 20%, 25% dan 30%, pada interfase ke-n; C<sub>n</sub> konsentrasi sukrosa 20%, 25%, 30% dan 35% pada interfase ke-n dan D<sub>n</sub>=konsentrasi sukrosa 25%, 30%, 35% dan 40 pada interfase ke-n; Sg = Spermatogonia; Sc = Spermatocyt; St = Spermatid; Sz = Spermatozoa.

Selain sel spermatogenik, pada penelitian ini juga terdapat sel lain yaitu sel sertoli yang selalu berada pada interfase paling atas setiap perlakuan. Sel sertoli memiliki morfologi epithelioid. Biasanya satu sel sertoli berada di sekitar 3 sampai 6 sel spermatogonia (Hochachka dan Mommsen, 1994).



Gambar 2. Morfologi cluster sel sertoli, menggunakan mikroskop cahaya pada perbesaran 1000x, scale bar = 1 μm



Keterangan: A = konsentrasi sukrosa 10%, 15%, 20% dan 25%, B = konsentrasi sukrosa 15%, 20%, 25% dan 30%, C konsentrasi sukrosa 20%, 25%, 30% dan 35% dan D konsentrasi sukrosa 25%, 30%, 35% dan 40%.

Hasil pengamatan dan analisis menunjukkan bahwa konsentrasi sukrosa yang diujikan tidak memberikan pengaruh terhadap viabilitas sel ( $p > 0.05$ ), viabilitas sel spermatogenik pada masing-masing interfase tiap perlakuan menunjukkan viabilitas yang cukup tinggi yaitu 70,25% hingga 88,71% sedangkan viabilitas sel spermatid menggunakan ficoll sebesar 76% (Loir dan Lanneau, 1974). Hasil tersebut hampir sama dengan viabilitas sel hasil isolasi menggunakan gradien

sentrifugasi percoll (Lacerda *et al.*, 2006). Namun viskositas percoll lebih tinggi daripada sukrosa yaitu viskositas sukrosa 1.96 cP sedangkan percoll  $10 \pm 5$  cP pada suhu 20°C (Bingham dan Jackson, 1916; Amershambiosciences, 2003), sedangkan rata-rata viskositas semen sekitar 1,15-7,15 cP, rata-rata kekentalan plasma yang telah disentrifugasi berkisaran 1,0-1,85 cP (Salisbury dan Van Demark, 1985) menyebabkan gaya gesek sel-sel spermatozoa terhadap gradien pada medium percoll lebih besar sehingga menyebabkan viabilitas dan morfologi normal spermatozoa menurun (Sujoko *et al.*, 2009).

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan kepadatan, viabilitas dan proporsi sel menunjukkan bahwa konsentrasi sukrosa yang diujikan belum dapat mengisolasi tahapan sel spermatogenik tertentu, namun viabilitas sel pada setiap interfase cukup tinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amershambiosciences. 2003. Percoll: Methodology and Applications. SIGMA.
- Bingham, E. C. And Jackson, R. F. 1916. Standard substances for the calibration of viscometers. Bulletin of the Bureau of Standards. Washington.
- Celino, F.T., S. Yamaguchi, C. Miura and T. Miura. 2009. Arsenic inhibits in vitro spermatogenesis and induces germ cell apoptosis in Japanese eel (*Anguilla japonica*) Reproduction. Vol 138: 279–287.
- Dulbecco, R. and M. Vogt. 1954. Plaque formation and isolation of pure lines with poliomyelitis viruses. Journal Experiment of Medicine. Vol 99: 167-182.
- Dziewulska K and Józef D. 2002. Histology of salmonid testes during maturation. Reproduction Biology. Vol 3 (1): 47-61.
- Ernawati, Y. 1999. Efisiensi implantasi analog LH–RH dan 17 $\alpha$ – metiltestosteron serta pembekuan semen dalam upaya peningkatan produksi benih ikan jambal siam (*Pangasius hypophthalmus*). Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- European Pharmacopoeia Commission. 2005. European Pharmacopoeia Fifth Edition. pp: 433. The Council of Europe, European Department for the Quality of Medicines.
- Frei, M. 2011. Biofiles: Centrifugation Volume 6. Sigma-Aldrich Corp.
- Habibah, A.N. 2011. Oogenesis Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy Lac.*) Pada Kondisi In Vitro. Tesis (tidak dipublikasikan). Pascasarjana Ilmu Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Hochachka P.W and Mommsen T.P. 1994. Analytical Techniques: Biochemistry and Molecular Biology of Fishes Volume 3. Newnes.
- Hafez, E.S.E. 1993. Reproduction in Farm Animals. 6th Edition. Lea Febiger. Philadelphia: 440 – 443.
- Hong Y, Tongming L, Haobin Z, Hongyan X, Weijia W, Rong L, Tiansheng C, Jiaorong D, and Jianfang G. 2004. Establishment of a normal medakafish spermatogonial cell line capable of sperm production in vitro. PNAS. Vol 101: 8011–8016.
- Johnson, L.A., G.R. Welch, F. Keyvanfar, A. Dorfmann, E.F. Fugger, and J.D. Schulman. 1993. Gender preselection in humans? flow cytometric separation of X dan Y spermatozoa for the prevention of X-linked diseases. Human Reproduction. Vol. 8 (10): 1733-1739.
- Kanesharatnam, N., T. Eswaramohan, and K. Balasubramaniam. 2012. Fractionation of X and Y Chromosome-Bearing bovine spermatozoa through sugar gradients for sex predetermination in dairy cattle. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics. Vol. 2 (3): 203- 206.
- Lacerda, S.M.S.N., S.R. Batlouni, S.B.G. Silva, C.S.P. Homem, L.R. França. 2006. Germ cells transplantation in fish: the Nile-tilapia model. Anim. Reprod. Vol. 3 (2): 146-159.
- Loir, M and M. Lanneau. 1974. Separation of ram spermatids by sedimentation at unit gravity. Experimental Cell Research. Vol. 83 (2): 319–327.
- Mauluddin. 2009. Studi mengenai morfologi dan komposisi sel testikular ikan Gurame *Osphronemus gouramy Lac.* Skripsi. Program Studi Teknologi dan Manajemen Akuakultur Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mendes, J.O.B., P.D. Burns, D.L.J. Torre-Sanchez, and G.E. Seidel. 2003. Effect of heparin on cleavage rates and embryo production with four bovine sperm preparation protocols. Theriogenology. Vol 60 (2): 331-340.
- Miura, T., K. Yamauchi, H. Takahashi, and Y. Nagahama. 1991. Hormonal induction of all stages of spermatogenesis in vitro in the male Japanese eel (*Anguilla japonica*). Proc Natl Acad Sci USA Vol 88: 5774–5778.
- Miura, T., Kasugai, T., Nagahama, Y., Yamauchi, K., 1995. Acquisition of potential for sperm motility in vitro in Japanese eel (*Anguilla japonica*). Fish. Sci. 61, 533.
- Miura T, Chiemi M, Yasuko K and Kohei Y. 2002. Spermatogenesis-preventing substance in Japanese eel. Development. 129: 2689-2697.
- Miura, T., Ohta, T., Miura, C.I., Yamauchi, K., 2003. Complementary deoxyribonucleic acid cloning of spermatogonial stem cell renewal factor. Endocrinology Vol 144 (12): 5504–5510.



- Miura, C., N. Takahashi, F. Michino and T. Miura. 2005: The effect of paranolphenol on Japanese eel (*Anguilla japonica*) spermatogenesis in vitro. *Aquat. Toxicol.*, Vol 71: 133–141.
- Mortimore, D., and T.S. Mortimor, 1992. Methods of sperm preparation for assisted reproduction. *Annals Academy of Medicine*. Vol 21 (4): 517–524.
- Morton K.M., D. Herrmann, B. Sieg, C. Struckmann, W. M. C. Maxwell, D. Rath, G. Evans, A. L. Hahn, H. Niemann, and C. Wrenzycki. 2007. Altered mRNA expression patterns in bovine blastocysts after fertilization in vitro using flow-cytometrically sexsorted Sperm. *Molecular Reproduction and Development*, New York. Vol. 74 (8): 931-940.
- Munteanu, L.S. and A. Dinu. 2004. Fractionation of granulocytes from whole human Blood by centrifugation. Practical hints. *Romanian J. Biophys.* 14: 53–58.
- Quintana, L., A. Silva, N. Berois, and O. Macadar. 2004. Temperature induces gonadal maturation and affects electrophysiological sexual maturity indicators in *Brachyhyopomus pinnicaudatus* from a temperate climate. *The Journal of Experimental Biology*. 207: 1843 – 1853.
- Ray, M. 1944. Control of the Ferric Ion Concentration in Iron-Aceto-Carmine Staining. *Biotechnic and Histochemistry*. 19: 103-108.
- Sakai N. 2002. Transmeiotic differentiation of zebrafish germ cells into functional sperm in culture. *Development*. 129: 3359-3365.
- Salisbury, G.W., N.L. van Demark, and J.B. Codge. 1978. *Physiology of reproduction and artificial insemination of cattle*. 2nd ed. San Francisco, W.H. Freeman and Co.
- Seidel, G.E., J.L. Schenk, L.A. Herickhoff, S.P. Doyle, Z. Brink, R.D. Green, and D.G. Cran. 1999. Insemination of heifers with sexed sperm. *Theriogenology*. Vol. 52 (8): 1407–1420.
- Steel, R G.O and J.H Torrie. *Principle and Procedure of Statistik Terjemahan oleh B. Sumantri*. 1993 Prinsip dan Prosedur Statistik Suatu Pendekatan Biometrik Edisi Kedua. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sujoko H, Mohamad A.S dan Arief B. 2009. Seleksi Spermatozoa Domba Garut dengan Metode Sentrifugasi Gradien Densitas Percoll. *Jurnal Veteriner*. Vol. 10 (3): 125-132.
- Susilawati, T. 2000. Analisa membran spermatozoa sapi hasil filtrasi sephadex dan sentrifugasi gradien percoll pada proses seleksi jenis kelamin. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Airlangga, Surabaya.
- Syandri, H. 1996. Aspek reproduksi ikan bilih, *Mystacoleucus padangensis* Bleeker dan kemungkinan pembenihannya di Danau Singkarak. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Takashima, F., and T. Hibiya, 1995. *An Atlas of Fish Histology. Normal and Pathological Features Second Edition*. pp: 146-149. Gustav Fischer Verlag. Kodansha, Tokyo.
- Wijayanti G.E. 2003. Pre and Post Natal Development of the Germ cells in a Marsupial Tammar wallaby. PhD Thesis. The University of Melbourne, Melbourne, Australia.
- Yano A, K. Suzuki and G. Yoshizaki. 2008. Flow-cytometric isolation of testicular germ cells from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) carrying the green fluorescent protein gene driven by trout vasa regulatory regions. *Biology of Reproduction*: 78: 151–158.

## Perkembangan Testis Fetus Tammar Wallaby yang Ditransplantasikan di Bawah Kulit Fetus Betina

Gratiana E. Wijayanti<sup>1</sup>, G. Shaw<sup>2</sup>, M.B. Renfree<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Struktur dan Perkembangan Hewan, Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto

<sup>2</sup>Dept. of Zoology, the University of Melbourne, Melbourne VIC Australia

Email: [bugrat\\_1@yahoo.co.uk](mailto:bugrat_1@yahoo.co.uk)

Perkembangan testis secara normal memerlukan kondisi dan paparan hormon yang sesuai. Pada penelitian ini testis fetus tammar wallaby ditransplantasikan di bawah kulit fetus betina guna mengevaluasi pengaruh lingkungan fisiologis fetus betina terhadap perkembangan testis. Lima pasang testis fetus umur 9 hari *post partum* ditransplantasikan di bawah kulit pada daerah abdomen lima fetus betina umur 1 hari *post partum*. Dua puluh hari kemudian, testis diangkat, diamati morfologinya dan diproses untuk pembuatan sediaan histologis menggunakan metode paraffin kemudian diwarnai dengan haematoxylin-eosin untuk evaluasi *germ cells* dan immunohistokimia menggunakan rabbit polyclonal anti AMH untuk mengevaluasi aktivitas endokrin testis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa empat dari lima pasang testis yang ditransplantasikan berkembang dengan baik. Sediaan histologis menunjukkan bahwa pada bagian tertentu testis berfusi membentuk satu testis berukuran besar yang dibungkus oleh tunica albugenia dan pada bagian lain masih memperlihatkan dua testis terpisah yang dibungkus oleh tunica albugenia komunal. Tubulus seminiferous tampak normal dengan *germ cells* yang sehat. Sel sertoli dikelilingi oleh membran basal dan sel-sel myeloid peritubuler, pada daerah interstitial dijumpai sel-sel Leydig. Hasil immunohistokimia menunjukkan bahwa empat pasang testis yang berkembang tersebut aktif mensekresi AMH. Satu pasang testis lainnya berukuran sangat kecil dan terhenti perembangannya tetapi memiliki individual dan komunal tunica albugenia meskipun tubulus seminiferousnya mengalami degradasi. Evaluasi immunohistokimia menunjukkan bahwa testis tersebut tidak lagi menghasilkan hormon AMH.

Kata kunci: transplantasi, testis, germ cells, tammar wallaby, AMH

## Ekspresi Reseptor FSH dan Reseptor Estrogen pada Wanita Infertil Endometriosis: Hubungannya dengan Polimorfisme Gen Reseptor Estrogen

**Eldafira, Purnomo Soeharso, Muharam, Roselina Panghyagani, Luluk Yunaini**

*Departemen Biologi FKUI dan Obsgin RSCM  
Email: eldafira96@yahoo.com*

Terjadinya keabnormalan terhadap responsibilitas hormon estrogen pada jaringan endometriosis salah satunya dapat karena terjadinya gangguan keseimbangan pada mekanisme umpan balik sekresi FSH dan produksi estrogen melalui mekanisme sumbu hipotalamus-hipofisis yang mengakibatkan terjadinya gangguan pada fungsi gonad dalam mensekresi hormon. Didapatkan polimorfisme gen reseptor FSH dan reseptor estrogen pada wanita penderita endometriosis. Pada penelitian ini ditentukan frekuensi genotip dan distribusi alotip gen reseptor FSH dan reseptor estrogen pada wanita dengan patologi endometriosis serta hubungannya dengan ekspresi mRNA reseptor estrogen pada jaringan endometriosis. Tujuan penelitian ini adalah menentukan polimorfisme gen reseptor FSH dan reseptor estrogen serta hubungannya dengan ekspresi reseptor estrogen (ER) pada wanita dengan patologi endometriosis. Studi dilakukan terhadap 29 pasien endometriosis dari poli OBSGYN dan Klinik IVF Yasmin RSCM dan 34 non endometriosis. Dilakukan analisis DNA darah perifer dari pasien endometriosis dan nonendometriosis, selanjutnya analisis polimorfisme dilakukan dengan teknik PCR-RFLP. Dan dilihat ekspresi mRNA gen reseptor estrogen pada jaringan segar pasien endometriosis dengan teknik qRT-PCR. Analisis statistik dilakukan dengan uji Chi-Square pada nilai  $p \leq 0.05$  dinyatakan berbeda bermakna. Terdapat perbedaan bermakna antara kelompok genotip reseptor FSH (Asn/Asn, Asn/Ser, Ser/Ser) dengan kelompok endometriosis dan non-endometriosis dengan nilai  $p = 0,0402$ . Genotip Asp/Asp (WildType) berhubungan dengan endometriosis dan non-endometriosis. Frekuensi distribusi alotip Asp tinggi pada endometriosis dan non-endometriosis cenderung berhubungan dengan reseptor FSH. Frekuensi distribusi alotip p tinggi pada endometriosis dan non-endometriosis cenderung berhubungan dengan reseptor estrogen dan PvuII. Dan frekuensi distribusi alotip x tinggi pada endometriosis dan non-endometriosis cenderung berhubungan dengan estrogen XbaI. Nilai ekspresi mRNA relatif reseptor estrogen dengan genotip pp pada endometriosis cenderung meningkat, dan ekspresi mRNA relatif reseptor estrogen dengan genotip xx pada endometriosis cenderung meningkat

Kata kunci: endometriosis, ER, FSHR, estrogen, FSH

## Maskulinisasi Larva Cupang (*Betta splendens*) dengan Kombinasi Perendaman Madu dan Fotoperiod

**Rika Prihati Cahyaning Pertiwi, Isdy Sulisty, Yulia Sistina**

*S2 Biologi Pascasarjana Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia*  
*Email: yuliaunsoed@gmail.com*

Tujuan penelitian untuk menilai efektifitas kombinasi perendaman madu dan fotoperiod berbagai untuk pengarahkan kelamin jantan larva cupang. Penelitian experimental rancangan acak lengkap pola faktorial, 2 faktor perendaman madu selama 10 jam 5 taraf dosis madu (0, 5, 10, 15, 20 mL/L) dan faktor fotoperiod 3 taraf (12L:12D; 14L:10D; 10L:14D), jadi total 15 perlakuan kombinasi pada larva mulai umur 20-30 jam selama 30 hari pemeliharaan. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi berbeda sangat nyata ( $p < 0.01$ ) mengarahkan kelamin ke jantan. Faktor madu secara terpisah, juga factor fotoperiod, keduanya sangat nyata ( $p < 0.01$ ) dan interaksi madu dan fotoperiod secara nyata ( $p < 0.05$ ) mengarahkan kelamin ke jantan. Kelamin larva ditentukan berdasarkan struktur histologi bakal gonad dan gonad larva umur 10-30 hari. Jadi terbukti bahwa perendaman madu selama 10 jam efektif untuk maskulinisasi cupang, fotoperiod juga efektif demikian juga interaksi madu dan fotoperiod efektif untuk maskulinisasi cupang. Kombinasi perlakuan dosis perendaman madu dan perlakuan fotoperiod yang optimal mempengaruhi maskulinisasi ikan cupang adalah madu dosis 15 mL/L dan fotoperiod 14L:10D (14 jam terang dan 10 jam gelap).

Kata kunci : madu, fotoperiod, maskulinisasi, struktur histologi

## Fertilitas Spermatozoa Nilem (*Osteochilus hasselti* Valenciennes, 1842) Setelah Pembekuan Freezer $-20^{\circ}\text{C}$ dalam Medium Penyimpanan Madu atau Air Kelapa Muda

**Sastri Delila, Edy Yuwono, dan Yulia Sistina**

*Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto  
Email : sastri\_delila@yahoo.com*

Penelitian bertujuan untuk menilai fertilitas spermatozoa nilem dalam madu atau air kelapa muda sebelum dan sesudah penyimpanan pada temperatur freezer  $-20^{\circ}\text{C}$ . Rancangan penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 7 perlakuan: 3 madu, 3 medium air kelapa muda dalam NaCl (3 konsentrasi 1:1; 1:9; 1:20), dan kontrol milt encer dalam NaCl, ulangan tiga kali. Milt segar encer dalam medium perlakuan disimpan di dalam freezer temperatur  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 7 hari penyimpanan. Setelah 7 hari penyimpanan, hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) menentukan fertilitas, rerata tertingginya yaitu  $45,00 \pm 0,12\%$  dari perlakuan medium madu encer 1:20 dan rerata fertilitas  $39,00 \pm 0,08\%$  untuk perlakuan milt dengan medium madu encer 1:9 berbeda dari fertilitas sebelum penyimpanan yaitu di atas 80%. Semua telur fertil perlakuan penyimpanan 7 hari tidak ada yang menetas, jadi berbeda dengan kelompok sebelum penyimpanan menetas. Jadi, penelitian ini membuktikan potensi madu sebagai krioprotektan. Disimpulkan bahwa fertilitas telur nilem yang dibuahi spermatozoa pasca penyimpanan selama 7 hari dalam medium madu encer pada freezer temperatur  $-20^{\circ}\text{C}$  efektif terbaik konsentrasi 1:20. Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk menilai morfologi spermatozoa pasca penyimpanan selain konfirmasi biokimiawi komponen madu atau air kelapa muda yang berpotensi sebagai krioprotektan.

Kata kunci: fertilitas; spermatozoa nilem; madu; air kelapa

**PROSIDING**

Seminar Nasional Biologi XXII Perhimpunan Biologi Indonesia

## PENDIDIKAN BIOLOGI



# Pemanfaatan Berbagai Tanaman Untuk Pengendalian Jentik Nyamuk Penyebab DBD

Aseptianova

Prog. Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Palembang

Email : nasepti@yahoo.co.id

Nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L) merupakan serangga yang sangat mengganggu karena selain menyebabkan rasa gatal dan sakit merupakan vektor atau penular demam berdarah. Berbagai usaha telah dilakukan manusia untuk mengatasi gangguan nyamuk yang masih muda (tahap larva dan pupa). Pengendalian vektor menggunakan pestisida kimia dianggap paling efektif tetapi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan. Untuk mengurangi penggunaan bahan berbahaya tersebut maka perlu dilakukan pengendalian vektor dengan menggunakan bahan alami seperti tanaman Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Brotowali (*Tinospora crispa* L), Minda, Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Manggis (*Garcinia mangostana* L.), Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan Selasih (*Ocimum* spp) yang tentunya tidak membahayakan manusia dan ramah lingkungan, karena tanaman ini memiliki senyawa anti biotik alami seperti sianida dan alkaloid dioskorin, ziganol, geraniol, dan linalool. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian berbagai ekstrak insektisida alami (ekstrak daun Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), ekstrak daun Zodia (*Evodia suaveolens*, Sscheff), dan ekstrak daun Selasih (*Ocimum* spp)) terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes agepty*, L). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 7 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan tersebut terdiri dari: A0 : 0 gram konsentrasi ekstrak insektisida alami, A0:kontrol, A1: daun Zodia, A2:daun Minda, A3: umbi gadung, A4. Daun Lavender .A5, Manggis,A6:Brotowali,A7:Selasih . Pemberian berbagai ekstrak insektisida alami tanaman Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Brotowali (*Tinospora crispa* L),Minda, Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Manggis (*Garcinia mangostana* L.), (eksrak daun lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), ekstrak zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan ekstrak selasih (*Ocimum* sp)) berpengaruh sangat nyata terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes agepty*, L). Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah untuk membasmi larva nyamuk, sebaiknya digunakan ekstrak insektisida alami dari (ekstrak daun Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), ekstrak daun Zodia (*Evodia suaveolens*, Sscheff), dan ekstrak daun Selasih (*Ocimum* spp), agar dapat menghambat perkembangan nyamuk demam berdarah (*Aedes agepty*, L).

Kata kunci : Ekstrak insetisida, alami, mortalitas, larva nyamuk

## PENDAHULUAN

Nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L) merupakan serangga yang sangat mengganggu karena selain menyebabkan rasa gatal dan sakit, beberapa nyamuk merupakan vektor atau penular berbagai jenis penyakit berbahaya, seperti demam berdarah. Nyamuk demam berdarah mengalami metamorfosis sempurna (holometabola). Dari telur, larva (jentik), pupa hingga imago (dewasa) (Kardinan, 2003:2). Nyamuk berkembang biak dengan cara kawin dan menghasilkan telur. Telur-telur yang dihasilkan diletakkan di air, dan telur yang baru di keluarkan berwarna putih, setelah satu sampai dua jam baru berubah menjadi hitam. Nyamuk *Aedes* meletakkan telurnya memilih tanah teduh secara periodik di genangi air, telur *Aedes* tidak memiliki pelampung, bentuk bulat lonjong dan dinding telur berbentuk anyaman (Hastutie dan Sasmita, 1992:8). Telur nyamuk selanjutnya berkembang menjadi larva. Jamar (2009:8) menyatakan larva adalah bentuk serangga muda antara telur dan pupa pada serangga dengan metamorfosis sempurna (holometabola) ciri-ciri larva antara lain tidak memiliki tunas sayap dan tanpa mata majemuk. Larva biasanya disebut dengan jentik atau uget-uget, jentik umumnya menggantung dan membentuk sudut dibawah permukaan air, dengan ciri-ciri corong pernapasan yang mempunyai bentuk sifon, yang mana jumlah sifon dan gigi tidak sama .Larva terdiri dari 4 stadium (*instar*) dan mengambil makanan dari tempat perindukannya, pertumbuhan larva stadium satu sampai dengan empat berlangsung 6-8 hari, pada *Aedes agepty*, L larva akan menjadi pupa dalam waktu 7-9 hari (Kardinan, 2003:3). Larva nyamuk menyukai air yang banyak mengandung senyawa organik, dalam pertumbuhan larva di pengaruhi senyawa organik dan anorganik serta temperatur. Beberapa senyawa organik dan anorganik yang berguna untuk pertumbuhan dan perkembangan larva yakni : pati, tianin, nicitinacid, biotinitrin, dan nitrat.. Senyawa nitrogen dalam air sangat penting bagi pertumbuhan larva karena merupakan pembentuk protein. pupa merupakan stadium terakhir calon nyamuk demam berdarah yang ada didalam air. Bentuk pupa bengkok dan kepalanya besar pase pupa membutuhkan waktu 2-5 hari untuk menjadi imago, selama waktu itu pupa tidak makan apapun alias puasa. Setelah melewati fase itu pupa akan keluar dari kepompong menjadi nyamuk yang dapat terbang dan keluar dari air. Pupa nyamuk berbentuk tanda koma, kepala dilengkapi dengan

sifon yang berfungsi sebagai corong pernapasan. Perkembangan pupa selanjutnya menjadi imago. Imago yang sudah dapat terbang mempunyai karakteristik yang berbeda antara nyamuk jantan dan nyamuk betina menurut Hastutiek dan Sasmita (1992:6) tubuh nyamuk dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian kepala, toraks, dan abdomen. Pada bagian kepala terdapat mata majemuk, mulut atau proboscis berbentuk panjang, jenis nyamuk betina yang menghisap darah sedangkan pada nyamuk jantan pemakan cairan tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Gafur, dkk (2006) mengungkapkan bahwa penggunaan insektisida dalam waktu lama menyebabkan resistensi terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*. Salah satu cara untuk membasmi larva nyamuk yaitu menggunakan insektisida alami seperti tanaman Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan Selasih (*Ocimum* spp) yang tentunya tidak membahayakan manusia dan ramah lingkungan (Azizah, 2012). Lavender memiliki daun bertulang sejajar, memiliki bunga kecil berwarna ungu kebiru-biruan yang tumbuh di ujung cabang, aroma bunga tersebut sangat harum. Tanaman lavender mengandung minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai antiseptik, antiradang, penolak serangga (repellent dan antifeedent). Zodia merupakan tanaman perdu yang berasal dari papua, tinggi tanaman 0,3-2m dan panjang daun tanaman Zodia ini mengandung evodiamine dan rutaecarpine yang bermanfaat sebagai anti kanker. Minyak yang disuling dari daun tanaman ini mengandung linalool (46%), dan  $\alpha$ -pinene (13,26%) dimana linalool sudah sangat di kenal sebagai pengusir serangga. Penelitian yang dilakukan oleh Kusnoto (2007) menunjukkan bahwa ekstrak zodia sangat efektif sebagai larvasida terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*. Tanaman selasih. Tanaman ini mempunyai tinggi sekitar 45-90cm, daunnya berwarna ungu bila sudah tua, sedangkan pada saat muda berwarna hijau dan hanya terlihat ungu di bagian tulang daunnya saja. Umumnya tanaman selasih mengandung beberapa bahan kimia yang sama seperti euganol, metileuganol, ocimene, alfa-pinene, encalyptole, linalool, geraniol, ocimene, geraniol, methylchivicol, methylcinnamate, anetol dan champor, walaupun kandungannya berbeda. Bahan-bahan tersebut antara lain terkandung dalam daun, sementara bijinya mengandung plantose dan asam lemak, seperti asam palmitat, asam stearat, dan asam linoleat.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah pengaruh pemberian berbagai ekstrak insektisida alami bahan alami seperti tanaman Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Brotowali (*Tinospora crispa*. L), Mindi, Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Manggis (*Garcinia mangostana* L.), Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan Selasih (*Ocimum* spp) (ekstrak daun Lavender (*Lavandula latifolia*, chaix), ekstrak daun Zodia (*Evodia suaveolens*, scheff), ekstrak daun Selasih (*Ocimum* spp)) terhadap mortalitas nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L) ?. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian berbagai ekstrak insektisida alami bahan alami seperti tanaman Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Brotowali (*Tinospora crispa*. L), Mindi, Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Manggis (*Garcinia mangostana* L.), Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan Selasih (*Ocimum* spp) (ekstrak daun Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), ekstrak daun Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan ekstrak daun Selasih (*Ocimum* spp)). terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 7 perlakuan dan 3 (tiga) ulangan. Perlakuan tersebut terdiri dari A0 : 0 gram konsentrasi ekstrak insektisida alami, A0:kontrol, A1: daun Zodia, A2:daun Mindi, A3: umbi gadung, A4. Daun Lavender .A5, Manggis, A6:Brotowali, A7:Selasih . Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Blender atau tumbukan, kertas saring, timbangan/neraca analitik, kain kasa, stoples, baskom. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: bahan alami seperti tanaman Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Brotowali (*Tinospora crispa*. L), Mindi, Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Manggis (*Garcinia mangostana* L.), Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan Selasih (*Ocimum* spp) 1. Daun lavender (*Lavandula latifolia*, chaix), 2. Daun zodia (*Evodia suaveolens*, scheff), 3. Daun selasih (*Ocimum* spp), 4. Larva nyamuk *Aedes aegypti*, L, 5. Aquades. Cara membuat ekstrak tersebut adalah sebagai berikut: mencuci bersih daun lavender, zodia, dan selasih. Selanjutnya mengangin anginkannya, lalu dipotong kecil-kecil dan daun-daun tersebut diblender sampai halus setelah diblender, daun tersebut di saring untuk mendapatkan ekstraknya. Untuk pemberian perlakuan dilakukan dengan memindahkan larva nyamuk kedalam stoples yang sudah di beri ekstrak insektisida alami (ekstrak daun lavender, daun zodia dan daun selasih) dengan konsentrasi 60gram Pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu dengan cara mengamati perbandingan jumlah larva nyamuk *Aedes aegypti*, L yang mati setelah di beri perlakuan dengan menggunakan berbagai ekstrak insektisida alami (ekstrak daun lavender, ekstrak

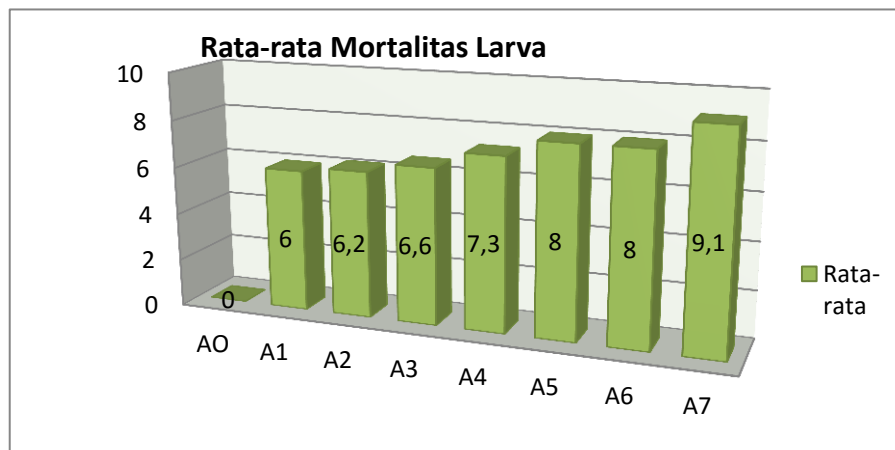


daun zodia, dan ekstrak daun selasih), di antara ketiga ekstrak insektisida alami tersebut, ekstrak yang mana dapat memberikan pengaruh lebih tinggi/kuat terhadap mortalitas nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L). Data yang dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dengan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL), selanjutnya untuk mengetahui perlakuan berpengaruh terhadap parameter yang diamati dilakukan uji Fisher (F), yaitu dengan membandingkan F hitung dan F tabel. Jika F hitung lebih besar dari nilai F tabel 5% artinya variasi perlakuan memberikan pengaruh berbeda nyata dan sebaliknya, jika F hitung lebih kecil atau sama dengan F tabel 5% artinya variasi perlakuan memberikan pengaruh berbeda tidak nyata jika nilai F hitung lebih besar dari F table pada taraf uji 1% artinya variasi perlakuan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan selama 1x24 jam pada pemberian berbagai ekstrak insektisida alami (ekstak daun lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), ekstrak daun zodia (*Evodia suaveolens*, Shceff), ekstrak daun selasih (*Ocimum sp*)) terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes aegepty*, L) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan masing-masing ekstrak 60 gram ditambah aquades, menunjukkan dengan menggunakan ekstrak. Hasil pengamatan mengenai pengaruh berbagai ekstrak insektisida alami yang digunakan bahan alami seperti tanaman Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Brotowali (*Tinospora crispa* L),Mindi, Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Manggis (*Garcinia mangostana* L.), Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan Selasih (*Ocimum spp*) terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes aegepty*, L)) untuk tiap-tiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.

Rata-rata mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes aegepty*, L) terdapat pada gambar histogram 1 dibawah ini.



Gambar 1. Histogram rata-rata mortalitas nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*) pada masing-masing perlakuan

Keterangan: A0: Tanpa ekstrak (Aquades)  
A1 : Ekstrak daun Zodia  
A2 : Ekstrak daun Mindi  
A3: Ekstrak Umbi Gadung  
A4: Ekstrak daun Lavender  
A5: Ekstrak kulit buah Manggis  
A6: Ekstrak Brotowali  
A7: Ekstrak daun Selasi

Berdasarkan gambar 1 perlakuan A7 (ekstrak daun Selasi) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap mortalitas nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L) dibandingkan dengan perlakuan A1, A2, A3, A4, A5, dan A6, sedangkan perlakuan A0 (Aquades) tidak memberikan pengaruh terhadap mortalitas nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L). Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa  $F_{hitung}$  perlakuan (8,475) lebih besar dibandingkan F tabel 0,05 (2,66) dan 0,01 (4,03) ini berarti perlakuan pemberian berbagai ekstrak insektisida alami berpengaruh sangat nyata terhadap mortalitas nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L).

Tabel 2. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Berbagai Konsentrasi terhadap Nyamuk *Aedes aegypti*

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	368.292	52.613	8.475**	2,66	4,03
Galat	16	99.333	6.208			
Total	23	467.625				

Keterangan : \*\* Berpengaruh sangat nyata

Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan selanjutnya dilakukan uji lanjut yaitu Uji Beda Nyata Terkecil (BNT), hasil BNT dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Uji Beda Nyata Terkecil Terhadap Setiap Perlakuan

Perlakuan	Rata-rata	Beda rata-rata							
		A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
A0	0	9,1**	8**	8**	7,3**	6,6**	6,2**	6**	-
A1	6	3,1**	2*	2*	1,3	0,6	0,2	-	-
A2	6,2	2,9**	1,8*	1,8*	1,1	0,4	-	-	-
A3	6,6	2,5*	1,4	1,4	0,7	-	-	-	-
A4	7,3	1,8*	0,7 <sup>ns</sup>	0,7	-	-	-	-	-
A5	8	1,1 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	-	-	-
A6	8	1,1 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	-	-	-
A7	9,1	-	-	-	-	-	-	-	-

BNT 0,05 = 1,68

BNT 0,01 = 2, 42

Keterangan: \*\* Berbeda sangat nyata , \* Berbeda nyata. <sup>ns</sup> Berbeda tidak nyata

Berdasarkan uji BNT Tabel menunjukkan bahwa perlakuan A0 berbeda sangat nyata terhadap A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, dan A7. Perlakuan A1 berbeda sangat nyata terhadap A7 dan berbeda nyata terhadap A6 dan A5 serta berbeda tidak nyata dengan A4, A3, A2,. Perlakuan A2 berbeda sangat nyata terhadap A7 dan berbeda nyata terhadap A6 dan A5 serta berbeda tidak nyata dengan A4, A3, dan A2. Perlakuan A4 berbeda nyata dengan A7 dan berbeda tidak nyata dengan A6, dan A5 Perlakuan A3 berbeda nyata dengan A7 dan berbeda tidak nyata dengan A6, A5, dan A4. Berdasarkan analisis sidik ragam pada tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian berbagai ekstrak insektisida alami bahan alami seperti tanaman Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Brotowali (*Tinospora crispa*. L), Mindi, Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), Manggis (*Garcinia mangostana* L.), Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan Selasih (*Ocimum* spp) (ekstrak daun lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), ekstrak daun zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan ekstrak daun selasih (*Ocimum* sp)) terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L) berpengaruh sangat nyata, pada taraf signifikan F tabel 0,05 dan F tabel 0,01 didapat F hitung perlakuan lebih besar dibandingkan F tabel 0,01 dan F tabel 0,01 ini berarti bahwa perlakuan pemberian berbagai ekstrak insektisida alami memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L).

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh berbagai ekstrak insektisida alami terhadap mortalitas larva nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*, L), dapat diketahui bahwa ekstrak tanaman yang memberikan pengaruh dapat membunuh larva . Tanaman zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff) yang mengandung bahan aktif (komponen utama) evodiamine dan rutaecarpine tidak disukai nyamuk. Adapun fungsi dari evodiamine dan rutaecarpine pada tanaman zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff) adalah sebagai penghasil aroma yang menyengat atau tajam pada tanaman itu, dan karena aroma yang menyengat itulah tanaman zodia (*Evodia suaveolens*, scheff) ini tidak disukai nyamuk dan dapat membunuh larva /nyamuk tersebut, sedangkan demikian juga tanaman selasih (*Ocimum* sp) dan lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix) mengandung Euganol, geraniol, dan linalool. Menurut Kardinan (2003:07) ketiga insektisida alami ini (Lavender (*Lavandula latifolia*, Chaix), zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff), dan selasih (*Ocimum* sp)) sering disebut juga dengan insektisida hidup pengusir nyamuk karena penggunaan tanaman ini cukup mudah karena bisa juga langsung digunakan sebagai pembasmi nyamuk tanpa harus disuling, diekstrak, atau dibuat tepung lebih dahulu, tanaman-tanaman ini bisa diletakkan langsung didalam ruangan atau ditanam di halaman rumah. Menurut Lingga (1995) dalam Purba (2007) gadung mengandung senyawa sianida dan alkaloid dioskorin ,yang bersifat racun yang secara alami terdapat dalam umbi. Racun dioscorin pada umbi gadung mempengaruhi sistem saraf pada serangga, kutu daun

(*Aphis* sp), nyamuk, dan wereng melalui sistem pernapasan bersifat pengusir serangga dan anti reproduksi (Lukitaningsi, 2009). Efek biji Mindi terhadap mortalitas larva dikarenakan zat azadirachtin berperan sebagai edyson bloker atau zat yang dapat menghambat kerja hormon edyson, yaitu suatu hormon yang berfungsi proses pergantian kulit, ataupun proses perubahan dari telur menjadi larva, atau dari larva menjadi kepompong atau dari kepompong menjadi dewasa, hal ini dibuktikan dengan hancurnya kutikula larva pada proses percobaan.

### KESIMPULAN

Untuk membasmi larva nyamuk DBD, sebaiknya digunakan ekstrak insektisida alami yang berasal dari, Daun lavender (*Lavandula latifolia*, chaix), Daun zodia (*Evodia suaveolens*, scheff), Daun selasih (*Ocimum* spp), Umbi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.), Daun Brotowali (*Tinospora crispa*. L), Daun Mindi (*Melia azedarach* L.)

### DAFTAR PUSTAKA

- Alamendah. 2010. Zodia (*Evodia suaveolens*) Tanaman Anti Nyamuk, (On line), (<http://alamendah.wordpress.com/2010/03/29/zodia-evodia-suaveolens-tanaman-pengusir-nyamuk>, diakses 27 April 2012)
- Azizah. 2012. Tanaman Anti Nyamuk, (on line), (<http://sitilutfiyahazizah.wordpress.com/2012/04/03/tanaman-anti-nyamuk>, diakses 26 April 2012)
- Kardinan, Agus. 2003. Tanaman Pengusir dan Pembasmi Nyamuk..Jakarta : Penerbit Argo Media Pustaka
- Borrr, D.J, Charles, AT dan Norma, F.J. 2006. Pengenalan Pelajaran Serangga (terjemahan Soetiyono Partosoedjono). Yogyakarta.: Gajah Mada University Press.
- Gafur, dkk. 2006. Kerentanan Larva *Aedes aegypti* dari Banjarmasin Utara terhadap Temefors. *Bioscientifiae*. 3(2):78-82
- Hastutiek, P., dan Sasmita, R.1992. Identifikasi Jenis-jenis Larva Nyamuk pada Berbagai Selokan di Kota Madya Surabaya.Surabaya :Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.
- Jumar. 2009. Entomologi Pertanian. Jakarta : Penerbit Rineka Cipta
- Kusnoto, Astuti. 2007. Efek Ekstrak Zodia (*Evodia suaveolens*, Scheff) sebagai Larvasida terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti* dalam Upaya Pemberantasan Penyakit Demam Berdarah. Surabaya : Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga.

## Efektivitas Penerapan Strategi Pembelajaran Humor pada Konsep Genetika dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XII SMANegeri 8 Makassar

Andi Citra Pratiwi, Abd. Muis, dan Andi Faridah Arsal

Universitas Negeri Makassar, Makassar  
Email : andicitra.pratiwi@gmail.com

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penerapan strategi pembelajaran humor pada konsep genetika dalam meningkatkan hasil belajar siswa kelas XII SMA Negeri 8 Makassar. Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen semu dengan *pretest-posttest nonequivalent control group design*. Variabel bebas pada penelitian ini adalah strategi pembelajaran, sedangkan variabel terikat adalah nilai hasil belajar siswa. Populasi penelitian adalah siswa kelas XII IPA SMA Negeri 8 Makassar. Sampel penelitian dipilih dengan menggunakan teknik *Purposive Sampling*, yaitu kelas XII IPA 4 (N=34) sebagai kelas eksperimen dan kelas XII IPA 3 (N=34) sebagai kelas kontrol. Data penelitian dikumpulkan melalui pemberian tes sebelum dan setelah pembelajaran, serta dengan pemberian angket pada kelas eksperimen (XII IPA 4). Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan uji t, diperoleh nilai sig. (2-tailed) sebesar 0.000 yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara hasil belajar pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hasil uji gain menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran pada kelas eksperimen yang menerapkan humor sebagai strategi pembelajaran termasuk dalam kategori sedang (N-gain = 0.4) dan pada kelas kontrol yang menerapkan strategi ekspositori termasuk dalam kategori rendah (N-gain = 0.1). Sehingga dapat disimpulkan bahwa strategi pembelajaran humor lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada konsep genetika dibandingkan dengan strategi ekspositori. Data persepsi siswa mengenai efektivitas strategi pembelajaran humor berada pada kategori interval “cukup baik menuju baik” namun lebih dekat dengan kategori baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa respon siswa menilai efektivitas penerapan strategi pembelajaran humor adalah positif.

### PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan pilar utama yang harus dibangun dalam rangka meningkatkan kualitas sumber daya manusia di Indonesia. Hal ini tertuang dalam Pasal 3 Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 yang menyatakan bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat.

Para praktisi di bidang pendidikan dewasa ini telah banyak mengkaji penerapan strategi pembelajaran dengan mempertimbangkan bagaimana otak bekerja secara alami yang dikenal sebagai *Brain-Based Learning*. Maqbool (2011) menyatakan bahwa “*Brain-Based Learning is a comprehensive approach to instruction based on how current research in neuroscience suggests our brain learns naturally.*” Jadi, hasil penelitian neurosains yang mengungkap bagaimana otak belajar secara alami telah menjadi dasar bagi para praktisi pendidikan dalam mengembangkan berbagai strategi pembelajaran untuk mendukung terlaksananya *Brain-Based Learning* dalam pembelajaran. Salah satu strategi dalam menerapkan *Brain-Based Learning* menurut Maqbool (2011) adalah dengan menerapkan humor dalam pembelajaran.

Meskipun kajian ilmiah humor telah banyak dilakukan oleh praktisi pendidikan dari berbagai negara, nampaknya praktisi pendidikan di Indonesia belum banyak yang mempertimbangkan penggunaan humor dalam pembelajaran. Menurut pengamatan Darmansyah (2010), humor belum dilirik oleh para guru dan dosen di Indonesia sebagai modalitas interaksi yang memiliki potensi besar untuk memperkaya hubungan batin dengan siswa atau mahasiswa.

Shiyab (2008) menyatakan bahwa humor memiliki peranan penting dalam pembelajaran. Pernyataan ini diperkuat oleh penemuan Makewa *et al.* (2011), Shiyab (2008), White (2002), Ketabi dan Shahla (2009), Berk (1998), Munoz-Basols (2005) dan Narula *et al.* (2011).

Makewa *et al.* (2011), telah mengkaji tingkat penggunaan humor oleh guru di Distrik Migori, Kenya dan penilaian siswa terhadap keefektifan mengajar guru tersebut. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa guru yang menggunakan humor dalam mengajar umumnya dinilai efektif oleh para siswa dalam meningkatkan motivasi, keterlibatan dalam pembelajaran, serta mereduksi kecemasan.

Penggunaan humor dalam pembelajaran terbukti dapat menurunkan ketegangan, meningkatkan perhatian, dan menciptakan lingkungan belajar yang sehat (White, 2002; Ketabi dan Shahla, 2009); meningkatkan minat siswa (Narula *et al.*, 2011; Berk, 1998); menciptakan suasana yang kooperatif di ruang kelas, membuat siswa lebih termotivasi dan kreatif (Munoz-Basols, 2005).

Berbagai temuan tersebut semakin memantapkan posisi humor sebagai strategi pembelajaran yang dapat dipertimbangkan penggunaannya dalam mengatasi berbagai masalah yang dihadapi dalam proses belajar mengajar di kelas. Salah satu permasalahan yang dihadapi dunia pendidikan dewasa ini adalah kegagalan siswa untuk membangun pemahaman konsep genetika. Kesulitan yang dialami para siswa dalam memahami konsep genetika tentu saja menjadi masalah yang sangat krusial mengingat pentingnya posisi ilmu genetika bagi siswa dalam memahami biologi secara menyeluruh. Hal ini dipertegas oleh Roini (2012) dengan mengutip penjelasan Th. Dobzhansky yang menyatakan bahwa “*Nothing in biology is understandable except in the light of genetics. Genetic is the core of biological science*”.

Menurut Tsui & David (2001) dalam Roini (2012), setelah pembelajaran, konsep-konsep genetik tidak dipahami dengan benar. Pengetahuan genetik yang diajarkan gagal dipahami secara kritis oleh siswa. Terjadinya hal ini dapat dikaitkan dengan pernyataan Corebima (2009) dalam Roini (2012) yang mengemukakan bahwa materi genetika dipandang bersifat abstrak, sehingga sulit dipahami oleh para siswa. Materi genetika yang dipandang bersifat abstrak membuat para siswa kesulitan membangun pemahaman yang menyeluruh tentang konsep gen, DNA, dan kromosom.

Penerapan strategi pembelajaran humor pada konsep genetika dapat ditempuh untuk mengatasi masalah tersebut. Humor memiliki pengaruh yang sangat baik terhadap efektivitas pembelajaran, bahkan humor dapat meningkatkan daya ingat dan kemampuan memahami pelajaran yang lebih abstrak sekalipun (Darmansyah, 2010). Parrot (1994) menegaskan bahwa humor dapat digunakan sebagai strategi mengajar; humor dapat meningkatkan pemahaman serta meningkatkan perhatian dan minat siswa. Hal ini sejalan dengan pernyataan Deiter (2000) bahwa “*the one main reason for using humor in the classroom is to improve student learning*”.

Berk (2005) dalam artikel berjudul “*Humor as a systematic teaching tool*”, menyatakan bahwa ada 10 strategi dasar yang dapat digunakan untuk memasukkan/menggunakan humor dalam pembelajaran, yakni: “*humorous material on syllabus, descriptors and warnings on the cover of handout, humorous problems/assignments, humorous material on tests, humorous questions, humorous examples, opening jokes, commercial interruptions, demonstration with music, and game format test review*”.

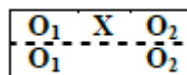
## BAHAN DAN METODA

### *Metode Penelitian*

Penelitian ini termasuk penelitian *Quasy Experiment*. Variabel bebas terdiri atas strategi pembelajaran, yakni strategi pembelajaran humor dan strategi pembelajaran ekspositori. Variabel terikat terdiri atas hasil belajar siswa.

### *Desain Penelitian*

Desain penelitian ini adalah *Non-equivalent Pretest-Posttest Control Group design*.



Keterangan:

O<sub>1</sub> : Pretest kelompok eksperimen dan kontrol

O<sub>2</sub> : Posttest kelompok eksperimen dan kontrol

X : Perlakuan dengan strategi pembelajaran humor pada kelas eksperimen.

### *Populasi dan Sampel*

Populasi penelitian adalah siswa kelas XII jurusan IPA SMA Negeri 8 Makassar. Sampel penelitian dipilih dengan menggunakan teknik *Purposive Sampling*, yaitu kelas XII IPA 4 (N=34) sebagai kelas eksperimen dan kelas XII IPA 3 (N=34) sebagai kelas kontrol.

### *Prosedur Penelitian*

Secara garis besar penelitian yang dilakukan ini dibagi menjadi 3 tahap. Adapun urutan dari tahapan prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

#### *Tahap persiapan*

Tahap persiapan yang dilakukan sebelum penelitian dilaksanakan adalah :

1. Menentukan pokok bahasan yang akan dipergunakan dalam penelitian ini dengan cara melaksanakan studi literatur dari KTSP dan Silabus.
2. Mengidentifikasi masalah.
3. Mengobservasi sarana dan prasarana sekolah untuk mendukung keterlaksanaan penelitian tersebut.
4. Menyusun instrumen untuk pengumpulan data yang dikonsultasikan terhadap dosen pembimbing.
5. Melakukan validasi perangkat penelitian
6. Membuat surat izin untuk melaksanakan penelitian di sekolah.

#### *Tahap Pelaksanaan*

Pelaksanaan penelitian di SMA negeri 8 Makassar dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Menentukan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol berdasarkan pertimbangan guru mata pelajaran
2. Menentukan waktu pelaksanaan penelitian dengan menghubungi guru mata pelajaran
3. Melakukan pre-test di awal pembelajaran pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen, yang bertujuan untuk mengukur kemampuan awal siswa.
4. Melaksanakan *treatment* terhadap kelompok eksperimen dengan penerapan strategi pembelajaran humor dan kelompok kontrol dengan strategi pembelajaran ekspositori. Masing-masing kelompok mendapatkan *treatment* sebanyak 3 kali pertemuan.
5. Melakukan *post test* terhadap kelompok eksperimen dan kelompok kontrol yang bertujuan untuk melihat keadaan akhir /hasil akhir dari kedua kelas.

#### *Tahap Akhir*

Pada tahap akhir penelitian dilakukan pengolahan dan analisis data, pembahasan hasil penelitian, penarikan kesimpulan, serta pelaporan hasil penelitian.

#### *Deskripsi Treatment*

Pembelajaran pada kelas eksperimen menerapkan humor sebagai strategi pembelajaran. Guru melakukan pengorganisasian, pengelolaan, dan penyampaian berbagai sumber belajar dengan menyisipkan kata-kata, bahasa, dan gambar yang mampu mendukung terciptanya pembelajaran yang menyenangkan dan berhasil secara efektif. Sementara itu, pembelajaran pada kelas kontrol dilaksanakan dengan menerapkan strategi pembelajaran ekspositori dengan tidak mempertimbangkan penggunaan unsur-unsur humoris selama pembelajaran.

#### *Instrumen Penelitian*

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian dalam hal ini adalah soal *pre-test* dan *post-test* yang terdiri atas 20 nomor soal pilihan ganda, serta lembar angket. Nilai *pre-test* dan *post-test* siswa digunakan untuk mengukur tingkat keefektifan dari pembelajaran yang telah dilaksanakan, sedangkan data hasil pengisian angket digunakan untuk mengetahui persepsi siswa mengenai keefektifan penerapan strategi pembelajaran humor.

#### *Teknik Pengolahan Data*

##### *Uji Hipotesis*

Data untuk uji hipotesis diolah dengan program SPSS yang dilakukan dengan menggunakan uji t. Adapun hipotesis yang akan diuji yaitu:

$$H_0 : n_1 = n_2 \text{ dan } H_1 : n_1 \neq n_2$$

##### *Uji Gain*

Uji gain ini dilakukan untuk melihat efektivitas dari model pembelajaran (Nuraeni, *et al.* 2011), dengan menggunakan rumus berikut:

$$g = \frac{\text{Skor posttest} - \text{Skor pretest}}{\text{Skor maksimum} - \text{Skor pretest}}$$

##### *Angket*

Langkah interpretasi data angket, berdasarkan Nuraeni *et al.* (2011) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah skor kriteria

Skor kriterium merupakan skor jika setiap butir mendapat skor tertinggi

$$(\text{Skor tertinggi}) \times (\text{Jumlah butir soal}) \times (\text{Jumlah responden})$$

2. Menghitung jumlah skor hasil pengumpulan data  
Skor-skor yang diperoleh dari responden, ditabulasikan dalam tabel dan dihitung jumlah keseluruhan skor data kuantitatif yang dipilih seluruh responden.
3. Menentukan kategori/interpretasi data  
Setelah diketahui jumlah skor kriterium dan jumlah skor hasil pengumpulan data, dihitung skor kualitas dengan cara:

$$\frac{(\text{Jumlah skor hasil pengumpulan data})}{(\text{Jumlah skor kriterium})} = 100 \%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Deskriptif

Perhitungan statistik deskriptif menunjukkan gambaran hasil belajar biologi siswa kelas XII SMA Negeri 8 Makassar pada konsep genetika setelah diberikan tes hasil belajar. Tes hasil belajar siswa kelas XII IPA 3 sebagai kelompok kontrol yang diajar dengan pembelajaran konvensional memperoleh nilai rata-rata pre test 33,82 dan post test 43,53 sedangkan kelas XI IPA 4 yang ditetapkan sebagai kelompok eksperimen dan diajar dengan menggunakan humor sebagai strategi

Tabel 1. Distribusi nilai pre test – post test siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

Kategori	Kelas Kontrol		Kelas Eksperimen	
	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test
Jumlah sampel	34	34	34	34
Nilai tertinggi	50	55	30	80
Nilai terendah	10	25	20	30
Deviasi Standar	9.08	7.74	6.18	11.22
Mean	33.82	43.53	27.65	60.74
Median	35	45	30	65
Modus	40	50	30	65
Rata-Rata	33.82	43.53	27.65	60.74

pembelajaran memperoleh nilai rata-rata pretest sebesar 27,65 dan post test sebesar 60,74. Untuk selengkapnya perhatikan tabel 1.

### Hasil Uji T

Setelah dilakukan uji yang menunjukkan bahwa data yang diperoleh telah terdistribusi normal dan memiliki varian yang sama, maka dilakukan uji-t dengan menggunakan program SPSS versi 16.0 untuk menguji hipotesis penelitian. Nilai sig. (2-tailed) yang diperoleh dari uji hipotesis ialah  $0,000 < \alpha (0,05)$ . Berdasarkan kriteria tersebut maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara hasil belajar siswa pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

### Hasil Uji Gain

Tabel 2. Hasil Uji Gain Ternormalisasi pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

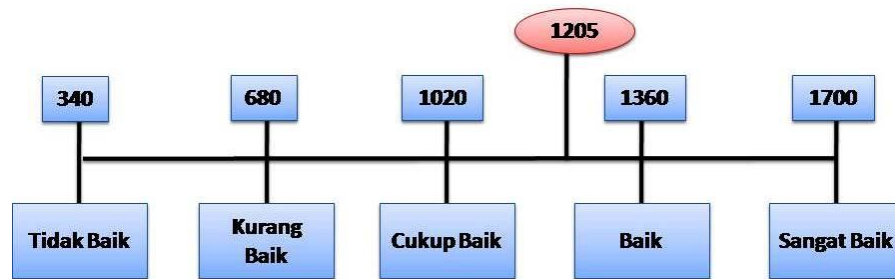
Kelas	G	Kategori
Eksperimen	0,4	Sedang
Kontrol	0,1	Rendah

Nilai gain-ternormalisasi menunjukkan efektivitas strategi pembelajaran yang telah diterapkan dalam proses belajar mengajar. Efektivitas dari penerapan humor sebagai strategi pada proses pembelajaran genetika termasuk dalam kategori sedang ( $G = 0,4$ ), sedangkan untuk efektivitas dari pembelajaran konvensional termasuk dalam kategori rendah ( $G = 0,1$ ). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan penerapan strategi humor memiliki efektivitas yang lebih tinggi jika dibandingkan pembelajaran dengan penerapan strategi ekspositori

### Hasil Angket

Angket dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui persepsi siswa tentang efektivitas penerapan strategi pembelajaran humoris dalam hal mendukung terciptanya hubungan positif antara siswa dan guru, meningkatkan perhatian dan pemahaman siswa, serta mengurangi kecemasan siswa. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengisian angket yang dilakukan terhadap 34 responden. Diperoleh skor total sebesar 1205. Untuk hasil perolehan angket yang lebih rinci berdasarkan indikator dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil perolehan data pengisian angket yang diikuti oleh 34 siswa sebagai responden, diperoleh rata-rata persentase persetujuan siswa terhadap efektivitas strategi humoris sebesar 70,88 % dari kriteria yang ditetapkan. Hal ini secara kontinum dapat dibuat kategori skala sebagai berikut:



Gambar 1. Kategori Skala Persetujuan Responden

Nilai 1205 termasuk dalam kategori interval cukup baik menuju baik, tetapi lebih dekat dengan kriteria baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa siswa menunjukkan respon positif terhadap penerapan strategi pembelajaran humor pada konsep genetika.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilaporkan bahwa penggunaan humor dapat memberi pengaruh positif dalam pembelajaran (Makewa *et al.*, 2011; Shiyab, 2008; Darmansyah, 2010; Narula *et al.*, 2011; Munoz-Basols, 2005; White, 2002; Bruner, 2002). Adapun data perolehan hasil pengisian angket secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 3.

Berdasarkan hasil uji-t pada taraf kepercayaan 95% ( $\alpha = 0,05$ ) diperoleh kesimpulan bahwa ada perbedaan yang nyata antara hasil belajar pada kelompok siswa yang diajar dengan menerapkan strategi pembelajaran humoris dan kelompok siswa yang diajar dengan strategi ekspositori, dan hasil uji gain menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran pada kelas eksperimen yang menerapkan strategi pembelajaran humor termasuk dalam kategori sedang ( $g = 0.4$ ) sedangkan efektivitas pembelajaran pada kelas kontrol yang menerapkan strategi ekspositori termasuk dalam kategori rendah ( $g = 1$ ). Penemuan ini menguatkan hasil penelitian Narula *et al.* (2011) yang telah menguji efektivitas pembelajaran ketika humor digunakan sebagai intervensi di sela-sela waktu jam pelajaran, dan menyimpulkan bahwa humor tidak hanya meningkatkan minat siswa, namun juga meningkatkan pembelajaran.

Keberhasilan penerapan humor sebagai strategi pembelajaran dalam meningkatkan hasil belajar siswa tidak lepas dari posisi strategi humor sebagai salah satu strategi *Brain-Based Learning*, yakni pembelajaran yang mempertimbangkan cara kerja otak berdasarkan hasil penelitian neurosains sebagaimana telah dijelaskan oleh Maqbool *et al.* (2011).

Darmansyah (2010) menjelaskan bahwa keefektifan belajar erat kaitannya dengan tiga jenis otak manusia yang memproses informasi secara berbeda sesuai dengan stimulus yang diberikan dari lingkungannya. Jika stimulus dari luar menyenangkan, maka informasi dari otak mamalia akan diteruskan ke otak neo-cortex yang memproses informasi secara normal dan kreatif. Darmansyah (2010) menegaskan bahwa bekerjanya otak neo-cortex inilah yang memberikan banyak kontribusi terhadap keberhasilan dan keefektifan belajar.

Kemampuan siswa-siswa pada kelas eksperimen dalam mencapai rata-rata nilai hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol dapat menjadi indikator bahwa retensi materi pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan retensi materi pada kelas kontrol. Dengan kata lain, siswa pada kelas eksperimen lebih mudah memanggil kembali ingatan mereka tentang materi yang telah dijelaskan. Terjadinya hal ini, menurut Korobkin (1989) dalam White (2002) merupakan salah satu efek positif dari penerapan humor dalam pembelajaran.



White (2002) dalam artikel berjudul “*Teachers’ Report of How They Used Humor with Students’ Perceived Use of Such Humor*”, mengutip penjelasan Korobkin (1998) bahwa “*Another significant finding was that although the humorous incident may appear to be short-lived, it has far-reaching consequences. There was found to be a statistically significant, positive effect on retaining content after humorous presentation of the information.*”

Penjelasan Korobkin (1998) tersebut dapat mendukung fakta yang diperoleh pada penelitian ini. Contoh-contoh mengenai materi pelajaran yang dikomunikasikan guru dengan menggunakan kartun yang dapat mengundang siswa untuk tertawa, meskipun terjadi dalam tempo waktu yang singkat, namun dapat memberi efek positif jangka panjang berupa retensi materi yang baik. Contoh-contoh yang disajikan secara humoris, menstimulasi bekerjanya otak neo-cortex siswa, yang kemudian memproses informasi secara kreatif dan menyimpannya dalam otak memori yang siap dipanggil kembali saat dibutuhkan ketika ujian.

Tabel 3. Perolehan Data dari Hasil Pengisian Angket Efektivitas Penerapan Strategi Pembelajaran Humor pada Konsep Genetika

Indikator	Pernyataan	Total Nilai	Persetujuan Responden (%)
<i>Helped Learning</i>	Saya lebih mudah mengingat suatu materi, jika materi itu disampaikan dengan humor	116	68.24
<i>Helped maintain attention</i>	Saya akan lebih memperhatikan penjelasan guru, jika guru menggunakan humor dalam pembelajaran	112	65.88
<i>Reduce Monotony</i>	Ketika guru menggunakan humor dalam pembelajaran, rasa kantuk saya akan hilang	136	80.00
<i>Help Thinking</i>	Saya tidak merasa terganggu jika guru menggunakan humor dalam pembelajaran	131	77.06
<i>Motivated to stay</i>	Penggunaan humor dalam pembelajaran membuat saya betah di ruang kelas	118	69.41
<i>Fostering a positive teacher-student relationship</i>	Saya merasa lebih nyaman bertanya kepada guru jika guru tersebut menggunakan humor dalam pembelajaran	114	67.06
<i>Anxiety Reduction</i>	Lembaran ujian yang didalamnya diselipkan humor membuat saya lebih rileks dalam menghadapi ujian	111	65.29
<i>Anxiety Reduction</i>	Saya lebih suka menjawab soal ujian yang didalamnya diselipkan gambar dan tulisan humoris	109	64.12
<i>Humor Relevance</i>	Humor yang disampaikan selama pembelajaran memiliki relevansi dengan materi ajar	125	73.53
<i>Lightened Mood</i>	Penggunaan humor dalam pembelajaran membuat suasana belajar mengajar lebih menyenangkan	133	78.24
Total		1205	70.88

Munoz-Basols (2005) dalam artikel berjudul “*Learning Through Humor: Using Humorous Resources in The Teaching of Foreign Language*” juga setuju bahwa penggunaan humor dalam pembelajaran dapat membantu meningkatkan retensi materi. Dalam artikelnya, secara ringkas dijelaskan sebagai berikut: “*Humor is closely related to memory, as it is usually easier to recall an experience that occurred in a humorous context. There are many benefits to implementing humor in the classroom: it creates a cooperative atmosphere helping students to better relate to one another, and it focuses them more effectively.*”

Narula *et al.* (2011) mengutip pendapat Therese j. Borchard yang menyatakan bahwa “*There are nine ways that humor heals: combats fear, comforts, relaxes, reduces pain, boosts the immune system, reduces stress, spreads happiness, cultivates optimism, helps communication.*”. Pernyataan tersebut dapat menjadi salah satu jawaban atas pertanyaan “Mengapa N-gain sebagai gambaran efektivitas pembelajaran pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol?.” Humor yang diterapkan sebagai strategi pembelajaran pada kelas eksperimen dapat

membantu mengatasi rasa takut siswa, membuat siswa merasa lebih nyaman dalam pembelajaran, membantu siswa menjadi lebih rileks dan mengurangi stress selama menerima materi pelajaran, membuat siswa lebih optimis, dan membantu komunikasi antara guru dan siswa.

Makewa *et al.* (2011) setuju bahwa penggunaan humor dalam pembelajaran dapat memberi efek positif dalam meningkatkan komunikasi antara guru-siswa, mengurangi kecemasan siswa, dan meningkatkan motivasi siswa dalam pembelajaran. Berada pada sisi yang sama, Deiter (1998), Bruner (2002), White (2002), Ziv (1976), dan Shiyab (2008) juga mendukung peranan positif humor dalam pembelajaran.

#### PUSTAKA

- Anderson, Donna Gayle. 2011. Taking "Distance" out of education: A humorous approach to online learning. *Journal of Online Learning and Teaching*. Vol.7 (1) 75-76.
- Berk, Ronald A. 2003. Professors are from Mars, Students are from Snickers: How to write and deliver humor in the classroom and professional presentations. Stylus Publishing: Virginia USA.
- Berk, Ronald A. 2005. Laughterpiece Theater: Humor as a Systematic Teaching Tool. *Essay on Teaching excellence Toward the Best in The Academy*. Volume 17 Number 2.
- Bostina-Bratu, Simona. 2008. The Value of Laughter in The Language Classroom.
- Bruner, Robert F. 2002. Transforming Thought: The Role of Humor in Teaching. University of Virginia.
- Darmansyah. 2010. Strategi Pembelajaran Menyenangkan dengan Humor. Jakarta: Bumi Aksara.
- Deiter, Ron. 2000. The Use of Humor as a Teaching Tool in the College Classroom. *NACTA Journal*, June (Page 22-23).
- Maqbool, Aneela Bushra. 2011. Teaching Strategies. *International Conference: The Future Of Education*. Page 1-4.
- Munoz-Basols, Javier. 2005. Learning through Humor: Using Humorous Resources in the Teaching of Foreign Languages. *The A.T.I.S Bulletin*, (page 42-46).
- Narula, Ramesh. Chaudhary, V., Agarwal, A., dan Narula, K. 2011. Humor as a Learning Aid in Medical Education. *NJIRM*, Vol.2 (1), Jan-March (page 222-225).
- Nuraeni, N. Fitrajaya, E. dan Setiawan, W. 2011. Efektivitas Penerapan Model Pembelajaran Generatif Untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Dalam Mata Pelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi.
- Parrot, TE. (1994). Humor as a Teaching Strategy. *Nurse Education Journal*. Volume 19 Number 3 (page 36-38).
- White, Gayle Webb. 2002. Teachers' Report of How They Used Humor with Students' Perceived Use of Such Humor. *Education Journal*, Vol. 122, No.2 (page 337-347)
- White, LA., dan Lewis, DJ. 1990. Humor: A Teaching Strategy to Promote Learning. *Journal of Nursing Staff Development*, Volume 6 Number 2 (Page 60-64).
- Roini, chumaidach. 2012. Peningkatan Pemahaman Konsep Genetika Siswa SMA melalui Pembelajaran Peta Konsep Pada Sekolah Berkategori Berbeda. *Jurnal Bionature*, Volume 13, Nomor 1, hlm.25-30.
- Shiyab, Said. 2008. Pedagogical Effect of Humor on Teaching. United Arab Emirates University.
- Shiyab, Said. 2008. Humor as a Teaching Strategy. Uni Arab Emirates University. ISLS Inc. (page 613-615)

# Karakter Fisiologi Tumbuhan Garut (*Maranta arundinacea* L.) Hasil Induksi Mutasi Sinar Gamma untuk Ketahanan terhadap Kekeringan

Titi Juhaeti, Nuril Hidayati dan LA Sukamto

*Bidang Botani, Puslit Biologi-LIPI  
Jl. Raya Jakarta-Bogor km 46, Cibinong.  
E-mail: tithaeti@yahoo.com*

Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakter fisiologi tumbuhan garut (*Maranta arundinacea* L.) hasil induksi mutasi sinar gamma yang berpotensi tahan terhadap kekeringan. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fisiologi Stres Bidang Botani, Puslit Biologi LIPI. Umbi dari empat aksesi garut yang berasal dari Jawa Timur yaitu PK (asal Desa Ponco Kusumo, Kec. Ponco Kusumo, Kab. Malang), MJ (asal Desa Mojolengko, Kec. Sukorejo, Kab. Pasuruan), GR (asal Desa Gajah Rejo, Kec. Purwodadi, Kab. Pasuruan) dan G (asal Desa Genitri, Kec. Sukorejo, Kab. Pasuruan) diperlakukan dengan radiasi sinar gamma pada konsentrasi masing-masing 0, 10, 20, 30 dan 40 Gray. Umbi hasil radiasi disemai di bak plastik pada media tanam berupa campuran tanah : kompos = 2 : 1. Pada umur 2,5 bulan setelah tanam (BST), bibit ditanam di polibag dan pada umur 8,5 BST tanaman dipindah ke rumah kaca untuk kemudian diamati ketahanannya terhadap kekeringan. Perlakuan stres air terdiri dari 2 yaitu 1) kondisi tanpa stres air dengan cara tanaman disiram sehingga kondisi tanah tetap dalam kapasitas lapang (S0) dan 2) kondisi dengan stres air (S1) dimana tanaman disiram hanya satu kali yakni pada awal perlakuan. Peubah yang diamati pada umur 2 bulan setelah perlakuan kekeringan adalah karakter fisiologi terkait sifat-sifat ketahanan terhadap kekeringan diantaranya: Pertumbuhan dan produksi tanaman, Indeks panen (IP), indeks ketahanan terhadap kekeringan (ITS), potensial air tanah dan potensial air daun. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pertumbuhan tajuk tanaman pada kondisi stres kekurangan air pada perlakuan MJG30, GRG10, GRG0, MJG20 dan PKG30 lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan MJG20, PKG30, PKG40, MJG0, PKG10, PKG20 dan MJG40 merupakan aksesi yang potensial tahan terhadap kekeringan karena menunjukkan pertumbuhan yang baik pada kondisi stress (persentase penurunan bobot basah tajuk yang rendah, menunjukkan peningkatan bobot umbi atau kalaupun menurun, nilai persentase penurunannya rendah, nilai ITS dan IP yang tinggi). Perlakuan MJG20 merupakan klon yang paling potensial diikuti PKG30, PKG40 PKG10, PKG20 dan MJG40

Kata kunci: garut, sinar gamma, kekeringan

## PENDAHULUAN

Lahan kering adalah hamparan lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun atau sepanjang waktu; lahan kering merupakan sumberdaya lahan yang mempunyai potensi besar untuk menunjang pembangunan pertanian di Indonesia (Dariah *et al.*, tanpa tahun). Lahan kering di Indonesia memiliki prospek besar bagi penyediaan pangan, karena luasnya mencapai 88,6% dari total lahan dan belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat (Anonim, 2010). Namun demikian, optimalisasi pemanfaatan lahan kering di Indonesia masih dihadapkan pada berbagai tantangan, diantaranya ketersediaan jenis atau varitas tanaman yang tahan kekeringan, padahal Indonesia kaya akan keanekaragaman hayati yang dapat menunjang upaya penganekaragaman konsumsi pangan.

Ketersediaan jenis tanaman yang tahan kekeringan sangat diperlukan untuk dikembangkan dalam rangka meningkatkan produktivitas lahan kering. Apalagi dewasa ini perubahan iklim global memicu peningkatan kekeringan, dan peningkatan populasi dunia di masa-masa mendatang akan menjadi tantangan yang sangat besar bagi produksi pangan, karena ketersediaan air per kapita akan semakin berkurang (Hidayati, *et al.*, 2012).

Induksi mutasi merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperluas keragaman genetik dan memperbaiki kualitas dan kuantitas tanaman. Induksi mutasi dapat dilakukan melalui penggunaan bahan radioaktif sinar gamma. Pemuliaan tanaman dengan teknik mutasi radiasi untuk mendapatkan varietas baru dilakukan dengan cara mengiradiasi biji tanaman yang dikehendaki pada dosis tertentu. Radiasi yang digunakan adalah sinar gamma yang mampu menembus biji tanaman hingga pada lapisan DNA (gen pembawa sifat keturunan). Perubahan yang terjadi pada DNA akan menghasilkan perubahan sifat pada keturunannya. Perubahan sifat secara genetik dapat diamati melalui pertumbuhan tanaman. Dengan teknik ini dapat diperoleh sifat-sifat baru yang lebih unggul dari varietas induknya, meliputi daya hasil, daya adaptasi, umur tanaman, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit. Penyinaran radiasi terhadap biji tanaman tidak mengakibatkan biji menjadi bersifat radioaktif. Cara ini telah menghasilkan berbagai varitas padi unggul (Wijananto, 2012). Dengan seleksi terhadap hasil induksi mutasi dan program pemuliaan selanjutnya, genotipe hasil induksi mutasi dapat langsung digunakan sebagai genotipe

harapan yang lebih unggul atau menjadi bahan tetua yang akan digabung dengan genotipe lain untuk menghasilkan genotipe unggul (Saleem *et al.*, 2005).

Garut (*Maranta arundinacea* L., family Marantaceae, nama daerah: irut, harut) merupakan salah satu jenis tanaman yang potensial untuk dikembangkan. Tumbuhan ini berupa tera dengan tinggi 60-80 cm, daunnya lebar, berwarna hijau, berbecak-becak putih, bunganya berwarna putih berpasangan, umbinya berwarna putih, memanjang dan bersisik (LBN, 1979). Garut merupakan jenis tanaman yang toleran terhadap lingkungan marginal. Garut ditemukan tumbuh di pekarangan, di kebun atau di ladang. Garut tumbuh dengan baik di tempat yang ternaungi atau di tempat yang kurang air. Untuk pengembangan areal budidaya dan peningkatan produksi umbi garut, ketersediaan kultivar yang toleran terhadap kondisi marginal karena kekeringan, sangat diperlukan. Keberadaan klon atau varitas garut yang tahan kekeringan akan sangat membantu upaya budidaya garut. Dengan strategi teknik budidaya yang tepat dan penggunaan varietas atau klon unggul garut yang toleran terhadap cekaman kekeringan maka produksi garut diharapkan akan meningkat sehingga dapat mengangkat kembali popularitas garut sebagai bahan makanan.

Garut dibudidayakan untuk dipanen umbinya. Dalam pemanfaatannya, umbi garut dapat langsung dikonsumsi setelah direbus atau dibuat berbagai makanan dari tepungnya. Kandungan gizinya pun tidak kalah dengan umbi-umbian lainnya yang sudah populer dan banyak dibudidayakan. Dalam Buku Tabel Komposisi Pangan Indonesia (Mahmud dan Zulfianto, 2009) disebutkan bahwa setiap 100g bobot dapat dimakan (BBD), umbi garut memiliki kandungan air 73,5 g, energi 102 kkal, protein 1 g, lemak 0,2 g, karbohidrat 24,1 g, serat 1,7 g, abu 1,2 g, kalsium 28 mg, fosfor 35 mg, besi 1,7 mg, tiamin 0,06 mg dan vit C 2 mg. Umbi garut juga merupakan penghasil pati yang potensial dengan hasil pati berkisar antara 1,92–2,56 t/ha (Djaafar *et al.* 2007 dalam Djaafar *et al.* 2010 ). Pati garut dapat digunakan sebagai bahan substitusi terigu sehingga pati garut berpotensi menurunkan impor terigu (Gusmaini *et al.* 2003). Pati dari umbi baik untuk bahan baku pembuatan kue kering, juga baik untuk makanan bayi dan cocok untuk orang sakit karena lunak dan mudah dicerna (LBN, 1979). Umbi dapat diolah menjadi emping garut yang rasanya enak. Limbah pengolahan umbi garut berupa kulit dan ampas dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakter fisiologi tumbuhan garut (*Maranta arundinacea* L.) hasil induksi mutasi sinar gamma untuk mendapatkan mutan yang tahan terhadap kekeringan.

## BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di rumah kaca Fisiologi Stres Bidang Botani, Puslit Biologi LIPI. Empat aksesi garut didapatkan dari Jawa Timur yaitu aksesi PK (asal Desa Ponco Kusumo, Kec. Ponco Kusumo, Kab. Malang), MJ (asal Desa Mojolengko, Kec. Sukorejo, Kab. Pasuruan), GR (asal Desa Gajah Rejo, Kec. Purwodadi, Kab. Pasuruan) dan G (asal Desa Genitri, Kec. Sukorejo, Kab. Pasuruan). Umbi berukuran 3 mata tunas diperlakukan dengan radiasi sinar Gamma di Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) dengan tingkat radiasi 0, 10, 20, 30 dan 40 Gray. Umbi hasil radiasi kemudian disemai di bak plastik pada media tanam berupa campuran tanah : kompos = 2 : 1. Pada umur 2,5 bulan setelah tanam (BST), bibit ditanam di polibag berukuran 50 X 50 cm pada media tanam berupa campuran tanah: kompos = 2 : 1. Pada umur 8,5 BST tanaman dipindah ke rumah kaca untuk kemudian diamati ketahanannya terhadap kekeringan. Di rumah kaca, selama 1 minggu, tanaman dipelihara pada kondisi kapasitas lapang, setelah itu diberikan perlakuan stres air (kekeringan). Perlakuan stres air terdiri dari 2 yaitu 1) kondisi tanpa stres air dengan cara tanaman disiram sehingga kondisi tanah tetap dalam kapasitas lapang (S0) dan 2) kondisi dengan stres air (S1) dimana tanaman disiram hanya satu kali yakni pada awal perlakuan. Setelah diamati selama 3 minggu pada masing-masing kondisi tersebut (Periode I), seluruh tanaman kembali disiram dan dipelihara pada kondisi kapasitas lapang selama 1 minggu, setelah itu tanaman kembali diperlakukan stres air seperti semula selama 5 minggu (Periode II), setelah itu tanaman dipanen.

Peubah yang diamati adalah karakter fisiologi terkait sifat-sifat ketahanan terhadap kekeringan diantaranya: produksi tajuk, produksi umbi, Indeks panen (IP) dan indeks ketahanan terhadap kekeringan (ITS), potensial air tanah dan potensial air daun. Pengukuran potensial air menggunakan alat *Dewpoint PotentiaMeter WP4*. Penghitungan indeks toleran kekeringan (ITS) dan indeks panen (IP) menggunakan rumus sbb:

$$ITS = \frac{\text{Potensial Hasil Umbi pada kondisi Kekeringan}}{\text{Potensial Hasil Umbi pada Kondisi Optimum}}$$

$$IP = \frac{\text{Total Hasil Umbi}}{\text{Total Biomasa}}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Pertumbuhan dan Produksi Tanaman*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan kekeringan secara nyata menurunkan pertumbuhan dan produksi tanaman berupa bobot basah akar, bobot basah daun dan bobot basah umbi (Tabel 1).

Aksesi garut menunjukkan perbedaan yang nyata pada peubah bobot basah akar, tajuk dan umbi. Aksesi PK menunjukkan pertumbuhan tertinggi baik pada bobot basah akar, tajuk maupun umbi. Bobot basah umbi aksesi PK menunjukkan angka tertinggi yakni 165.53 gram tidak berbeda nyata dengan bobot basah umbi MJ (155.87gram) dan GR (141.61 gram) tetapi berbeda nyata dengan G (122.51 gram). Aksesi G menunjukkan bobot basah umbi terendah (Tabel 1). Perlakuan sinar gamma tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata pada peubah yang diamati (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan produksi umbi tanaman

Perlakuan	Bobot Basah Akar (g)	Bobot Basah Tajuk (g)	Bobot Basah Umbi (g)
<b>S0</b>	59,303a	416,23a	172,44a
<b>S1</b>	23,657b	69,06b	120,31b
<b>PK</b>	43,933a	271,88a	165,53a
<b>MJ</b>	43,41a	249,12a	155,87a
<b>GR</b>	43,407a	246,52a	141,61ab
<b>G</b>	35,163b	203,05b	122,51b
<b>G0</b>	46,292a	267,06a	158,37a
<b>G10</b>	42,288a	246,79a	150,89a
<b>G20</b>	40,513a	235,72a	150,51a
<b>G30</b>	40,221a	234,17a	137,09a
<b>G40</b>	38,088a	229,48a	135,02a

Pada masing-masing aksesi, perlakuan stres air menurunkan bobot basah tajuk (Tabel 2). Penurunan bobot basah tajuk terendah adalah pada perlakuan MJG30 (75,64%) diikuti GRG10 (76,77%), GRG0 (76,80%), MJG20 (77,93%), PKG30 (79,90%) dan PKG40 (80,33). Sedangkan penurunan bobot basah tertinggi didapat pada perlakuan PKG0 (92,03%).

Tabel 2. Bobot Basah tajuk pada perlakuan sinar gamma dan stres air

Perlakuan	Bobot Basah Tajuk (gram)			% penurunan
	Tanpa Stres Air	Stres Air	Selisih	
PK G0	408,9	32,6	376,3	92,03
PK G10	353,5	42,9	310,6	87,86
PK G20	326,7	56,8	269,9	82,61
PK G30	313,9	63,1	250,8	79,90 (5)
PK G40	361,0	71,0	290	80,33 (6)
MJ G0	546,2	79,4	466,8	85,46
MJ G10	487,9	66,5	421,4	86,37
MJ G20	403,3	89,0	314,3	77,93 (4)
MJ G30	441,3	107,5	333,8	75,64 (1)
MJ G40	426,2	71,6	354,6	83,20
GR G0	410,7	95,3	315,4	76,80 (3)
GR G10	397,7	92,4	305,3	76,77 (2)
GR G20	415,0	65,4	349,6	84,24
GR G30	452,1	48,3	403,8	89,32
GR G40	428,1	60,1	368	85,96
G G0	511,8	51,5	460,3	89,94
G G10	362,2	70,3	291,9	80,59
G G20	461,0	68,5	392,5	85,14
G G30	346,7	62,9	283,8	81,86
G G40	470,4	85,9	384,5	81,74

Hasil pengamatan terhadap produksi bobot basah umbi masing-masing aksesi menunjukkan adanya perbedaan produksi umbi pada masing-masing perlakuan sinar gamma (Tabel 3). Beberapa perlakuan menunjukkan peningkatan bobot basah umbi yakni pada perlakuan MJG0 (2.09%), PKG40 (9.37%), PKG30 (11.05%) dan MJG20 (16.81%). Pada perlakuan lainnya, produksi umbi umumnya menurun pada kisaran 11.45 – 58.88%. Penurunan bobot basah umbi terendah dicapai pada perlakuan MJG40 (2.90%) diikuti PKG10 (11.45%).

Tabel 3. Bobot Basah Umbi pada perlakuan sinar gamma dan stres air

Perlakuan	Bobot Basah Umbi (gram)			% penurunan	% peningkatan
	Tanpa Stres Air	Stres Air	Selisih		
PK G0	209,8	106,6	103,2	49,19	
PK G10	180,8	160,1	20,7	11,45	
PK G20	162,7	138,5	24,2	14,87	
PK G30	158,4	175,9	17,5		11,05
PK G40	127,0	138,9	11,9		9,37
MJ G0	167,4	170,9	3,5		2,09
MJ G10	166,7	110,7	56,0	33,59	
MJ G20	181,4	211,9	30,5		16,81
MJ G30	242,3	118,6	123,7	51,05	
MJ G40	144,8	140,6	4,2	2,90	
GR G0	161,8	68,1	93,7	57,91	
GR G10	163,0	106,7	56,3	34,54	
GR G20	151,7	109,1	42,6	28,08	
GR G30	183,6	75,5	108,1	58,88	
GR G40	113,0	92,7	20,3	17,96	
G G0	195,6	124,0	71,6	36,61	
G G10	121,6	70,6	51,0	41,94	
G G20	219,8	91,9	127,9	58,19	
G G30	147,9	105,0	42,9	29,01	
G G40	249,6	90,1	159,5	63,90	

#### Indeks Toleran Stres

Tabel 4 menunjukkan menunjukkan nilai indeks toleran stres. Nilai tertinggi pada perlakuan MJG20 (1,231). Perlakuan yang menunjukkan indeks toleran stress tertinggi berturut-turut adalah MJG20 (1,231) diikuti PKG40 (1,218), MJG40 (1,179), MJG0 (1,041), PKG10 (0,926) dan PKG20 (0,850). Nilai terendah terdapat pada perlakuan GG40 (0.361)

#### Indeks Panen

Tabel 4 menunjukkan nilai indeks panen Nilai indeks panen tertinggi berturut-turut adalah PKG10 (0.871), MJG20 (0.853), PKG20 (0.780), PKG30 (0.773), MJG30 (0.712) dan PKG0 (0.738). . Indeks panen terendah pada perlakuan GRG40 (0.427).

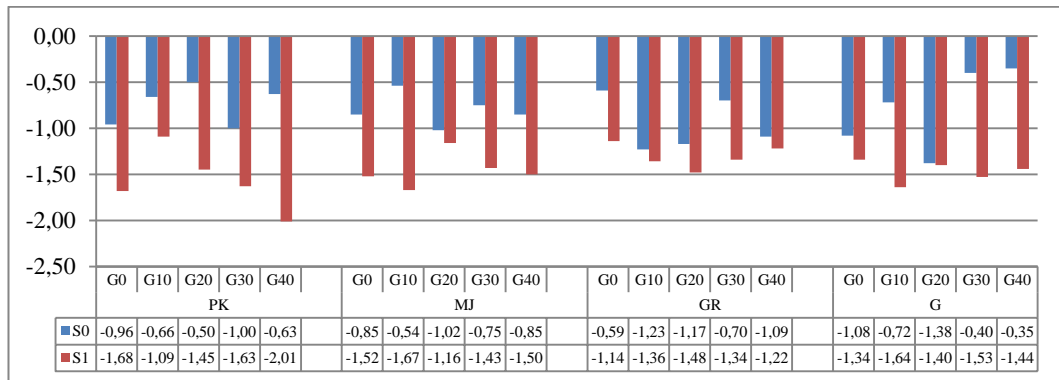
Tabel 4. Nilai Indeks Toleran Stres dan Indeks panen masing-masing Perlakuan

Perlakuan	Indeks Toleran Stres	Indeks Panen
PK G0	0,587	0,738
PK G10	0,926	0,871
PK G20	0,850	0,780
PK G30	0,795	0,773
PK G40	1,218	0,620
MJ G0	1,041	0,541
MJ G10	0,706	0,496
MJ G20	1,231	0,853
MJ G30	0,501	0,712
MJ G40	1,179	0,586
GR G0	0,427	0,458
GR G10	0,677	0,551
GR G20	0,745	0,545
GR G30	0,414	0,510
GR G40	0,807	0,427
G G0	0,587	0,590
G G10	0,618	0,442

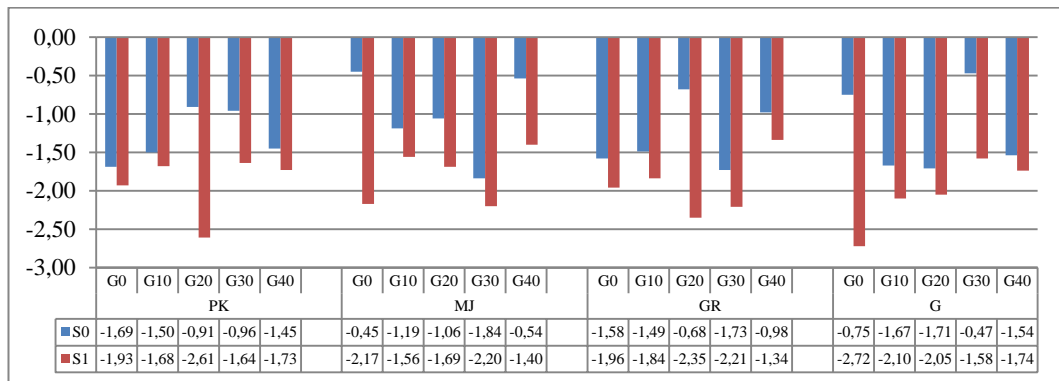
Perlakuan	Indeks Toleran Stres	Indeks Panen
G G20	0,442	0,591
G G30	0,773	0,669
G G40	0,361	0,629
<b>Rata-rata</b>	<b>0,744</b>	<b>0,619</b>

*Potensial air daun*

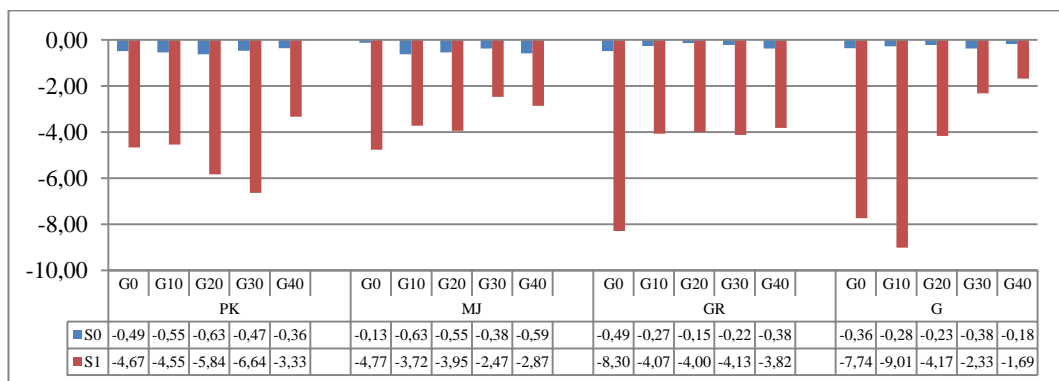
Nilai potensial air daun pada kondisi stres lebih rendah dibandingkan pada kondisi tanpa stres (Gambar 1 dan 2).



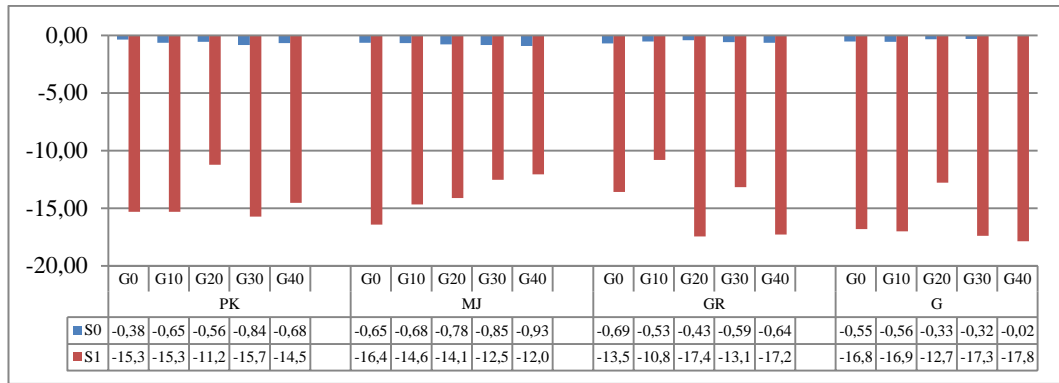
Gambar 1. Potensial air daun 14 hari setelah perlakuan (HSP) Periode II



Gambar 2. Potensial air daun 21 HSP Periode II



Gambar 3. Potensial air tanah 14 HSP Periode II



Gambar 4. Potensial air tanah 21 HSP Periode II

Gambar 3. Potensial air tanah 21 HSP Periode II Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada kondisi stres kekurangan air, perlakuan MJG30, GRG10, GRG0, MJG20 dan PKG30 menghasilkan angka persentase penurunan bobot basah tajuk yang lebih rendah berkisar 75,64-80,33% dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tajuk tanaman pada perlakuan tersebut lebih baik dibandingkan pertumbuhan tajuk pada perlakuan lainnya. Beberapa perlakuan yang menunjukkan pertumbuhan tajuk yang baik juga menunjukkan produksi umbi yang tinggi pula. Pada kondisi stres air, bobot basah umbi pada perlakuan PKG30 meningkat 11,05% dan MJG20 16,81%. Perlakuan lainnya yang menunjukkan peningkatan produksi umbi yakni PKG40 (9,37%) dan MJG0 (2,09%). Nilai indeks panen tertinggi berturut-turut adalah pada perlakuan PKG10, MJG20, PKG20, PKG30 dan MJG30. Nilai Indeks toleran stress tertinggi berturut-turut adalah MJG20, PKG40, MJG40, MJG0 dan PKG10.

Tabel 7. Perlakuan yang Menunjukkan Potensi Ketahanan Terhadap Kekeringan

Perlakuan	BB Tajuk (gram)	BB Umbi (gram)	Indeks Panen	Indeks toleran stres
MJG30	x		x	
GRG10	x			
GRG0	x			
MJG20	x	x	x	x
PKG30	x	x	x	
PKG40		x		x
MJG0		x		x
PKG10			x	x
PKG20			x	
MJG40				x

Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa perlakuan MJG20, PKG30, PKG40, MJG0, PKG10, PKG20 dan MJG40 merupakan aksesi yang potensial tahan terhadap kekeringan karena menunjukkan pertumbuhan yang baik pada kondisi stress (persentase penurunan bobot basah tajuk yang rendah, menunjukkan peningkatan bobot umbi atau kalaupun menurun, nilai persentase penurunannya rendah, nilai ITS dan IP yang tinggi).

MJG20 merupakan klon yang paling potensial karena memiliki semua peubah penurunan bobot basah tajuk terkecil, peningkatan bobot basah umbi terbesar, nilai IP tinggi dan nilai ITS yang tinggi pula. Hal ini didukung oleh hasil pengamatan terhadap nilai potensial air yang menunjukkan bahwa pada kondisi stres air, nilai potensial air perlakuan MJG20 pada umur 14 dan 21 HSP menunjukkan perbedaan penurunan potensial air yang relatif kecil dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 1 dan 2). PKG30 juga merupakan klon potensial selanjutnya. Penurunan potensial air tidak terlalu tajam (Gambar 1, 2). Selanjutnya PKG40 juga merupakan klon yang potensial. Penurunan potensial air akibat kondisi stres menurun cukup tajam pada 14 HSP akan tetapi tumbuhan mampu beradaptasi sehingga pada 21 HSP penurunannya menjadi tidak terlalu tajam. PKG10, PKG20 dan MJG40 penurunan persentase bobot basah umbi menunjukkan angka yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 3).

Nilai ITS perlakuan terpilih berkisar 0,795 – 1,231. Nilai ITS MJG20 tertinggi (1,231), PKG30 (0.795), PKG40 (1.218), MJG0 (1.041), PKG10 (0.926), PKG20 (0.850) dan MJG40 (1.179).



Hasil pengamatan menunjukkan adanya variasi dalam respon aksesori garut hasil perlakuan penyinaran dengan sinar gamma terhadap kekeringan. Radiasi dapat menginduksi terjadinya mutasi karena sel yang teradiasi akan dibebani oleh tenaga kinetik yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi atau mengubah reaksi kimia sel tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya perubahan susunan kromosom tanaman (Poespodarsono, 1988). Beberapa aksesori menunjukkan ketahanan terhadap kekeringan yang lebih baik dibandingkan klon lainnya yang ditunjukkan oleh persentase penurunan bobot basah tajuk yang rendah, adanya peningkatan bobot umbi atau walaupun menurun nilai persentase penurunannya rendah serta nilai Indeks Toleran stress (ITP) dan Indeks Panen (IP) yang tinggi.

Mekanisme ketahanan tanaman terhadap adanya cekaman kekeringan berbeda antar tanaman. Perubahan yang terjadi meliputi perubahan metabolisme tingkat selular hingga laju pertumbuhan dan hasil panen. Cekaman kekeringan sangat berpengaruh pada penurunan laju asimilasi CO<sub>2</sub> karena adanya penurunan pembukaan stomata. Hal ini juga berpengaruh pada penurunan area daun, perpanjangan batang dan perkembangan akar sehingga mengganggu tata air tanaman dan menurunkan efisiensi pemakaian air (Anjum *et al.* 2011).

Salah satu mekanisme ketahanan terhadap adanya cekaman kekeringan adalah menghindari atau escape dari kondisi cekaman tersebut, salah satu caranya melalui pemanjangan akar. Hal tersebut dijumpai pada tanaman ubi jalar yang mampu memanjangkan akarnya lebih dari 2 m menembus kedalaman tanah untuk mendapatkan air pada saat kemarau panjang (Onwueme, 1978). Pada tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan terjadi mekanisme mempertahankan turgor agar tetap di atas nol sehingga potensial air jaringan tetap rendah dibandingkan potensial air eksternal sehingga tidak terjadi plasmolisis (Jones dan Turner, 1980). Ukuran daun yang kecil dan sukulen juga mengurangi laju kehilangan air melalui transpirasi (Farooq *et al.*, 2009).

#### KESIMPULAN

1. Pertumbuhan tajuk tanaman pada kondisi stres kekurangan air pada perlakuan MJG30, GRG10, GRG0, MJG20 dan PKG30 lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.
2. Perlakuan MJG20, PKG30, PKG40, MJG0, PKG10, PKG20 dan MJG40 merupakan aksesori yang potensial tahan terhadap kekeringan karena menunjukkan pertumbuhan yang baik pada kondisi stress (persentase penurunan bobot basah tajuk yang rendah, menunjukkan peningkatan bobot umbi atau walaupun menurun, nilai persentase penurunannya rendah, nilai ITS dan IP yang tinggi).
3. Perlakuan MJG20 merupakan klon yang paling potensial diikuti PKG30, PKG40 PKG10, PKG20 dan MJG40

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2010, <http://lppm.ums.ac.id/index.php/berita-kegiatan/188-optimalisasi-lahan-kering-di-indonesia>).
- Anjum, SA., LY. Xie, LC. Wang, MF. Saleem, C. Man, & W. Lei. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought cekamans. *African J. of Agric. Res.* Vol 6 (9) : 2026 – 2032. <http://www.Academicjournals.org/AJAR>.
- Dariah A, A Rachman dan U Kurnia. Erosi dan Degradasi Lahan Kering di Indonesia. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/lahankering/berlereng1.pdf>
- Djaafar TF, Sarjiman dan AB Pustika. 2010. Pengembangan Budidaya Tanaman Garut dan Teknologi Pengolahannya untuk Mendukung Ketahanan Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 29(1): 25-33.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms, and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29 (2009) : 185 - 212.
- Gusmaini, Sudiarto, dan H. Nurhayati. 2003. Pengaruh macam bahan tanaman terhadap
- Hidayati N, LA Sukamto dan T Juhaeti. 2012. Pengujian ketahanan kekeringan pada tanaman garut (*Marantha arundinacea* L.) hasil mutasi dengan radiasi sinar gamma. 2012. *J. Biologi Indonesia* 8(2): 303-316.
- Jones, M.M. and N.C. Turner. 1980. Osmotic adjustment in expanding and fully expanded leaves of sunflower in response to drought deficit. *Proc. Indian . Nat. Sci. Acad.* 3 (57): 288-304.
- Lembaga Biologi Nasional-LIPI. 1979. Tanaman Pekarangan. 97 hal.
- Mahmud MK dan NA Zulfianto (eds). 2009. Tabel Komposisi Pangan Indonesia. Persatuan Ahli Gizi Indonesia. Elex Media Komputindo Gramedia. Jakarta.
- Onwueme, I. C. 1978. *The Tropical Tuber Crops: Yams, Cassava, Sweetpotato, and Cocoyam.* John Wiley. 291p
- pertumbuhan produksi umbi-umbian dan pati garut. *Jurnal Ilmiah Pertanian* IX(1): 13–21. Gokuryoku. Persada.
- Poespodarsono, S. 1988. *Dasar-Dasar Ilmu Pemuliaan Tanaman.* PAU IPB dan LSI-IPB. Bogor. 168 hal.

- Saleem MY, Z Mukhtar, AA chema & BM Atta. 2005. Induced mutation and in vitro techniques as a methods to induced salt tolerancein Basmati rice (*Oryza sativa* L.).Int. J. Environ. Sci. tech. 2(2):141-145.
- Wijananto, 2012. Radiasi dan Ketahanan Pangan <http://www.batan.go.id/pdin/index.php?page=artikel&artikel=24>).

## Respon Pertumbuhan Stek Cabe Jawa (*Piper retrofactum*) pada Media Cair dengan Penambahan Iba dan Vitamin C

Ning Wikan Utami dan Fauzia Syarif

*Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI,  
Cibinong Science Center*

Javanese long paper or so called Cabe Jawa (*Piper retrofactum*) is one of the important medicinal plant and as export commodite. Commonly, some species which were included in the genus of *Piper* were propagation by cutting. The experiment was carried out in experimental garden, Botani Division, Research Center for Biology- LIPI, Bogor, using a Factorial Completely Randomized Design with tree factors in five replications. The first factor is material of cutting i.e. young and old stem. The second factor is concentration of IBA i.e. 0, 5, 10 and 15 mg/l. The third factor is concentration of Vitamin C i.e. 0, 50 and 100 mg/l. The result showed that material of cutting influencing on the success of cutting, the young stem better than the old. IBA 10 mg/l could enhanced the number of root and the number of shoot (new leaf) significantly on young stem cutting. Vitamin C 50 mg/l could enhanced the length of root significantly. The best result was indicated by treating with the combination of IBA 10 mg/l and vitamin C 50 mg/l on the young stem cutting which was achieved the longest of root (19, on control 2) and the highest of new leaf (3,6, on control 0,8).

Key words: cabe jawa, *Piper retrofactum*, growth, cutting, IBA, Vitamin C

### PENDAHULUAN

*Piper retrofactum*, di Indonesia umumnya dikenal dengan nama cabe jawa, namun mempunyai beberapa nama daerah seperti cabe sula, cabean, cabe jawa (Jawa), lada panjang, cabai panjang (Sumatera), cabia (Sulawesi), cabi solah (Madura)(Anonim,1977). *P. retrofactum* lebih menyukai tumbuh di hutan deciduous pada tanah tandus, sampai ketinggian 600 m dpl, tetapi juga disepanjang sungai (Utami & Jansen,1999; Anonim, 2013). Cabe Jawa merupakan tanaman asli Indonesia yang banyak dijumpai di Jawa, Madura dan Sumatera Selatan. Nurdinmappa, 2010 melaporkan bahwa tanaman cabe Jawa cocok ditanam di tanah yang tidak lembab dan porus (banyak mengandung pasir). Namun demikian jenis ini belum banyak dibudidayakan oleh masyarakat (Anonim, 2004). Cabe jawa merupakan tanaman yang merambat pada tembok, pagar pohon lain atau rambatan yang dibuat khusus.

Tumbuhan ini mempunyai khasiat sebagai obat, terutama buahnya, namun akar dan daunnya juga dimanfaatkan. Buahnya memiliki rasa pedas dan panas, sedangkan akarnya memiliki rasa pedas serta bersifat hangat. Beberapa bahan kimia yang terkandung dalam bagian buahnya antara lain zat pedas piperine; palinitic acid; tetrahydropiperic acid, I-undecylenyl-3, 4-methylenedioxy benzene, piperidine, minyak asiri, N-isobutyl-decatrans-2-trans-4-dienamide, dan sesamin (Anonim,2012). Pada akar terdapat piperine, piplartine, dan piperlonguminirne. Efek farmakologis cabe jawa di antaranya menghilangkan dingin dan menghilangkan sakit (Sutamto,2010). *P. retrofactum* mengandung piperine, resin, 10-15% bahan serat, 44-49% pati, 8% abu dan minyak atsiri. (Utami & Jansen,1999). Buah cabe jawa sebagai obat sakit perut, masuk angin, beri-beri, rematik, tekanan darah rendah, kolera, influenza, sakit kepala, lemah syahwat, bronkitis, dan sesak napas. Daunnya juga digunakan sebagai tonik dan dapat mengobati penyakit yang berhubungan dengan pencernaan dan usus. Di Indonesia ekstrak daunnya digunakan sebagai pencuci mulut dan mengurangi sakit gigi (Anonim,1989). Sedangkan di Filipina akarnya dikunyah atau direbus dan digunakan untuk mengobati sakit perut (mules).

Indonesia adalah salah satu negara pengekspor cabe jawa ke berbagai negara seperti Peninsular Malaysia, Singapore, China dan sejumlah kecil ke Eropa dan Amerika. Cabe jawa merupakan merupakan salah satu dari 9 tanaman obat unggulan Badan Pengawasan Obat dan Makanan dan dikelompokkan sebagai tanaman berkhasiat afrodisiak (Sampurno,2003). Kebutuhan cabe jawa berdasarkan ragam penggunaan (khasiat obat) adalah 47,73% (Kemala *et al.*, 2003 dalam Haryudin dan Rostiana,2009). Cabe jawa banyak dibutuhkan sebagai bahan pembuatan jamu tradisional dan obat pil/kapsul modern serta bahan campuran minuman (Anonim,2012)

Pada umumnya jenis-jenis yang termasuk dalam marga *Piper* diperbanyak dengan stek, begitu juga pada *P. retrofactum*. Meskipun menghasilkan biji, cabai jawa tidak pernah dibudidayakan dengan benih. Perbanyak dengan biji tidak umum dilakukan karena kurang berhasil, bijinya mempunyai kulit yang sangat keras dan impermeabel. Anonim,2012 menerangkan bahwa perbanyak cabe jawa umumnya menggunakan stek yakni stek cabang (ruas) dan stek pucuk (tunas). Perbanyak secara vegetatif dapat menggunakan bagian sulur tanah, cabang buah,

dan sulur panjat (Januwati dan Yuhono, 2003). Keberhasilan stek untuk tumbuh dan berakar dipengaruhi oleh faktor dalam (bahan stek, kedudukan bahan stek pada pohon induk, umur stek) dan faktor luar (media tanam, suhu, kelembaban). Untuk mempercepat dan meningkatkan perakaran pada stek dapat dilakukan dengan penambahan hormon tumbuh. IBA adalah salah satu hormon tumbuh yang sering digunakan untuk merangsang perakaran pada stek dan konsentrasi yang diperlukan untuk setiap jenis tanaman bervariasi (Salisbury dan Ross, 1995). Vitamin C digunakan untuk mengurangi terjadinya pencoklatan (browning) pada media cair. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh bahan stek, hormon IBA dan vitamin C terhadap pertumbuhan stek cabe jawa pada media cair. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh tambahan informasi tentang bahan stek yang baik, konsentrasi hormon IBA dan vitamin C yang optimum serta kombinasi perlakuan yang terbaik untuk meningkatkan persentase stek yang berakar pada media cair, sehingga didapatkan cara yang lebih efektif dalam melakukan perbanyakan dengan stek pada cabe jawa.

### BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian yang digunakan adalah stek batang yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Obat (BPTO) Tawangmangu, Surakarta. Bahan stek terdiri dari batang tua (berdaun besar) dan batang muda (berdaun kecil). Stek dipotong sepanjang 6-10 cm (4-5 ruas). Media yang digunakan adalah media cair terdiri dari aquades ditambah dengan IBA dan vitamin C dengan berbagai konsentrasi. Stek dimasukkan ke dalam gelas plastik aqua ukuran 200 cc yang telah berisi media dengan berbagai perlakuan, kemudian ditutup aluminium foil dan diberi lubang sebesar diameter batang stek, masing-masing wadah berisi 2 stek yakni stek batang muda dan batang tua. Wadah yang telah berisi stek ditempatkan di dalam bak berisi pasir yang ditutup kaca. Pasir di sekeliling gelas disiram setiap 2 hari untuk menjaga kelembaban. Di atas kaca diberi naungan paranet hitam (50%) untuk mengurangi panas matahari langsung. Pengamatan dilakukan setiap bulan. Peubah yang diamati yaitu jumlah dan panjang akar, jumlah tunas (daun baru). Pada akhir pengamatan dihitung persentase stek yang berakar dan bertunas.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap yang disusun secara faktorial. Faktor pertama adalah bahan tanam stek terdiri dari stek batang muda dan batang tua, faktor ke dua adalah hormon tumbuh IBA (0, 5, 10 dan 15 mg/l) dan faktor ke tiga adalah Vitamin C (0, 50 dan 100 mg/l). Masing-masing perlakuan diulang 5 kali. Kombinasi perlakuan untuk masing-masing stek batang tua dan stek batang muda sebagai berikut:

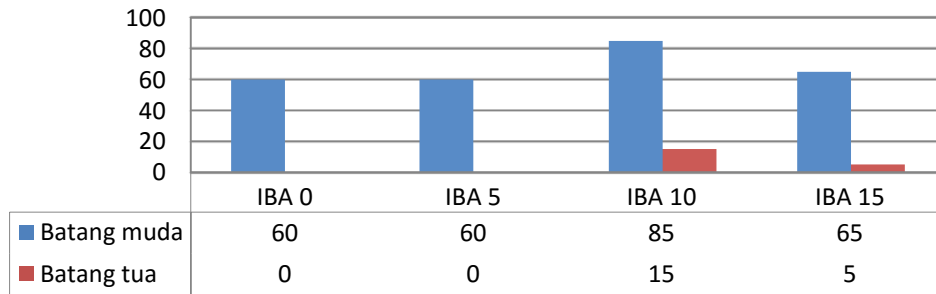
- H0V0 : IBA 0 + vitamin C 0
- H0V1 : IBA 0 + vitamin C 50
- H0V2 : IBA 0 + vitamin C 100
- H1V0 : IBA 5 + vitamin C 0
- H1V1 : IBA 5 + vitamin C 50
- H1V2 : IBA 5 + vitamin C 100
- H2V0 : IBA 10 + vitamin C 0
- H2V1 : IBA 10 + vitamin C 50
- H2V2 : IBA 10 + vitamin C 100
- H3V0 : IBA 15 + vitamin C 0
- H3V1 : IBA 15 + vitamin C 50
- H3V2 : IBA 15 + vitamin C 100

### HASIL DAN PEMBAHASAN

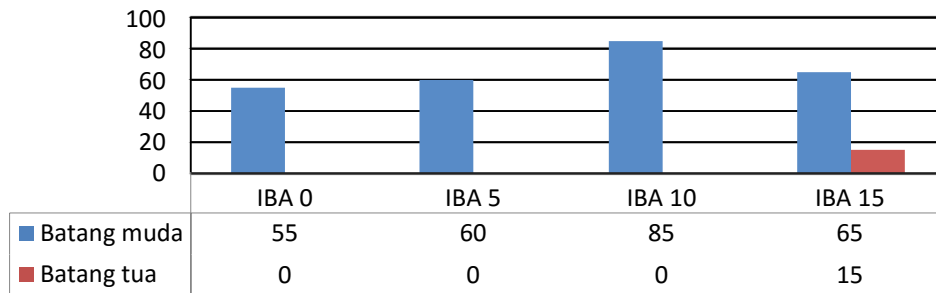
Pengamatan menunjukkan bahwa pada 1 bulan setelah tanam (BST) beberapa perlakuan telah mulai tumbuh akar, sedangkan pada kontrol (tanpa IBA dan vitamin C) belum tampak berakar. Stek batang muda menghasilkan pertumbuhan akar maupun tunas jauh lebih baik dibandingkan stek batang tua. Pada stek batang muda dapat menumbuhkan akar dan tunas baik dengan penambahan maupun tanpa IBA dan vitamin C. Kemampuan stek berakar akan menurun dengan meningkatnya umur tanaman yaitu perubahan dari fase juvenile ke dewasa. (Hartman *at al*, 1997). Cabang yang digunakan sebagai bahan stek, harus berupa ruas produktif, yang tunasnya masih hidup. Ruas tua yang tunasnya sudah mati, tidak cocok digunakan sebagai bahan stek (Anonim, 2014). Pengamatan 5 bulan setelah tanam pada stek batang muda dengan perlakuan IBA 10 mg/l menghasilkan persentase pertumbuhan akar dan tunas tertinggi (85%) (Gambar 1 dan 2). Sedangkan pada stek batang tua perlakuan IBA 10-15 mg/l menghasilkan persentase tumbuh akar

kurang dari 20% (Gambar 1). Kemampuan berakar pada stek menurun dengan semakin tuanya bahan stek (Garner, 1976; Hartman and Kester, 1979). Hal ini disebabkan adanya perubahan komposisi dan tingkat hormon dengan makin tuanya tanaman, juga perubahan tingkat asimilat yang menyebabkan terjadinya proses pengayuan dan penebalan pada batang (Kantarli, 1993). Persentase pertumbuhan akar dan tunas nampak meningkat pada stek batang muda perlakuan vitamin C 50 mg/l mencapai 85% (Gambar 3 dan 4).

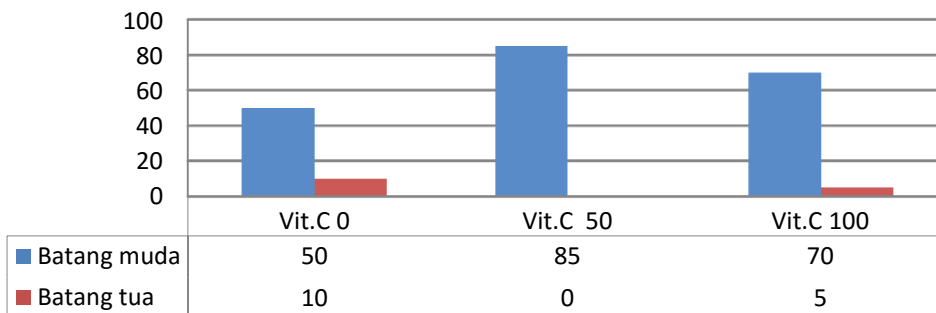
Gambar 1. Pertumbuhan akar (%) pada perlakuan IBA



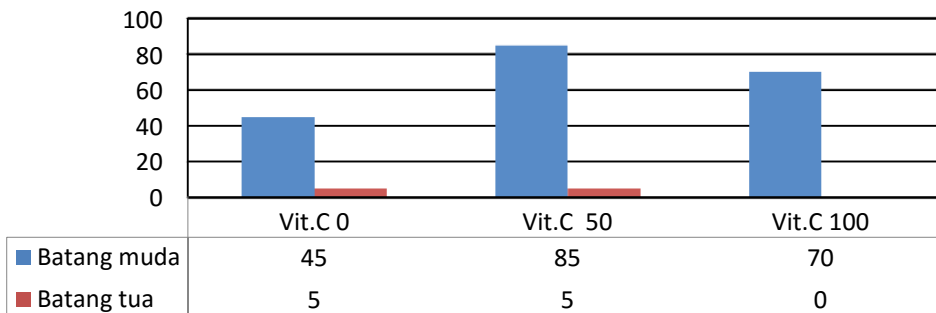
Gambar 2. Pertumbuhan tunas (%) pada perlakuan IBA

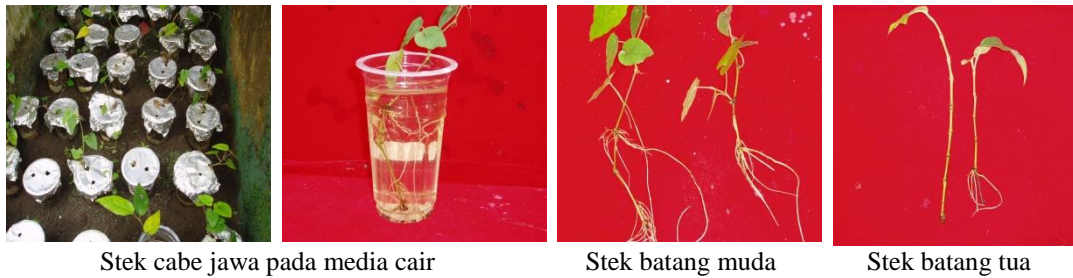


Gambar 3. Pertumbuhan akar (%) pada perlakuan Vitamin C



Gambar 4. Pertumbuhan tunas (%) pada perlakuan Vitamin C





Stek cabe jawa pada media cair

Stek batang muda

Stek batang tua

Untuk analisa statistik hanya dilakukan pada stek batang muda karena data stek batang tua tidak mencukupi. Berdasarkan analisa statistik tidak ada interaksi antara IBA dan Vitamin C, namun masing-masing faktor yakni IBA dan Vitamin C berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan akar dan tunas. (Tabel 1)

Tabel 1. Pengaruh masing-masing faktor IBA dan Vitamin C terhadap pertumbuhan akar dan tunas pada stek batang muda cabe jawa (*Piper retrofactum*)

Perlakuan	Konsentrasi (mg/l)	Jumlah akar	Panjang akar	Jumlah tunas (daun baru)
IBA	0	4,60 b	6,27 ab	1,07 b
	5	6,27 ab	3,15 b	0,80 b
	10	11,86 a	10,89 a	2,33 a
	15	8,93 ab	8,43 ab	1,14 b
Vitamin C	0	8,47 a	4,42 b	1,10 a
	50	6,47 a	11,26 a	1,80 a
	100	7,50 a	5,87 ab	1,10 a

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Pada Tabel 1 teramati bahwa jumlah dan panjang akar serta jumlah tunas dipengaruhi secara nyata oleh IBA sedangkan vitamin C hanya berpengaruh nyata terhadap panjang akar. Semua peubah yang diamati yaitu jumlah akar, panjang akar dan jumlah tunas menunjukkan angka yang meningkat kemudian menurun dengan penggunaan IBA 5, 10 dan 15 mg/l (Tabel 1). Perlakuan IBA10 mg/l tampaknya merupakan konsentrasi optimum karena selain menghasilkan persentase pertumbuhan akar dan tunas tertinggi (Gambar 1 dan 2), ternyata juga meningkatkan secara nyata terhadap jumlah akar, panjang akar dan jumlah tunas (Tabel 2). Dengan konsentrasi IBA yang lebih tinggi yakni 15 mg/l tampak ada kecenderungan menurunkan persentase pertumbuhan akar dan tunas juga jumlah dan panjang akar serta jumlah tunas. Hal ini sesuai dengan sifat hormon yang dalam konsentrasi rendah dapat mempercepat dan meningkatkan perakaran dan pada konsentrasi tinggi dapat bersifat menghambat pertumbuhan akar (Hartman et al. 1997; Davies, 1987). Utami *dkk.* 2005 melaporkan bahwa penambahan IBA 10 mg/l memberikan hasil terbaik pada pertumbuhan akar dan tunas stek ulin (*Eusideroxylon zwageri* T.et.B). Penambahan vitamin C ditujukan untuk mengurangi terjadinya pencoklatan (browning) pada media cair yang disebabkan senyawa fenol sehingga tidak mengganggu proses pembentukan kalus yang selanjutnya akan tumbuh menjadi akar. Namun ternyata pada stek cabe jawa ini hampir semua perlakuan media tidak menunjukkan adanya browning baik dengan maupun tanpa vitamin C. Vitamin C 50 mg/l meningkatkan panjang akar secara nyata. Penelitian pada ramin menunjukkan bahwa IBA 250 mg/l mampu meningkatkan jumlah akar dan panjang akar secara nyata pada stek yang ditanam pada media sekam+cocopeat (Utami, N.W., 2011)

Hasil pengamatan jumlah akar, panjang akar dan jumlah tunas pada kombinasi perlakuan ditampilkan pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Pengaruh kombinasi perlakuan terhadap jumlah akar, panjang akar dan jumlah tunas stek batang muda pada 5 BST

Kombinasi perlakuan	Jumlah akar	Panjang akar (cm)	Jumlah tunas
IBA0+Vit.C 0	2,2 ± 0,22	2 ± 0,22	0,8 ± 0,10
IBA 0+Vit.C 50	8 ± 0,22	12,1 ± 0,22	1,8 ± 0,10
IBA 0+Vit.C100	3 ± 0,22	10,4 ± 0,22	1 ± 0,10
IBA5+Vit.C 0	10,8 ± 0,22	5,9 ± 0,22	1,4 ± 0,10

IBA 5+Vit.C 50	3,8 ± 0,22	4,8 ± 0,22	1 ± 0,10
IBA 5+Vit.C 100	8,4 ± 0,22	7,8 ± 0,22	1 ± 0,10
IBA 10+Vit.C 0	13,2 ± 0,22	7,8 ± 0,22	1,4 ± 0,10
IBA 10+Vit.C 50	11,6 ± 0,22	19 ± 0,22	3,6 ± 0,10
IBA 10+Vit.C100	14,2 ± 0,22	8 ± 0,22	2,2 ± 0,10
IBA 15+Vit. 0	3,6 ± 0,22	4,2 ± 0,22	1 ± 0,10
IBA 15+Vit.C 50	12,8 ± 0,22	13,5 ± 0,22	1,4 ± 0,10
IBA 15+Vit.C 100	16 ± 0,22	9,2 ± 0,22	1,2 ± 0,10

Keterangan : angka-angka pada tabel adalah angka rata-rata ± standart error

Pada Tabel 2 teramati bahwa secara umum semua kombinasi perlakuan pada stek batang muda dapat menghasilkan akar maupun tunas. Kombinasi perlakuan IBA ( 5, 10 dan 15 mg/l) dan vitamin C (50 dan 100 mg/l) mampu menghasilkan jumlah dan panjang akar serta jumlah tunas lebih banyak dibandingkan tanpa perlakuan (IBA0 + vitamin C 0). Jumlah akar bervariasi antara 2,2 – 16, panjang akar 2 – 13,5 cm dan jumlah tunas 0,8 – 3,6. 10 mg/l. Pada kombinasi perlakuan IBA 10 mg/l + vitamin C 50 mg/l menghasilkan ukuran akar paling panjang dan jumlah tunas terbanyak, sedangkan pada perlakuan IBA 0 dan Vitamin C 0 (kontrol) memberikan angka yang paling rendah pada semua peubah yang diamati. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan hormon IBA dan vitamin C mampu meningkatkan pertumbuhan akar dan tunas. Jumlah akar terbanyak (16) diperoleh pada kombinasi perlakuan IBA15 mg/l + vitamin C 100 mg/l, sedangkan ukuran akar terpanjang (19) dan jumlah tunas terbanyak (3,6) pada kombinasi perlakuan IBA 10 mg/l + Vitamin C 50 mg/l. Hasil penelitian pada ulin (*Eusideroxylon zwageri* T.et.B) juga menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan IBA 10 mg/l dan Vitamin C 50 mg/l merupakan paduan terbaik yaitu menghasilkan jumlah akar paling banyak dan ukuran akar terpanjang pada stek pucuk maupun tengah (Utami *dkk*, 2005).

Pada stek batang tua, hanya beberapa kombinasi perlakuan yang berhasil menumbuhkan akar dan tunas yaitu IBA 10 + vitamin C 0, IBA 15 + vitamin C 0 masing – masing hanya 20% berakar dan IBA 15 + vitamin C 50 (20% berakar dan bertunas). Hasil ini mengindikasikan bahwa perlakuan IBA dan vitamin C dengan berbagai konsentrasi yang dicobakan belum mampu merangsang pertumbuhan akar dan tunas pada stek batang tua. Haissig, 1974 melaporkan bahwa hormon auxin yang diberikan pada stek batang muda dapat merangsang keluarnya akar, tetapi pada stek batang tua hanya mampu merangsang terjadinya pembelahan sel. Penelitian umur stek pada tanaman *Gmelina arborea* dilaporkan oleh Wijoyo, 1993 bahwa stek yang berhasil tumbuh berasal dari internodia yang paling bawah.

### KESIMPULAN

1. Bahan stek berpengaruh terhadap keberhasilan stek, stek batang muda lebih baik dari pada batang tua.
2. IBA berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan akar dan tunas pada stek batang muda. IBA 10 mg/l menghasilkan jumlah akar terbanyak, ukuran akar terpanjang dan jumlah tunas terbanyak. Vitamin C berpengaruh nyata terhadap panjang akar, vitamin C 50 mg/l menghasilkan ukuran akar paling panjang.
3. Kombinasi perlakuan terbaik adalah IBA 10 mg/l + vitamin C 50 mg/l pada stek batang muda menghasilkan ukuran akar terpanjang (19, pada kontrol 2 ) dan jumlah tunas terbanyak (3,6, pada kontrol 0,8), jumlah akar 11,6 (pada kontrol 2,2

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1977. *Materia Medika Indonesia*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Anonim. 1989. *Vademakum. Bahan Obat alami..* Departemen Kesehatan Republik Indonesia
- Anonim, 2004. Deskripsi dan distribusi 9 tanaman obat unggulan. <http://beritabumi.or.id/artikel3.php?idartikel=54>
- Anonim, 2012. Beda Cabai Jawa dan Cabe Lombok. <http://flora-faunaindonesia.blogspot.com/2012/12/beda-cabe-jawa-dengan-cabai-lombok.html> (diakses 21 agustus 2013)
- Anonim, 2013. Cabe jawa. <http://www.plantamor.com/index.php?plant=1012>
- Davies, P.J., 1987. *Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development*, Martinus Nijhoff Publishers, New York, USA, 681 p.
- Garner, R.J. 1976. *Materials and Methods . In "The Propagation of Tropical Fruit Trees*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farham Royal Slough
- Haissig, B.E. 1974. Influences of auxin and auxin synergist on adventitious root primordium initiation and development. *N.Z.J. For.Sci.*4: 311-323

- Hartman HT. and DE. Kester 1979. *Plant Propagation Principles and Practices*. Third edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hartman HT, DE Kester, FT Davies and RL Genewe. 1997. *Plant Propagation Principles and Practices*. Sixth edition. Upper Saddle River, New Jersey.
- Haryudin, W dan O.Rostiana, 2009. Karakteristik Morfologi Tanaman Cabe Jawa (*Piper retrofactum* Vahl.) Di Beberapa Sentra Produksi. *Bul.Litro*.20(1): 1 - 10
- Kantarli, M.1993. Vegetative Propagation of *Hopea odorata*. By cuttings: a low cost technology. *Technical Publication* No.16 ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre, Muak-Lek, saraburi. Thailand.
- Nurdinmappa,2010. Cabe Jawa. <http://nurdinmappa.wordpress.com/2010/04/17/cabe-jawa/> (diakses 21 Agustus 2013)
- Salisbury F.B. dan Ross CW. 1995. *Plant Physiology*. Fisiologi Tanaman 3 (Teremahan) Lukman dan Sumaryono (Ed.) ITB Bandung.
- Sampurno. 2003. Kebijakan pengembangan jamu/obat tradisional /obat herbal Indonesia. Makalah pada Seminar dan Pameran Nasional POKJANAS TOI. Jakarta,25 -26 Maret 2003
- Utami,N.W., Djadja SHH, Witjaksono dan Danu. 2005. Perbanyakan ulin (*Eusiderxylon zwageri* T.et.B) dengan biji dan stek. *Berita Biologi* (7): 199-206
- Utami,N.W. 2011. Respon Pemberian Hormon Tumbuh Dan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Stek Ramin (*Gonystylus Bancanus* (Miq) Kurz). *Buletin Kebun Raya* 14(2): 19- 28
- Utami D.and PCM Jansen,1999. *Piper L.* Dalam *Plant Resources of South-East Asia* No.13: 183-188. Spices. Guzman CC and JS Siemonsma (Ed). Backhuys Publishers, Leiden
- Wijoyo FS. 1993. Applied procedure in vegetative propagation of *Gmelina arborea*.In: Davidson J (Ed). *Proceeding of the regional Symposium on recent Advances in Mass Clonal Multiplication of Forest trees for Plantation Programmes*. FAO, Philipines.
- Sutamto, 2010. Cabe Jawa. <http://flora-sutamto.blogspot.com/2010/04/cabe-jawa.html>



## Studi Adaptasi Pertumbuhan Taka (*Tacca eontopetaloides*) pada berbagai Tingkat Naungan

Ning Wikan Utami, Peni Lestari, dan Albert Husein Wawo

*Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI  
Jl. Raya Jakarta Bogor Km 46 Cibinong  
E mail: wikan.utami@yahoo.com*

Taka (*Tacca leontopetaloides*) is a tuberous herb plant, often found in coastal areas, generally below 200 asl. Taka lives in groups. This plant likes a shaded environment. The aim of this research was to get information about shading level that suitable for growing taka. The study was conducted in Research Center for Biology, Cibinong from January to July 2012. Experiments using a Completely Randomized Block Design, four shade level, consist of 0%, 30%, 50% and 70% as a treatment. The treatment was repeated 8 times. The result showed in initial growth phase (vegetative stage) taka require low intensity (shade 70%). Furthermore, after entering the generative phase (flower, fruit and tuber formation and tuber enlargement) this plant requires high light intensity (shade 30%). When taka grows under 30% shade level, it produced the highest production in tuber weight (144,24 g) and tuber size (6,98 cm); the highest ratio output input value (238,18% – 493,45%); the highest production index (3,19 – 9,02), and the highest carbohydrate content (85,65%) compared to other shade level.

Keywords: taka, *Tacca leontopetaloides*. shade level, growth, production, carbohydrate

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi sehingga penduduknya mempunyai berbagai sumber pangan diantaranya jenis umbi-umbian. Jenis umbi-umbian yang telah mendapat perhatian dalam pengembangannya adalah ubi kayu, kentang dan ubi jalar. Banyak pula jenis umbi-umbian yang telah dikenal oleh masyarakat namun kurang dimanfaatkan secara optimal seperti ganyong, garut, gembili, taka, dll. Taka (*Tacca leontopetaloides*) yang disebut juga kecondang merupakan genus *Tacca* dari Famili *Taccaceae* yang pertama kali dikoleksi dan ditemukan di wilayah Rajasthan selatan (India) dan sebagai “new record” (Meena and Yadav, 2010). Tumbuhan ini ditemukan di beberapa daerah di Indonesia seperti di Rembang, pulau Madura, Kepulauan Karimunjawa, Pelabuhan Ratu, kepulauan Krakatau dan Daerah Istimewa Yogyakarta (Djarwaningsih *dkk* 2003;2006). Hasil penelitian di Nigeria menunjukkan bahwa umbi Taka mempunyai potensi sebagai pangan lokal dan regional serta industri makanan (Ukpabi, U.J., *et al.* , 2009). Masyarakat beberapa daerah di Indonesia telah mengenal dan memanfaatkan taka sebagai bahan pangan. Dilaporkan bahwa masyarakat Karimunjawa telah memanfaatkan umbi taka sebagai pengganti karbohidrat bila kondisi gelombang laut sedang besar dan lalulintas menuju kota terputus (Wawo, A.H *dkk* 2011). Di Kabupaten Garut, taka dikenal dengan nama “jalawure” dan telah dimanfaatkan sebagai bahan baku kue kering maupun basah. Kandungan amilosa yang lebih tinggi dibandingkan tepung jagung (Manek *et al* 2005) menjadikan tepung umbi taka dapat digunakan sebagai bahan baku kue. Tepung yang sudah diproses dapat digunakan sebagai bahan adonan kue, pasta dan puding (Brennan & Jennifer, 2000).

Habitat alami jenis ini adalah tepi pantai sehingga jarang dijumpai di lokasi yang sangat teduh dan di hutan primer. Taka tumbuh dari daerah dataran rendah pada ketinggian 0 m hingga 220 m dpl (Wawo, *dkk*, 2011). Buahnya dimakan oleh burung kacamata laut (*Zosterops chloris maxi*) yang berperan sebagai agen pemencaran biji (Flach, M. & Rumawas, F. 2011). Buah dan biji taka dapat disebarkan melalui air laut. Taka hidup berkelompok dan setiap kelompok dapat mencapai jumlah 15-80 individu tanaman. Taka tumbuh di bawah naungan beberapa jenis tumbuhan berkayu seperti cemara laut (*Cassuarina equisetifolia*), pandan laut (*Pandanus* sp), pohon perdamaian (*Barringtonia asiatica*), widuri (*Callotropis gigantea*), *Scaveola* sp dan *Eucalyptus* sp di tepi pantai. Taka yang tumbuh pada lokasi yang ternaung rapat memiliki pertumbuhan yang terhambat dan jarang tanaman yang berbunga. Pada lokasi yang mendapat cahaya penuh, warna daun taka berwarna hijau kekuningan (Wawo, *dkk*, 2011).

Beberapa jenis tumbuhan berumbi seperti ganyong dan garut diketahui dapat tumbuh baik dan mampu menghasilkan umbi pada lingkungan ternaungi sampai pada tingkat intensitas cahaya tertentu (Utami & Diyono, 2011., Wawo & Utami, 2012). Intensitas cahaya berpengaruh terhadap pembentukan umbi sedangkan panjang hari (fotoperiodik) mempengaruhi jumlah karbohidrat yang terbentuk selama proses fotosintesis dan tersimpan di dalam umbi (Noggle & Fritz 1977;

Leopold & Lam 1996). Penelitian tingkat naungan pada taka belum dilakukan secara eksperimental walaupun tersedia beberapa informasi tentang tempat tumbuh taka di bawah naungan beberapa jenis pohon. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian pengaruh tingkat naungan pada pertumbuhan dan produksi taka. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi kebutuhan intensitas cahaya / tingkat naungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan produksi umbi taka serta kandungan karbohidrat yang maksimal.

### BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian studi adaptasi pertumbuhan taka pada berbagai intensitas naungan dilakukan di lahan percobaan Pusat Penelitian Biologi di lingkungan Cibinong Science Center, Cibinong sejak bulan Januari sampai bulan Juli 2012. Bahan penelitian berupa umbi taka yang diperoleh dari hasil eksplorasi ke beberapa daerah. Umbi dipilih dengan bobot yang seragam antara 50 – 60 gram. Percobaan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLK) dengan perlakuan faktor tunggal, yaitu kerapatan naungan. Perlakuan terdiri atas 4 tingkat naungan, yakni naungan 0% (N1 lahan terbuka, sebagai kontrol), naungan 30% (N2), 50% (N3) dan 70% (N4). Setiap perlakuan terdiri dari 8 ulangan, masing-masing 3 tanaman. Umbi ditanam setelah pecah dorman yang ditandai dengan munculnya tunas pada subangnya. Umbi ditanam di dalam bedeng dengan jarak tanam 100 cm, jarak antar bedeng 100 cm. Naungan menggunakan paranet hitam dengan tingkat kerapatan yang berbeda. Pada masing-masing naungan dilakukan pengukuran intensitas cahaya dengan alat Lux meter; suhu dan kelembaban diukur menggunakan alat Thermohyrometer. Pengukuran dilakukan setiap bulan selama percobaan dengan tiga kali pengukuran yaitu pagi jam 08.00, siang jam, 12.00 dan sore jam 15.00. Pengamatan pertumbuhan meliputi persentase jumlah umbi yang tumbuh, tinggi tanaman, diameter tajuk, diameter batang, panjang tangkai bunga, jumlah bunga dan buah. Parameter panen meliputi bobot basah umbi, diameter umbi. Perhitungan produksi umbi memiliki 2 parameter yaitu ratio output/ input dan indeks produksi. Ratio output/input menggunakan rumus  $(W2 / W1) \times 100 \%$ , sedangkan untuk indeks produksi menggunakan rumus  $(W2-W1) / \text{umur tanaman}$ . (Wawo, *dkk*, 2012) Selain pengamatan pada pertumbuhan dan produksi umbi dilakukan juga Analisis proximat pada umbi taka untuk mengetahui kandungan kimia umbi hasil panen pada masing-masing intensitas naungan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran iklim mikro di lokasi percobaan yang meliputi intensitas cahaya, suhu dan kelembaban disajikan pada Tabel 1.

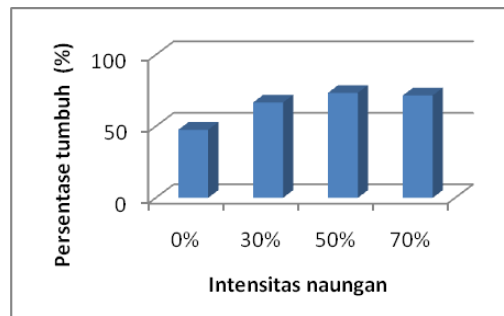
Tabel 1. Intensitas cahaya, suhu dan kelembaban pada berbagai tingkat naungan

		N1	N2	N3	N4
Pagi hari	Intensitas cahaya	31900 lux	19800 lux	15470 lux	3550 lux
	Suhu	36 <sup>0</sup> C	34 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	29 <sup>0</sup> C
	Kelembaban	65%	71%	77%	78%
Siang hari	Intensitas cahaya	65000 lux	37700 lux	28000 lux	4240 lux
	Suhu	38 <sup>0</sup> C	36 <sup>0</sup> C	35 <sup>0</sup> C	33 <sup>0</sup> C
	Kelembaban	59 %	62%	63%	62%
Sore hari	Intensitas cahaya	35200 lux	22200 lux	14670 lux	2140 lux
	Suhu	37 <sup>0</sup> C	36 <sup>0</sup> C	36 <sup>0</sup> C	36 <sup>0</sup> C
	Kelembaban	61%	62%	62%	62%

Keterangan: N1= tanpa naungan; N2=naungan paranet 30%; N3=naungan paranet 50%; N4=naungan paranet 70%

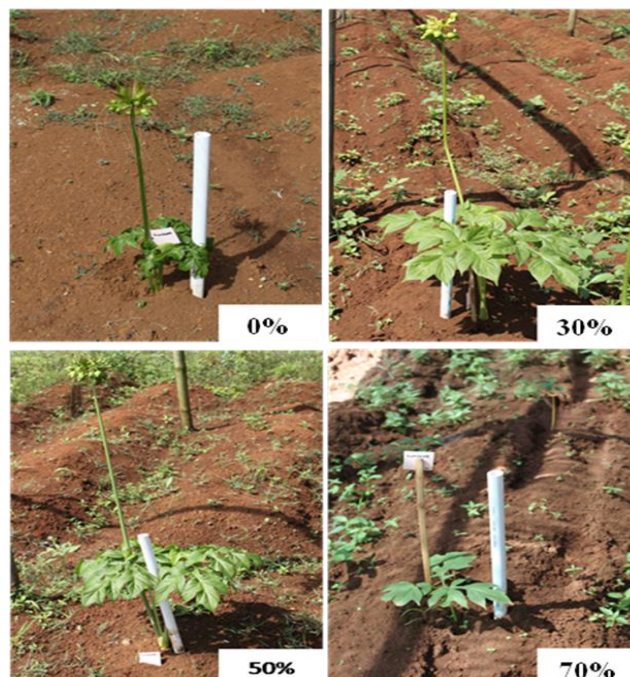
#### *Pertumbuhan tanaman*

Persentase jumlah umbi yang tumbuh pada berbagai tingkat naungan bervariasi antara 47,57% - 73,4%. Pada Gambar 1 terlihat bahwa pada kondisi tanpa naungan (intensitas cahaya 100%, pada lahan terbuka) menunjukkan persentase jumlah umbi yang tumbuh paling rendah. Hal ini karena tunas muda yang tumbuh pada lokasi terbuka bersifat labil pada kecepatan perluasan batang, ratio berat daun dan perpanjangan tangkai daun (Morgan & Smith, 1975 *dalam* Fitter & Hay, 1981). Semakin tinggi tingkat naungan (sampai 50%) maka persentase jumlah umbi yang tumbuh menjadi tanaman semakin besar (73,4%), dan sedikit menurun pada naungan 70%. Hasil ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan awal pada tanaman taka memerlukan intensitas naungan cukup tinggi yaitu sekitar 50-70% (Intensitas cahaya siang hari 4240 – 28 000 lux).



Gambar 1. Persentase jumlah umbi yang tumbuh pada berbagai tingkat naungan

Berdasarkan pengamatan di lapang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penampilan pertumbuhan yang mencolok pada tanaman taka akibat perlakuan tingkat naungan (Gambar 2).

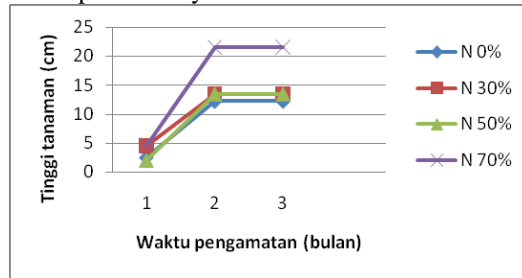


Gambar 2. Keragaan taka pada perlakuan intensitas naungan

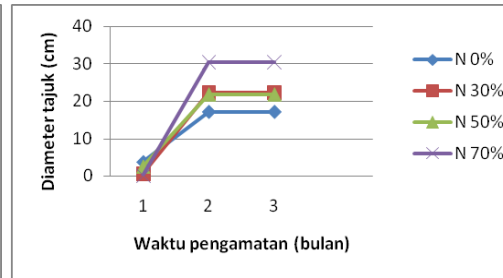
Kondisi tanaman taka pada lahan terbuka (intensitas cahaya 100%, tanpa naungan) memiliki pertumbuhan kurang optimal yang dicirikan dengan tanamannya pendek, daun menggulung, dan seringkali gagal membentuk bunga, sedangkan pada intensitas naungan yang tinggi (sampai 50%), ukuran tajuk semakin lebar, daun tidak menggulung, dan warna daun semakin gelap, juga persentase tumbuh semakin besar (Gambar 1 dan 2). Hal ini karena respons tanaman terhadap fotomorfogenetik yang dikendalikan oleh fitokrom. Fenomena ini terjadi juga pada tanaman garut (*Maranta arundinacea*) (Wawo & Sukamto, 2011).

Pertumbuhan vegetatif tanaman taka tampak pesat pada awal pertumbuhan sampai umur 2 bulan. Hasil pengukuran tinggi tanaman menunjukkan bahwa laju pertambahan tinggi tanaman paling cepat terjadi sampai umur 2 bulan dan selanjutnya mengalami pertumbuhan yang semakin berkurang bahkan secara umum terlihat stabil (Gambar 3). Begitu juga pada pertambahan ukuran diameter tajuk (Gambar 4) dan diameter batang (Gambar 5) setelah umur 3 bulan tidak mengalami pertumbuhan. Hal ini karena pada fase vegetative dalam umbi taka masih memiliki cadangan makanan yang cukup tinggi sehingga merangsang pertumbuhan. Fase vegetatif tanaman taka nampaknya sudah terhenti pada umur 2 bulan dan tanaman akan memasuki fase generatif. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Salisbury & Ross (1995) yang mengatakan bahwa apabila suatu tanaman sudah mencapai pertumbuhan yang optimal, maka akan terjadi pengurangan

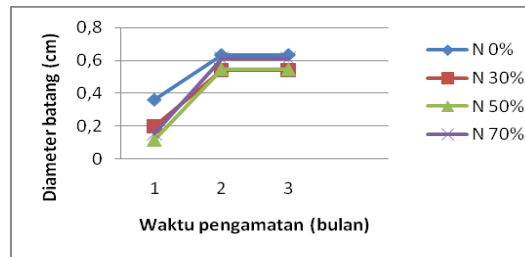
kecepatan pertumbuhannya, karena tanaman tersebut akan mempersiapkan diri untuk memasuki fase reproduktifnya.



Gambar 3. Pertumbuhan tinggi tanaman



Gambar 4. Pertumbuhan diameter tajuk



Gambar 5. Pertumbuhan diameter batang

Laju pertumbuhan tinggi tanaman dan diameter tajuk pada tingkat naungan 30% dan 50% tampak berimpit. Pada Tabel 2 terlihat bahwa tinggi tanaman dan diameter tajuk bertambah seiring dengan meningkatnya naungan. Ukuran tanaman paling tinggi (23,36 cm) dan diameter tajuk paling lebar (31,19cm) terdapat pada naungan 70%. Gardner, *et. al* (1985) menerangkan bahwa tanaman yang berada dalam naungan memiliki pemanjangan ruas sehingga menjadi lebih tinggi karena dalam naungan jumlah auxin bertambah sehingga dapat bekerja secara sinergis dengan GA untuk pertumbuhan tanaman, sedangkan pada lokasi terbuka, auxin mengalami kerusakan oleh cahaya sehingga menghambat pertumbuhan tinggi tanaman. Sedangkan ukuran diameter batang paling besar ( pada naungan 50% ). Secara alami, taka tumbuh di bawah naungan pohon yang lebih besar.

Tabel 2. Rataan tinggi tanaman, diameter tajuk dan diameter batang pada berbagai tingkat naungan

Tingkat naungan(%)	Tinggi tanaman (cm)	Diameter tajuk (cm)	Diameter batang(cm)
0	13.25	19.43	0.64
30	21.13	29.67	0.82
50	22.97	31.17	0.84
70	23.36	31.19	0.65

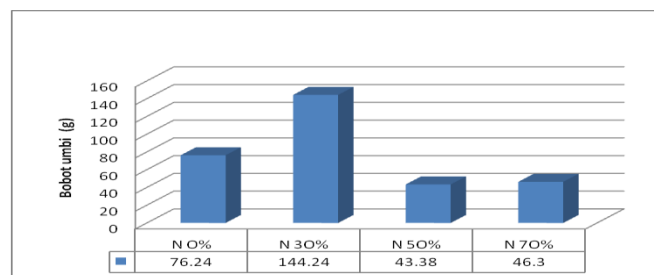
Pengamatan terhadap panjang tangkai bunga, jumlah bunga dan jumlah buah cukup bervariasi, disajikan pada Tabel 3. Pada tingkat naungan 30% menghasilkan ukuran tangkai bunga terpanjang (83cm), jumlah bunga terbanyak (24) dan jumlah buah terbanyak (14). Hasil ini mengindikasikan bahwa untuk pertumbuhan generatif tanaman taka memerlukan intensitas cahaya yang lebih tinggi yaitu dengan tingkat naungan 30%. Wawo *dkk* 2012 melaporkan bahwa panjang tangkai bunga taka dari masing-masing provenansi yang ditanam pada naungan 50% bervariasi yaitu berkisar antara 81 - 147,5 cm. Pada naungan berat (70%) tanaman taka paling sedikit menghasilkan bunga (6), buah (0,46) dan ukuran tangkai bunga paling pendek (18 cm) dibandingkan tingkat naungan lainnya (0,30 dan 50%). Hasil ini sesuai dengan laporan Wawo,dkk. 2011 bahwa tanaman taka yang tumbuh pada lokasi yang ternaung berat memiliki pertumbuhan yang terhambat dan jarang dijumpai tanaman yang berbunga.

Tabel 3. Rataan panjang tangkai bunga, jumlah bunga dan buah taka pada berbagai tingkat naungan

Tingkat naungan (%)	Panjang tangkai bunga (cm)	Jumlah bunga	Jumlah buah
0	43,67	14	2,5
30	83	24	14
50	69,25	23,67	9
70	18	6	0,46

### Produksi Umbi

Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot umbi sangat bervariasi. Pada tingkat naungan 30%, menghasilkan bobot umbi paling tinggi dibandingkan naungan lainnya (0, 50 dan 70%). Pada tingkat naungan yang lebih rapat yaitu 50% dan 70% tampak bobot umbi menurun. Hasil ini mengindikasikan bahwa mulai memasuki masa generatif (pembentukan bunga dan buah) sampai pertumbuhan dan pengisian umbi diperlukan intensitas cahaya yang lebih tinggi. Energi yang dikandung oleh radiasi matahari memegang peranan penting dalam proses fotosintesa karena itu produksi tanaman selalu dibatasi oleh ketersediaan radiasi matahari (Monteith, J.L. 1981). Sesuai dengan habitat taka di alam yang pada umumnya tumbuh di bawah naungan pohon besar, sehingga tumbuhan ini mampu tumbuh baik dan menghasilkan umbi maksimal pada naungan 30% dengan rata-rata intensitas cahaya berkisar 19800 – 37700 Lux. Umbi taka yang dihasilkan pada kondisi intensitas cahaya tinggi dan intensitas cahaya sedang, diperkirakan erat hubungannya dengan proses fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman tersebut (Anonim, 2010). Wawo *dkk* 2012 melaporkan bahwa pertumbuhan dan produksi umbi taka dipengaruhi oleh bobot umbi bibit dan provenansi. Penelitian pada tanaman umbi-umbian lain seperti pada ganyong dan garut dilaporkan bahwa ke dua tanaman tersebut mampu tumbuh dan berproduksi paling baik pada intensitas naungan 50% (Utami dan Diyono, 2011; Wawo dan Utami, 2012). Berbeda dengan tanaman kentang hitam yang memerlukan intensitas cahaya tinggi (tanpa naungan) untuk menghasilkan pertumbuhan dan produksi umbi yang tinggi (Lestari *dkk* 2011). Peneliti lain melaporkan bahwa pemberian intensitas cahaya yang berbeda mempengaruhi panjang umbi dan bobot umbi pada tanaman lobak. (Parman, 2010)



Gambar 6. Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot umbi taka

Dengan bobot umbi bibit yang relative seragam yakni antara 50 – 60 gr menghasilkan bobot umbi waktu panen yang bervariasi pada berbagai tingkat naungan. Hasil analisis terhadap nilai ratio output input dan indeks produksi umbi disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Analisis produksi umbi taka pada berbagai tingkat naungan

Parameter	Tingkat naungan (%)			
	0	30	50	70
Ratio Output / input ( $w_2/w_1 \times 100\%$ )	18,36 – 144,5	238,18 – 493,45	36,18 - 163,64	20,72-207,82
Indeks produksi umbi ( $w_2-w_1 / \text{umur panen}$ )	-1,97 – 1,02	3,19 – 9,02	-1,46 – 1,46	-1,82 – 2,47
umur panen (Minggu setelah tumbuh tunas)	24	24	24	24

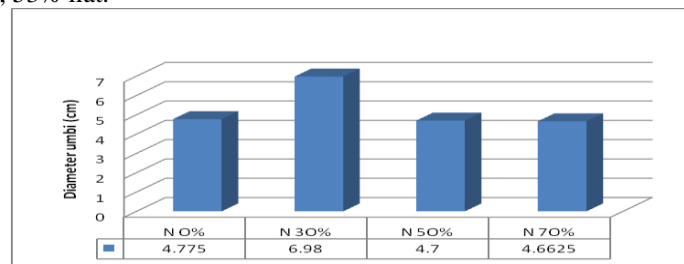
Keterangan : W2 = bobot umbi panen, W1= Bobot umbi (bibit) yang ditanam

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pada tingkat naungan 30% menghasilkan nilai ratio output per input yang paling tinggi yaitu berkisar 238,18% – 493,45% dan pada tingkat naungan lebih

rapat (50 % dan 70%) nilai ratio output input akan menurun, paling rendah pada kondisi tanpa naungan (matahari penuh). Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat naungan 30% dengan intensitas cahaya 19800 – 37700 lux, suhu 34<sup>0</sup>C - 36<sup>0</sup>C dan kelembaban 62% -71% (Tabel 1) adalah kondisi lingkungan yang paling baik untuk menghasilkan umbi taca. Wawo, *dkk* 2012 melaporkan bahwa ratio output dan input umbi taca dari berbagai provenansi yang ditanam pada naungan 50% berkisar antara 88,68 – 258,53%. Nilai ratio output/input > 100% menunjukkan bahwa umbi yang dihasilkan mempunyai berat total yang lebih tinggi dari umbi bibit yang ditanam (bahan propagasi). Sebaliknya jika nilai ratio output input < 100% berarti hasil umbi panen mempunyai berat lebih ringan dibandingkan umbi bibit.

Hasil analisis indeks produksi umbi terlihat sangat bervariasi (Tabel 4). Pada tingkat naungan 30% menghasilkan indeks produksi umbi paling tinggi (3,19 – 9,02) dibandingkan dengan tingkat naungan lainnya. Bahkan pada tingkat naungan 0%, 50% dan 70% memiliki indeks produksi yang negatif (-). Hal ini mengindikasikan bahwa beberapa tanaman menghasilkan umbi dengan bobot yang lebih ringan dari bobot umbi bibit yang ditanam.

Pengukuran terhadap diameter umbi taca menunjukkan hasil yang sama dengan bobot umbi. Pada Gambar 7 terlihat bahwa pada naungan 50% menghasilkan ukuran umbi dengan diameter paling besar (6,98 cm), disusul dengan naungan 30% dengan ukuran diameter 4,77 cm dan yang paling kecil adalah pada naungan 70%. Semakin besar diameter umbi maka akan semakin berat pula bobot umbi. Hal ini didukung dengan data bahwa rata-rata hasil umbi per tanaman adalah 1 buah. Selain intensitas cahaya, tekstur dan kandungan hara tanah tempat tumbuh dapat mempengaruhi pertumbuhan dan keberhasilan tanaman dalam menghasilkan umbi. Hasil analisis tanah di tempat percobaan diketahui bahwa tekstur tanahnya termasuk kategori lempung berliat dengan kandungan pasir 1%, debu 17% dan liat 82%. Setyowati *dkk* 2012 melaporkan bahwa di habitat alam di Sumenep taca tumbuh pada tanah berpasir tepi pantai dengan tekstur 15% pasir; 32% debu; 53% liat.



Gambar 7. Pengaruh tingkat naungan terhadap diameter umbi taca

Untuk mengetahui kandungan kimia pada umbi yang ditanam pada berbagai tingkat naungan, dilakukan analisa proksimat, hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisa kandungan kimia umbi taca pada berbagai tingkat naungan.

Tingkat naungan (%)	Kadar air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Serat kasar (%)	Karbohidrat (%)
0	6.13	2.08	0.77	7.13	1.01	82.88
30	5.47	2.05	0.30	5.80	0.78	85.60
50	6.37	2.22	0.43	6.40	0.83	83.75
70	6.12	1.75	0.59	7.14	0.41	83.99

Keterangan: Data dianalisa di Laboratorium PAU IPB

Kandungan karbohidrat bervariasi antara 82,88 % - 85,60%. Pada tingkat naungan 30% menghasilkan kandungan karbohidrat paling tinggi yaitu 85,60%. Cahaya diperlukan untuk berlangsungnya fotosintesa yaitu proses fisiologi yang menghasilkan senyawa kimia penting yang diperlukan untuk pertumbuhan (karbohidrat, protein, lemak) dan bahan organik lainnya (Salisbury dan Ross 1995). Naungan 30% dengan intensitas cahaya berkisar 19800 – 37700 Lux merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan taca. Hal ini disebabkan tanaman taca di alam tumbuh pada habitat yang ternaungi. Selain berpengaruh terhadap pembentukan umbi, fotoperiode juga mempengaruhi jumlah karbohidrat yang terbentuk selama fotosintesis (Noggle & Fritz, 1977; Leopold & Lam 1996). Pada periode terang, tanaman akan membentuk karbohidrat sebanyak-

banyaknya malalui proses fotosintesis; sedang pada periode gelap akan mempengaruhi jumlah atau total karbohidrat yang dipergunakan untuk respirasi atau pernafasan (Alessio *et al.*, 2008).

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada masa pertumbuhan awal (vegetative) tanaman taka yang berlangsung sampai umur 2 bulan memerlukan tingkat naungan yang rapat sekitar 70%. Selanjutnya setelah memasuki masa generatif dan produksi umbi memerlukan tingkat naungan yang lebih jarang sekitar 30%. Pada naungan 30% menghasilkan bobot umbi paling berat (144,24 g/tanaman), nilai ratio output dan input paling tinggi (238,18 – 493,45%), indeks produksi paling tinggi (3,19 – 9,02), diameter umbi paling besar (6,98 cm) dan kandungan karbohidrat paling tinggi (85,65%).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada tim eksplorasi yang telah memperoleh umbi taka sebagai bahan penelitian, R.H.Agung dan Budiarjo teknisi Fisiologi serta Sdri. Sri Rahayu SP. tenaga honorer yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alessio.P.O., Marina.B., Giovana..B., Jessica.R., r., Lori.M. 2008. Cytotoxic and Antioxidant Activity of 4-methyltio-3-butenyl isothiocyanate from *Raphanus sativus* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (3): 875-882
- Anonim.2010. Peranan Cahaya Matahari Terhadap kehidupan Tanaman. [Http://angga.blogspot.com/2010/03](http://angga.blogspot.com/2010/03)
- Anonim. Flowers by Botanical Names. <http://www.flowersofindia.net/catalog/slides/Fiji%20Arrowroot.html>. (diakses 13 Agustus 2013)
- Brennan, Jennifer (2000). *Tradewinds & Coconuts: A Reminiscence & Recipes from the Pacific Islands*. Periplus. [http://www.goodreads.com/book/show/2133293.Tradewinds\\_and\\_Coconuts](http://www.goodreads.com/book/show/2133293.Tradewinds_and_Coconuts)
- Djarwaningsih,T.,R.Yusuf, A.P. Keim, Z. Erniwati, Wardi dan Supriatna, 2003. Eksplorasi Flora, Serangga dan Studi Pendahuluan Ekologi Jenis Vegetasi di Taman Nasional Karimunjawa, Jawa Tengah. Laporan Perjalanan "Herbarium Bogoriense" Bidang Botani, Puslit Biologi-LIPI.
- Djarwaningsih, T., R. Yusuf, Erniwati, M. Amir dan Supritana. 2006. Eksplorasi Flora. Serangga dan Studi Vegetasi Hutan di Beberapa Pulau Kecil Kawasan Kepulauan Karimunjawa. Taman Nasional Karimunjawa-Jawa Tengah. Laporan Perjalanan Bidang Botani. Puslit Biologi – LIPI.
- Flach, M. & Rumawas, F. 2011. Flach, M. & Rumawas, F.. 2011. *Plants yielding non-seed carbohydrates* p.156-159. <http://www.proseanet.org/prohati3/browser.php?docid=496> (diakses 23 jan 2011)
- Fitter, A.H & Hay, R.K, 1981. *Environmental Physiology of Plants*. Diterjemahkan oleh Sri Andani, E.D. Purbayanti dan B.Srigandono (1992) dengan judul *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gajah Mada university Press.Yogyakarta. 421 hal.
- Gardner, F.P, Pearce, R.B & Mitchell, R.L, 1985. *Physiology of Crop Plants*. Diterjemahkan oleh Herawati Susilo (1991) dengan Judul. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press. 428 hal.
- Lestari, P., N.W. Utami dan A.H. Wawo. 2011. Pengujian Daya Adaptasi Beberapa Aksesori Kentang Hitam (*Solenostemon Rotundifolius* (Poi R.) J. K. Morton) Dan Turunan Hasil Radiasi Pada Berbagai Intensitas Cahaya. Makalah disampaikan pada Seminar KIPNAS XXX LIPI DI Jakarta tanggal 7-8 Nopember 2011
- Manek RV, *et al.* 2005. Physical, thermal, and sorption profile of starch obtained from *Tacca leontopetaloides*. *Starch*. 55-61
- Meena KL and Yadav BL,2010. *Tacca leontopetaloides* (Linn.) O. Kuntze (Taccaceae) – A new record to the flora of Rajasthan. *IJNPR Vol.1(4)* [December 2010] : 512-514
- Monteith,J.L. 1981. Does light limit crop production. Pp 23-28. In C.B. Johnson (Ed.).*Physiological Processes Limiting Plant Productivity*. Depart.Of Botany. Univ.of Reading-London.
- Setyowati, N. , Siti Susiarti dan Rugayah. 2012. Studi Fisiologi Pertumbuhan *Tacca Leontopetaloides* Di Sumenep Untuk Mendukung Program Kedaulatan Pangan Yang Berkelanjutan. Prosid. Simposium & Seminar Bersama 'Mendukung Kedaulatan Pangan dan Energi yang Berkelanjutan':53-59.
- Salisbury F. B. and C.W. Ross 1992. *Plant Physiology* vol 3. (terj.). Bandung Insitute Publ.
- Utami dan Diyono, 2011. Respon Pertumbuhan dan Produksi 4 Varian Ganyong (*Canna edulis*) Terhadap Intensitas Naungan dan Umur panen Yang Berbeda. *Jurnal Teknik Lingkungan* 12(3): 333 – 343
- Wawo,A.H, P. Lestari dan N.W. Utami 2011. Kajian Cara Propagasi Taka (*TaccaLeontopetaloides*) Dan Pola Pertumbuhannya. Makalah disampaikan pada Seminar KIPNAS XXX LIPI DI Jakarta tanggal 7-8 Nopember 2011
- Wawo A.H., Ina Erlinawati dan R.H. Agung. 2011. Laporan Perjalanan ke DIY. Kajian Populasi dan Fisiologi Pertumbuhan Taka dari DIY dan Pengumpulan Material Propagasi Untuk Penelitian

- Lanjutan Sebagai Sumber Karbohidrat Dalam Menunjang Ketahanan Pangan. 16 h. Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi LIPI, Cibinong. Unpublish.
- Wawo A.H dan N.W. Utami, 2012. Respon Pertumbuhan Dan Produksi Garut (*Maranta Arundinata*) Dari 3 Provenansi Terhadap Intensitas Naungan Dan Umur Panen Yang Berbeda. Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Biologi Indonesia.H: 405 – 407
- Wawo,A.H, N.W. Utami dan P. Lestari 2012. Studi Pertumbuhan dan Produksi 4 Provenansi Taka (*Tacca leontopetaloides*). Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Biodiversitas di Surakarta, tanggal 10 Nopember 2012
- Wawo, A, H & Sukanto, L,A, 2011. Kajian Cara Perbanyakan dan Pertumbuhan Garut (*Maranta arundinacea*, L) Pada Kondisi Ketersediaan Cahaya yang Berbeda. *Jurnal Rekayasa Lingkungan (JRL)*. Pusat Teknologi Lingkungan BPPT, Jakarta. Vol 7, N0 2, Hal 127 – 136.
- Parman,S. 2010. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Produksi Umbi Tanaman Lobak (*Raphanus Sativus* L) . *Buletin Anatomi dan Fisiologi* Vol. XVIII, No. 2, [http://eprints.undip.ac.id/34506/1/4.\\_Pengaruh\\_Intensitas\\_Cahaya\\_terhadap\\_Produksi\\_Tanaman\\_Lobak\\_\(Sardjana\\_P\).pdf](http://eprints.undip.ac.id/34506/1/4._Pengaruh_Intensitas_Cahaya_terhadap_Produksi_Tanaman_Lobak_(Sardjana_P).pdf) (diakses 31 -12-2012)



# Kebun Raya Sekolah, Pembelajaran Biodiversity Berbasis Konservasi Melani Kurnia Riswati dan Sugiarti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI*  
Email : *ugia@lycos.com*

Kekayaan biodiversity sebagai salah satu keunggulan komparatif Bangsa Indonesia perlu diperkenalkan sejak dini. Adaptasi dan mitigasi kerusakan lingkungan termasuk ancaman kepunahan species sebagai dampak pemanasan global kini gencar dilakukan di tatanan global, nasional maupun lokal. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI beserta 3 (tiga) Sekolah Dasar Negeri di Cisarua, Bogor bersama-sama mengembangkan kebun raya sekolah sebagai media pembelajaran untuk mendukung kurikulum sekolah. Cisarua Puncak merupakan salah satu daerah tangkapan air (*catchment area*) hulu Sungai Ciliwung yang sering menimbulkan banjir di Jakarta. Penanaman, upaya pemeliharaan serta pengamatan puluhan jenis tumbuhan Indonesia yang memiliki nilai konservasi yang dilakukan di 3 (tiga) kebun raya sekolah disampaikan dalam makalah ini. Pembangunan kebun raya sekolah bertujuan untuk memperbaiki lingkungan DAS, melestarikan jenis-jenis lokal yang bernilai konservasi sekaligus sebagai media pembelajaran pendidikan lingkungan hidup (PLH) dan mata pelajaran IPA bagi siswa sekolah dasar. Metode pembelajaran untuk mendukung kurikulum sekolah dikemas menarik dan interaktif disajikan lengkap di dalam makalah ini dan diharapkan bisa menjadi salah satu model pendidikan konservasi yang efektif bagi usia dini.

Kata kunci:: Pendidikan konservasi, Biodiversity, Kebun Raya Sekolah

## PENDAHULUAN

### *Biodiversitas dan Kebun Raya Indonesia*

Kekayaan biodiversitas atau keanekaragaman hayati Indonesia merupakan keunggulan komparatif jika kita dapat menggali manfaat serta menjaga kelestariannya. Di sisi lain, ancaman kerusakan alam serta kepunahan species terus menghantui sejalan dengan adanya perubahan iklim dan pemanasan global. Isu *biodiversity* telah lama dibicarakan di kalangan pembuat kebijakan nasional dan para pemerhati lingkungan. Pertemuan para pihak bidang keanekaragaman hayati COP X yang diselenggarakan di Jepang beberapa tahun lalu telah mencanangkan UN Decade 2011-2020 sebagai upaya dunia dalam mengkonservasi keanekaragaman hayati. Indonesia sebagai salah satu negara yang telah menandatangani CBD (Convention on Biological Diversity) juga berupaya mewujudkan hal ini dengan antara lain menyusun IBSAP (Indonesian Biodiversity Strategic and Action Plan).

Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor atau lebih dikenal dengan Kebun Raya Bogor (KRB) merupakan salah satu institusi riset di bawah naungan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia sudah hampir dua abad menjalankan perannya sebagai lembaga konservasi flora tertua di Indonesia. Selain sebagai tempat mengkonservasi flora Indonesia dari ancaman kepunahan, KRB juga berperan sebagai lembaga penelitian, tapak pendidikan lingkungan serta ekoturisme dan penyedia jasa lingkungan. Sejalan dengan Program Nasional Pengembangan Kebun Raya Indonesia, definisi sebuah kebun raya adalah kawasan konservasi tumbuhan secara *ex situ* yang memiliki koleksi tumbuhan terdokumentasi dan ditata berdasarkan pola klasifikasi taksonomi, bioregion, tematik, atau kombinasi dari pola-pola tersebut untuk tujuan konservasi, penelitian, pendidikan, wisata dan jasa lingkungan (Peraturan Presiden no.93 Tahun 2011). Sampai saat ini di Indonesia sudah dibangun dan dikembangkan 25 Kebun Raya yang dikelola oleh pemerintah pusat (LIPI) dan pemerintah daerah di berbagai daerah tingkat propinsi, kabupaten maupun kota.

Kebun Raya Bogor yang terletak di jantung kota Bogor memiliki koleksi tumbuhan tropis lengkap dengan sarana layanan pengunjung yang cukup representatif memungkinkan masyarakat khususnya siswa sekolah dan para guru untuk beraktivitas melakukan berbagai kegiatan pendidikan lingkungan, khususnya untuk misi konservasi. Pada prakteknya, kegiatan konservasi alam melibatkan faktor ekologi, fisik, sosial, ekonomi dan budaya masyarakat sebagai satu kesatuan. Selama ini masyarakat lokal dianggap tidak mempunyai rasa memiliki (*sense of belonging*), karena larangan terhadap lingkungan sekitar tanpa diberi alternatif pemecahan. Akibatnya hampir sebagian kawasan hutan tidak luput dari gangguan penduduk. Adalah kekeliruan besar bila upaya konservasi tidak melibatkan secara aktif penduduk lokal yang secara tidak langsung telah menjadi bagian yang terintegrasi dengan lingkungan. Oleh karena itu diperlukan pendekatan menyeluruh dan terpadu melalui pendidikan. Pendidikan lingkungan pada dasarnya merupakan sebuah upaya dalam mengubah tingkah laku manusia ke arah yang ramah

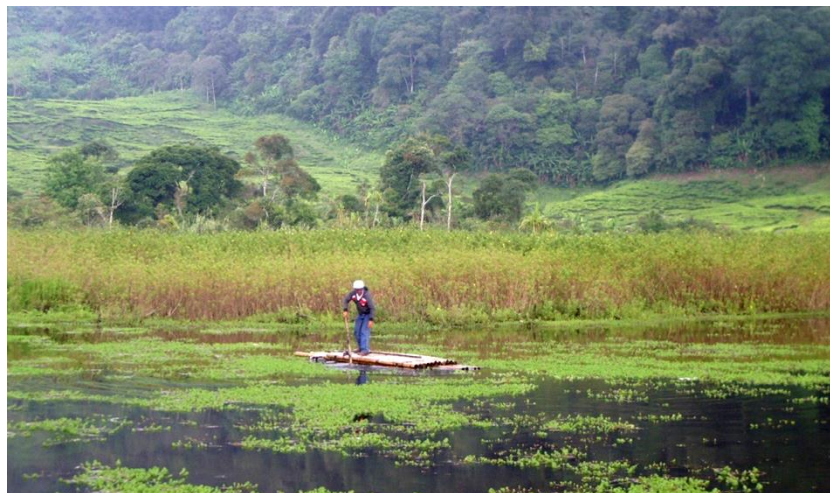
lingkungan. Melalui peningkatan kesadaran, pengetahuan dan pemahaman dalam memahami serta menghargai keterkaitan manusia, budaya dan lingkungan biofisiknya.

### ***Perbaikan lingkungan di DAS Ciliwung dan keterlibatan masyarakat***

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang membelah Kebun Raya dan kota Bogor yang kemudian bermuara di Ibu Kota Jakarta. Terjadinya kerusakan hutan dan alih fungsi lahan menyebabkan kerusakan hulu Sungai Ciliwung semakin meningkat. Agar aliran Sungai Ciliwung tetap terjaga kelestariannya, maka diperlukan perbaikan lingkungan daerah hulunya. Maka diperlukan kolaborasi untuk menunjang kegiatan melalui partisipasi masyarakat, sehingga konsepsi daerah hulu sungai sebagai salah satu sistem yang saling terkait antara aktifitas manusia dan air akan dapat terintegrasi secara harmonis. Penanaman pohon buah-buahan lokal merupakan salah satu alternatif untuk memperbaiki lingkungan hulu Sungai Ciliwung, sekaligus mengamankan sumber plasma nutfah dan secara ekonomi dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Melalui kegiatan rehabilitasi dan penyadaran pada anak-anak SD dan masyarakat diharapkan mampu meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan sejak dini.

Terdegradasinya hutan saat ini merupakan sebuah fenomena yang sangat terkait erat antara kondisi biofisik, sosial ekonomi dan budaya masyarakat, terutama menyangkut persepsi masyarakat tentang arti penting hutan dan lingkungan hidup di sekitarnya. Revitalisasi nilai-nilai terutama cara pandang masyarakat akan pentingnya kelestarian hutan terhadap perlindungan sistem penyangga, demi menunjang kelangsungan kehidupan perlu diarahkan sejak dini. Hal ini sebagai upaya dalam mendorong keberhasilan kegiatan konservasi terutama hutan, tanah dan air.

Berdasarkan perannya dalam satu area DAS, daerah hulu dan hilir berbeda. Bagian hulu berfungsi sebagai daerah konservasi air. Oleh karena itu keberadaan hutan menjadi sangat vital untuk penyangga dan *reserve* air, sedangkan pada daerah hilir merupakan daerah pemanfaatan air. Secara ekologi wilayah hulu berperan sebagai daerah tangkapan air. Secara administratif, bagian hulu DAS Ciliwung termasuk dalam 2 wilayah : Kabupaten Bogor meliputi: Kecamatan Megamendung, Cisarua dan Ciawi dan Kotamadya Bogor meliputi: Kecamatan Kota Bogor Timur dan Kota Bogor Selatan. Bagian hulu merupakan daerah pegunungan dengan elevasi 300-3.000 m dpl. Paling tidak pada bagian hulu terdapat 7 sub DAS yaitu: Cibogo, Ciesek, Cisarua, Cisukabirus, Ciseuseupan, Katulampa dan Tugu (Arifjaya, 2004).



DAS Ciliwung di Kecamatan Cisarua Kabupaten Bogor

Bagi Kebun Raya Bogor, keberadaan sungai Ciliwung memiliki arti yang sangat penting. Melalui Bendungan Katulampa, air sungai tersebut dimanfaatkan untuk menyiram tanaman koleksi Kebun Raya Bogor dan sangat terasa sekali manfaatnya terutama pada musim kemarau. Terjadinya kerusakan hutan dan alih fungsi lahan menyebabkan kerusakan hulu Sungai Ciliwung semakin meningkat. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan kegiatan penghijauan. Karena kebutuhan air untuk koleksi tanaman Kebun Raya Bogor sangat tergantung dari Sungai Ciliwung, maka Kebun Raya Bogor ingin lebih aktif membantu penghijauan di kawasan hulu Sungai Ciliwung melalui penyediaan bibit-bibit tanaman. Penghijauan sangat berkaitan erat dengan fungsi-fungsi secara hidrologis, terutama dalam mengatur tata air dan penyelamatan hutan serta

mengurangi aliran permukaan air. Penentuan jenis tanaman dalam upaya penyelamatan hutan dan tata air harus dapat mempertimbangkan faktor ekologi, diantaranya: ketinggian, iklim, adaptasi, dll. Secara ekonomi kegiatan penghijauan harus dapat memberikan nilai tambah bagi masyarakat. Oleh karena itu penyediaan bibit berdasarkan jenis-jenis terpilih seperti buah/jenis-jenis lokal yang berpotensi akan mengurangi resiko terhadap kegagalan terutama yang disebabkan oleh hama dan penyakit.

Keberhasilan kegiatan ini tidak terlepas dari adanya kerjasama dari berbagai pihak yang berkepentingan terhadap kawasan konservasi. Hal ini tidak akan terjadi manakala tidak ada kesamaan dan kesetaraan pandangan antar pelaku terhadap kawasan konservasi. Oleh karena itu membangun kemitraan merupakan hal penting dalam menunjang kegiatan pembinaan partisipasi masyarakat terutama untuk peningkatan kesejahteraan dan kesadaran masyarakat. Sehingga konsepsi daerah hulu sebagai salah satu sistem yang saling terkait antara aktifitas manusia dan air akan dapat terintegrasi secara harmonis. Bentuk nyata dari usaha penyadaran masyarakat adalah melalui pendidikan lingkungan. Pendidikan tersebut bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan kemampuan dalam mengadopsi cara hidup yang sesuai dengan penggunaan sumber daya alam lingkungan yang bijaksana. Kegiatan ini akan mengarah pada bentuk-bentuk kepedulian dan rasa tanggung jawab terhadap lingkungan melalui pengembangan etika lingkungan dan motivasi serta keterampilan untuk berpartisipasi dalam peningkatan kualitas lingkungan. Diharapkan dalam kegiatan pendidikan lingkungan ini dapat menjadi wadah untuk memfasilitasi sikap peduli, menghargai dan mencintai alam dan lingkungan hidup di sekitarnya.

### ***Tujuan dan Sasaran***

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan potensi tanaman buah-buahan lokal dan membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan mengupayakan sistem penyediaan bibit yang memadai serta pemasyarakatan teknologi budidaya yang tepat guna. Selain itu memberikan pemahaman secara umum tentang lingkungan, khususnya pada siswa-siswi tingkat SD untuk meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan sejak dini.

Sasaran dari kegiatan ini adalah terjaganya kelestarian kawasan daerah tangkapan air dengan mengoptimalkan peran serta masyarakat terutama sekolah, sehingga terwujud kesadaran dan kepedulian dalam upaya-upaya konservasi sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya.

### ***Pendekatan dan Metode***

Program ini dirancang dengan kesadaran akan pentingnya pendidikan konservasi bagi masyarakat sekitar daerah tangkapan air. Pendekatan yang dilakukan berupa pendekatan pola fikir dengan membangkitkan rasa melalui logika. Siswa di ajak untuk dapat mengkaitkan hubungan sebab akibat sehingga muncul kesadaran kritis. Diharapkan melalui pendekatan ini akan terbentuk sikap dan peningkatan kemampuan serta pengalaman. Dalam pelaksanaan kegiatan unsur-unsur yang digali meliputi :

1. Partisipasi aktif, dalam kegiatan siswa-siswi di dorong untuk berfikir kritis dalam menjawab permasalahan-permasalahan lingkungan yang terjadi saat ini. Selain itu siswa di ajak untuk melakukan kegiatan seperti praktek perbanyakan tanaman, teknik pengepotan ulang dan teknik menanam pohon. Diharapkan mereka dapat memiliki kepekaan sejak dini akan kondisi lingkungan serta keterampilan dari apa yang mereka lihat dan lakukan.
2. Presentasi dan diskusi, berupa pengenalan lingkungan hidup secara umum dan perkebunayaan. Hal ini bertujuan memperluas pengalaman dan penggalian pengetahuan siswa.
3. Refleksi, merupakan renungan dari kegiatan yang telah berlangsung sebagai kunci yang menjadi bagian dari proses pemahaman dan pengetahuan.
4. Permainan (*ice breaking*), membangun suasana yang menyenangkan berupa kegiatan permainan alam sehingga tercipta suasana yang cair antara fasilitator dengan siswa.

Metode yang digunakan dalam menumbuhkan kesadaran berupa *quatum learning* yaitu proses belajar dengan suasana (konteks) cara penyampaian yang mendukung pemercepatan belajar. Konteks disini meliputi : membangun suasana yang memberdayakan dengan mengajak anak-anak untuk turut berperan aktif selama proses belajar berlangsung. Penyampaian isi materi disesuaikan dengan kurikulum sekolah yang memang menjadi kebutuhan pembelajaran, sehingga menambah keterampilan-keterampilan untuk belajar dan *life skill* (kecakapan hidup).

Materi dalam kegiatan pendidikan konservasi dan pembuatan kebun sekolah berupa pengenalan lingkungan secara global, materi tentang perkebunayaan dan teknik perbanyakan tanaman, pengenalan tanaman buah-buahan lokal, praktek perbanyakan tanaman secara vegetatif

buatan meliputi stek, mencangkok dan menyambung. Selain itu juga diberikan pengetahuan tentang teknik penanganan anakan pohon dari kompotan dan teknik menanam pohon yang baik. Akhir dari kegiatan dilakukan permainan alam dan penanaman bersama terutama tanaman buah-buahan. Aktifitas selanjutnya, siswa-siswi diberikan tugas untuk merawat tanamannya. Sekolah berinisiatif untuk memberikan tanggung jawab pada masing-masing siswa yang terlibat dengan merawat satu pohon satu anak. Mereka juga dilibatkan dengan kegiatan harian untuk mengamati dan memantau perkembangan pohon yang ditanam. Nantinya kegiatan ini akan terus estafet kepada adik-adik kelas mereka.



Siswa terlibat aktif dalam penanaman dan pengamatan pertumbuhan setiap pohon. Aktivitas siswa dinilai dan dilombakan untuk mengevaluasi tingkat pemahaman siswa

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Profil sekolah*

**SDN Cikoneng** terletak di kampung Cikoneng Desa Tugu Utara. Termasuk dalam kawasan *cachment area* DAS Ciliwung yang berada dalam wilayah perkebunan teh Ciliwung yang bersebelahan dengan kawasan Taman Wisata alam(TWA) dan Cagar Alam (CA) Telaga Warna. Memiliki lahan yang cukup luas  $\pm 3.000$  ha. Namun selama ini hanya berupa lahan tidak tergarap. Tidak jauh dari sekolah  $\pm 2.5$  km terdapat (TWA) dan CA yang merupakan *reservoir* air bagi daerah di sekelilingnya. Selain Telaga Warna terdapat pula sumber air berupa telaga Saat dan telaga Gayonggong yang sejak lama telah menjadi sumber air bagi penduduk disekitarnya. Seperti yang dituturkan oleh Rudi MS seorang tokoh masyarakat Desa Cikoneng yang juga seorang guru di SDN Cikoneng, rusaknya kawasan hutan disekitar telaga telah berimbas pada berkurangnya pasokan air, bahkan saat ini keberadaannya terancam dengan wacana akan diadakannya area tersebut menjadi tempat wisata air (press com, 2009). Padahal seperti yang dilaporkan Kompas, kawasan yang terletak pada ketinggian 1.400-1.884 m dpl tersebut telah menjadi sumber mata air yang mengalir 11 anak sungai yang bermuara pada Ciliwung (Kompas, 19 Januari 2009).

**SDSN Gunung Mas** terletak dalam kompleks PTPN VIII perkebunan teh Gunung Mas. Memiliki lahan 1.500 Ha. Selama ini lahan tidak tergarap . Namun sekolah telah berupaya untuk memanfaatkan sebagian lahan dengan menanam tanaman obat-obatan.

**SDN Kopo 3** terletak di dalam wilayah kampung Cijulang Desa Kopo, yang cukup padat penduduk namun sangat dekat dengan anak sungai Ciliwung. Memiliki lahan yang juga cukup luas yaitu 3.400 m<sup>2</sup>. Selama ini lahan tersebut akhirnya oleh pihak sekolah dimanfaatkan untuk budidaya sayuran dan tanaman perkebunan.



SDN Cikongeng dan SDN Kopo 3 sebelum lahan mereka ditanami bibit buah-buahan.

#### ***Peran masyarakat dalam upaya konservasi tanaman buah-buahan***

Fakta telah menunjukkan pelajaran bahwa dalam pengelolaan hutan tidak akan pernah lepas dari peran serta masyarakat. Mereka memiliki potensi dalam memanfaatkan sumberdaya alam hutan secara lestari. Bahkan di beberapa daerah di Indonesia memiliki kearifan lokal yang terbukti meningkatkan partisipasi secara proaktif dalam menjaga kelestarian alam dan lingkungannya. Bila ditelusuri, peran masyarakat terhadap pelestarian hutan bermuara pada kepentingan bersama dan berkelanjutan bagi kehidupan. Dalam konteks pengelolaan sumber daya alam, salah satu strategi penting yang saat ini kerap dilakukan adalah pengelolaan berbasis masyarakat (*Community Based Management*), yang pada hakekatnya pengelolaan tersebut didasarkan pada pandangan bahwa kawasan konservasi tetap lestari dan masyarakat terpenuhi kesejahteraannya.

Berbagai pihak terutama pemerintah sangat berkepentingan terhadap kelestarian kawasan konservasi sebagai sistem penyangga kehidupan guna terpeliharanya proses ekologis. Namun di sisi lain pemanfaatan hutan untuk memfasilitasi kebutuhan ekonomi, telah menggeser aspek ekologi karena secara sosial dan budaya masyarakatpun memiliki kepentingan terutama dalam memenuhi kebutuhan hidupnya secara wajar. Kenyataan saat ini eksploitasi sumberdaya alam masih mengedepankan sisi profit, aspek lingkungan pada akhirnya malah terpinggirkan. Adanya desakan kebutuhan, telah mendorong masyarakat untuk memanfaatkan hutan tanpa izin, dan kenyataannya eksploitasi sumberdaya hutan yang bernilai ekonomi sudah berlangsung sejak lama.

Imbas dari kegiatan yang tidak disertai dengan usaha penanaman kembali mengakibatkan kawasan hutan terus menerus mengalami degradasi baik kualitas maupun kuantitasnya. Sehingga banyak kawasan konservasi yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Menyadari akan hal itu, seharusnya dapat meningkatkan kesadaran bahwa membangun bukan berarti harus merusak alam.



Rangkaian diskusi dengan pihak Dinas Pendidikan dan kepala sekolah di Kec.Cisarua

Kegiatan konservasi air memiliki keterkaitan erat dengan keberadaan hutan. Karena pada akhirnya kegiatan tersebut bermuara pada keberlangsungan kehidupan tumbuhan di dalam hutan. Flora khususnya tanaman buah-buahan mengandung manfaat bagi hidup dan kehidupan manusia. Manfaat ini dirasakan baik oleh masyarakat lokal maupun masyarakat dunia, masyarakat pedesaan maupun perkotaan. Oleh karena itu pelestariannya menjadi sangat penting, baik ditinjau dari sudut kemanfaatan ekonomi, kemanfaatan sosial maupun manfaat dalam jangka panjang (Dedy Darnaedi dkk, 1999). Secara nyata tanaman buah-buahan telah memberikan sumbangan dalam penyediaan pangan yang penting untuk sumber vitamin, mineral, protein dan energi. Selain itu pohon buah juga bermanfaat untuk melindungi lingkungan, menjaga iklim mikro, peneduh, mencegah erosi, menyimpan air dan hara, bahan kosmetik dan bahan obat tradisional (Veirheij and Coronel, 1992). Meskipun bermanfaat, ironisnya pengetahuan kita mengenai sumber daya hayati khususnya tanaman buah masih sangat terbatas. Kita belum dapat mengetahui dan menguasai secara tuntas potensi, keanekaragaman, penyebaran, manfaat, teknik-teknik pemanenan yang baik, teknik-teknik pengolahan serta teknik pengembangannya. Apalagi pemanfaatan tanaman buah-buahan yang selama ini dilakukan di Indonesia umumnya masih didasarkan atas perhitungan-perhitungan ekonomi. Serta masih kurang perhatiannya terhadap kepentingan kelestarian ekologi dan lingkungan maupun sosial. Hanya buah-buahan yang bernilai ekonomi tinggi saja yang dibudidayakan dan dimanfaatkan, sedangkan buah-buahan lokal ( buni, gandaria, rukam, gowok, lobi-lobi, bisbul dan lain-lain) yang relatif rendah nilai ekonominya mulai tergeser dan nyaris tidak diperhatikan. Akibatnya penurunan kualitas dan kuantitasnya terus berlanjut.

Peran tanaman buah-buahan sebagai penyangga lingkungan akan lebih terasa manfaatnya bila ditanam di daerah hulu sungai, misalnya hulu Sungai Ciliwung. Napitupulu *dalam* Ekspedisi Ciliwung Kompas (2009) menyatakan bahwa saat ini tingkat kerusakan DAS semakin meningkat. Penyebab utamanya adalah alih fungsi kawasan, kerusakan hutan dan pertambangan. Kondisi ini menyebabkan sulitnya memperoleh air pada saat musim kemarau dan banjir di musim penghujan.

#### ***Implementasi Program Pendidikan Konservasi Melalui Pembuatan Kebun Sekolah***

Permasalahan-permasalahan lingkungan akan terus berkembang mengiringi pembangunan. Berbagai benturan kepentingan kerap kali muncul. Keprihatinan terhadap potret lingkungan hidup Indonesia, tentunya harus sejalan dengan upaya dalam mendukung kelestarian lingkungan dan konservasi dengan fokus pada upaya-upaya strategis dan jangka panjang melalui pendidikan lingkungan. Lembaga formal dalam hal ini sekolah sangat strategis dalam pencapaian upaya tersebut, karena masa depan lingkungan berada pada tangan mereka. Oleh karena itu, menanamkan

kesadaran sejak dini sangatlah penting. Konsep pendidikan lingkungan sebenarnya merupakan sebuah proses dalam mengenal kembali nilai-nilai untuk mengembangkan keterampilan dan sikap dalam memahami serta menghargai hubungan manusia, budaya serta lingkungan fisik biologisnya. Kegiatan yang telah dilakukan dititikberatkan pada upaya meningkatkan peran serta sekolah dan masyarakat di sekitar daerah hulu sungai Ciliwung. Sekolah dipilih sebagai *target group* agar lebih mudah memotivasi akan pola sikap dan berfikir dalam meningkatkan kesadaran terhadap lingkungan sejak dini secara keseluruhan dan dasar mengenai lingkungan yang terkait didalamnya. Selain itu mempersiapkan kelompok sosial menuju penyelesaian permasalahan lingkungan. Rangkaian program diawali dengan membangun kesepahaman dengan Dinas Pendidikan kabupaten Bogor, diskusi dengan pihak Unit Pelaksana Teknis Kurikulum (UPTK) XXV Kecamatan Cisarua serta sosialisasi dengan seluruh Kepala sekolah SD baik negeri maupun swasta sekecamatan Cisarua. Diharapkan dengan sosialisasi dan koordinasi, program yang terkait dengan konservasi dapat diintegrasikan dalam kegiatan belajar di sekolah.

Sebagai *pilot project* hanya difokuskan pada 3 SD. Ketiga sekolah tersebut yaitu SDSN Gunung Mas, SDN Cikoneng dan SDN Kopo 3. Pemilihan sekolah didasarkan pada pertimbangan kekuatan lokal berupa luasan lahan yang dimiliki sekolah dan komitmen warga sekolah dalam mendukung program. Adapun bibit yang di tanam di tiap sekolah didasarkan pada pengelompokan famili dengan mengadopsi kondisi lingkungan habitat, ketinggian tempat dan ciri khas sekolah.

#### Daftar jenis tanaman yang ditanam di sekolah

No.	Spesies	Nama lokal	Famili	Keterangan
1.	<i>Antidesma bunius</i> (L.) Spreng	Buni	Euphorbiaceae	SD Gunung Mas
2.	<i>Baccaurea dulcis</i> Mull. Arg.	Menteng	Euphorbiaceae	SD kopo 3
3.	<i>Bouea macrophylla</i> Griff.	Gandaria	Anacardiaceae	SD Cikoneng, SD Kopo 3, SD Gunung Mas
4.	<i>Diospyros blancoi</i> A. DC	Bisbul	Ebenaceae	SD Kopo 3
5.	<i>Garcinia dulcis</i> Kurz	Mundu	Clusiaceae	SD Kopo 3, SD Gunung Mas
6.	<i>Pouteria duclitan</i> (Blanco) Baehni	Campoleh	Sapotaceae	SD Kopo 3
7.	<i>Sandoricum koetjape</i> (Burm. F.) Merr	Kecapi	Meliaceae	SD Kopo 3
8.	<i>Steleocarpus burahol</i> (Blume) Hook. f. & Thomson	Burahol	Annonaceae	SD Gunung Mas, SD Cikoneng
9.	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamblang	Myrtaceae	SD Cikoneng, SD Gunung Mas
10.	<i>Syzygium polyanthum</i> (Wight) Walp	Salam	Myrtaceae	SD Cikoneng
11.	<i>Syzygium polycephalum</i> (Miq.) Merr. & L.M. Perry	Kupa	Myrtaceae	SD Cikoneng, SD Gunung Mas
12.	<i>Syzygium samarangense</i> (Blume) Merr. & L.M. Perry	Jambu semarang	Myrtaceae	SD Kopo 3

#### *Mensinergikan Peran Kebun Raya dengan Masyarakat*

Sudah sejak lama manusia yang berada di daerah aliran sungai Ciliwung menggantungkan kehidupannya. Mulai dari pemenuhan kebutuhan sehari-hari seperti MCK, irigasi, perikanan, dll. Tak pelak tekanan-tekanan yang terjadi seperti masalah sampah, sedimentasi yang masuk ke badan sungai telah pula membebani sungai sehingga fungsinya berubah menjadi petaka. Berubahnya sebagian morfologi kawasan dari semula berupa hutan menjadi kawasan perkebunan, pemukiman bahkan wisata sedikit banyak telah merubah kemampuan vegetasi dan lahan dalam *reserve* air. Salah satu hal penting dalam menentukan keberhasilan kegiatan konservasi adalah adanya upaya bersama yang sinergis antara *stakeholders* terkait dengan masyarakat. Membangun kesadaran kritis yang positif dalam memandang hutan akan menumbuhkan perilaku yang mengarah pada tanggung jawab untuk turut bersama-sama melakukan aksi nyata terhadap kelestarian hutan.

Sesuai dengan kompetensi Kebun Raya sebagai Pusat Konservasi Tumbuhan dan pilar utama penyelamatan flora, seperti tertuang dalam Renstra 2005-2009 salah satunya adalah pengembangan pendidikan lingkungan. Oleh karena itu lembaga harus dapat berperan dalam mengakomodir kebutuhan masyarakat terutama membangun kepekaan sejak dini dan penyebarluasan informasi tentang manfaat hutan bagi kelangsungan hidup masyarakat di

sekitarnya, menyangkut juga teknologi tepat guna dalam teknik budidaya tanaman terutama tanaman-tanaman yang bernilai ekonomis. Melalui upaya penyadaran dan peningkatan pengetahuan diharapkan masyarakat memiliki pola pikir yang baik tentang hutan dan manfaatnya. Dukungan tidak saja terhadap pemenuhan bibit namun upaya dampingan terus dilakukan.



#### KESIMPULAN

1. Upaya pelestarian sejatinya membawa manfaat bagi masyarakat . Namun tingginya intensitas pembangunan dan alih fungsi lahan hutan baik untuk pembangunan maupun peningkatan ekonomi melalui eksploitasi sumber daya hutan telah berimplikasi pada daya dukung lingkungan. Semakin berkembangnya dinamika kehidupan masyarakat sedikit banyak telah berimbas pada kegiatan pengelolaan sumberdaya air, terutama menyangkut ketersediaan air.
2. Degradasi kondisi hulu DAS akan terus terjadi manakala upaya konservasi hanya berfokus pada aspek pendayagunaan saja dan dampak kerusakan semakin parah, terutama ketersediaan sumber-sumber air dan penurunan kualitasnya.
3. Masih lemahnya pemahaman masyarakat akan kesadaran dan pentingnya lingkungan, menuntut untuk terus secara kontinyu melibatkan mereka sebagai subyek dalam upaya-upaya yang mengarah kepada kegiatan konservasi. Pemberian stimulan berupa bibit pohon dalam upaya peningkatan ekonomi masyarakat akan berdampak positif terhadap akses sumberdaya alam dalam menunjang kehidupan ekonomi masyarakat dan menggeser perhatian masyarakat dari kebergantungan terhadap hutan.
4. Diharapkan dengan melibatkan kelompok sasaran anak-anak sejak dini dan masyarakat secara luas akan muncul kesepahaman dalam upaya perlindungan dan pelestarian alam. Sehingga kesadaran bersama akan tumbuh dan menjadi sebuah kekuatan dalam upaya mengatasi permasalahan lingkungan dan tujuan pembangunan berkelanjutan benar-benar dapat diimplementasikan tak sebatas slogan belaka, semoga.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifjaya Nana M, Lilik B. Prasetyo. 2004. Dampak perubahan lahan terhadap perubahan aliran permukaan di setiap kecamatan di DAS Ciliwung. *dalam*. Maryanto, Ibnu, Rosichon Ubaidillah (eds.) Manajemen Bioregional Jabodetabek : Profil dan Pengelolaan Sungai dan Aliran Air. Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- Napitupulu, Esther lince, 2009. *Benteng terakhir Pertahanan Ciliwung* . Kompas, 19 Januari 2009
- Sari, Rismita, dkk. 2005. *Rencana Strategis PKT-KRB 2005 - 2009*. Pusat Konservasi tumbuhan – Kebun Raya Bogor
- Veirheij, E.W.M. and R. E. Coronel (eds.) 1992. *In*. Plant Resources of South-East Asia 2. Edible Fruits and Nuts. PROSEA. Pudoc. Wageningen.



# Pengembangan Perkuliahan Anatomi Tumbuhan Berbasis Web untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Mikroskopis Calon Guru Biologi

**Romy Faisal Mustofa**

*Universitas Siliwangi Tasikmalaya  
Email : syahla.aini@gmail.com*

Penelitian ini bertujuan untuk (1) meningkatkan kemampuan representasi mikroskopis jaringan tumbuhan mahasiswa calon guru Biologi; (2) mengembangkan model praktikum berbasis WEB dan dapat meningkatkan ketrampilan representasi mikroskopis pada jaringan tumbuhan; dan (3) mengembangkan model virtual laboratorium berbasis WEB, tentang struktur jaringan tumbuhan yang dapat dipahami oleh mahasiswa calon guru. Waktu pelaksanaan program direncanakan berlangsung 12 bulan, mulai dari persiapan, pelaksanaan penelitian, evaluasi dan pengembangan model, hingga pelaporan. Subyek dalam penelitian ini adalah mahasiswa calon guru biologi di Pogram Studi Pendidikan Biologi yang mengambil matakuliah Anatomi tumbuhan. Populasi penelitian berjumlah 247 mahasiswa. Terbagi dalam 2 bagian yaitu kelompok pembelajaran aktif menggunakan WEB dan tidak aktif menggunakan WEB. Sampel diambil dengan menggunakan teknik random sampling dan untuk setiap kelompok diambil masing-masing 5 mahasiswa dari masing-masing anggota populasi. Jenis penelitian yang digunakan adalah R and D (*Research and Development*). Disain penelitian ini terdiri atas 4 tahap yaitu : 1. Persiapan 2. tahap rancangan dan pengembangan. 3. tahap uji coba dan 4. Perbaikan, Pengembangan model belajar anatomi tumbuhan berbasis *active learning* dan modell pembelajaran dirancang dalam 2 macam, yaitu aktif menggunakan WEB (AW) dan tidak aktif menggunakan WEB (TW). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data bahwa Hasil *test of logical thinking*, menunjukkan kemampuan penalaran yang dimiliki seseorang. Kemampuan penalaran mahasiswa yang aktif menggunakan WEB memiliki hasil pretes dan postes test lebih baik daripada kelompok mahasiswa yang tidak memanfaatkan WEB dan terdapat perbedaan dilihat dari rata-rata hasil belajar antara kelas yang belajar berbasis web dan non web. Pada kelas yang diberi perlakuan memperoleh rata-rata hasil belajar yang lebih besar dibandingkan dengan kelas yang tanpa perlakuan dalam proses belajarnya. Hasil penelitian disimpulkan (1) ada perbedaan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah anatomi tumbuhan yang berbasis web; (2) ada peningkatan nilai *test of logical thinking* antara 2 kelompok perlakuan; (3) ada peningkatan kemampuan penalaran antara 2 kelompok perlakuan; dan (3) ada peningkatan kemampuan representasi mikroskopis mahasiswa melalui pembelajaran berbasis web melalui penggunaan dan pengembangan model virtual laboratorium

Kata Kunci : Web, Anatomi Tumbuhan, Representasi Mikroskopik

## PENDAHULUAN

Biologi yang materinya berkaitan dengan makhluk hidup dan proses kehidupan akan mudah dipahami apabila melibatkan imajinasi. Imajinasi adalah daya untuk membentuk gambaran atau imaji (citra) atau konsep-konsep mental dalam proses membentuk gambaran tertentu. Imajinasi merupakan struktur intensional yaitu hubungan imajinatif antara tindakan berimajinasi dengan subyek yang diimajinasikan atau imaji (image) (Djoyosuroto, 2007).

Umumnya gambar biologi hanya dapat mengungkapkan struktur tapi tidak mengungkapkan fungsi, gambar biologi adalah gambar cantik tetapi tidak mengungkapkan *quantivable*. Sebaliknya Campbell, Reece, dan Mitchell (2005) menyatakan bahwa struktur dan fungsi saling terkait pada sistem organisasi biologi. Dengan menganalisis sistem biologis, dapat diketahui struktur dan cara kerjanya, khususnya Anatomi Tumbuhan diperlukan tidak hanya bagi seseorang atau kelompok orang sains saja, tetapi juga diperlukan oleh masyarakat pada umumnya untuk dapat memanfaatkan tumbuhan bagi kehidupannya

Dalam memahami struktur jaringan tumbuhan ini diperlukan kemampuan representasi mikroskopis. Kemampuan menggambarkan dan memahami struktur jaringan tumbuhan tersebut diperoleh dari pelajaran melalui perkuliahan dan kegiatan praktikum di laboratorium. Pada kenyataannya kegiatan praktikum saat ini tidak efektif dan tidak efisien, karena pada umumnya praktikum dianggap hanya sebagai pelengkap saja, misalnya fasilitas peralatan laboratorium kurang memadai dibanding dengan jumlah mahasiswa. Keadaan ini menjadikan kegiatan praktikum kurang optimal, lebih banyak menyita waktu mahasiswa. Selama ini dalam mempelajari jaringan tumbuhan, pada umumnya hanya terbatas untuk membedakan struktur jaringan antara satu kelompok sel tumbuhan dengankelompok sel tumbuhan yang lain. Hal ini juga dapat menimbulkan kejenuhan bagi mahasiswa.

Belajar struktur dan fungsi jaringan tumbuhan berbasis WEB dapat memberikan solusi bagi perkuliahan yang memiliki jumlah mahasiswa cukup banyak. Sehingga mahasiswa dapat

mempelajari sendiri sesuai waktu yang mereka butuhkan. Mahasiswa juga dapat berkomunikasi dengan dosen untuk materi yang belum mereka mengerti dan mahasiswa dapat mencari materi pembandingan dalam WEB. Rosenberg, H., (2006) menyatakan bahwa mahasiswa mampu belajar sendiri dengan menggunakan EHT (*Electronic Histology Tutorial*) yang mana di dalamnya menggunakan *virtual laboratorium*. Menurut Bloodgood, R.A. and Robert W. Ogilvie (2006) dari hasil penelitiannya di 89 sekolah kesehatan di US, ada kecenderungan bahwa sekolah-sekolah akan menggunakan teknologi komputer dalam mempelajari histologi meskipun metoda tradisional tidak ditinggalkan.

Akan tetapi masih terdapat beberapa hasil penelitian yang kurang memuaskan, seperti Gibbons, NJ., et al., 2004 menyatakan bahwa virtual mikroskopi mengurangi ketrampilan mahasiswa menggunakan mikroskop dan Rosenberg, H., (2006) yang telah merancang EHT (*Electronic Histology Tutorial*) agar mahasiswa belajar sendiri, tapi pada kenyataannya banyak mahasiswa yang enggan belajar sendiri.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa kurang aktif dalam perkuliahan dengan menggunakan WEB, daya simpan yang terbatas pada WEB dan mahasiswa perlu pembiasaan. Sehingga hasilnya kurang baik. Meskipun mahasiswa telah belajar menggunakan WEB bukan berarti meninggalkan kegiatan laboratorium, kegiatan laboratorium biasanya mahasiswa melakukannya dengan metoda resep dan dilengkapi dengan menggunakan WEB, diharapkan mahasiswa dapat merancang praktikum sendiri. Dengan demikian diharapkan dapat meningkatkan kemampuan representasi mikroskopis mahasiswa calon guru berbasis WEB.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan bukti bahwa strategi belajar dengan belajar berbasis WEB dapat mengoptimalkan kemampuan representasi mikroskopis jaringan tumbuhan. Tujuan tersebut dapat diuraikan menjadi beberapa bagian, sebagai berikut :

1. Meningkatkan kemampuan representasi mikroskopis jaringan tumbuhan mahasiswa calon guru Biologi,
2. Mengembangkan model praktikum berbasis WEB dan dapat meningkatkan ketrampilan representasi mikroskopis pada jaringan tumbuhan
3. Mengembangkan model virtual laboratorium berbasis WEB, tentang struktural jaringan tumbuhan yang dapat dipahami oleh mahasiswa calon guru .

Implikasi dari penelitian ini adalah Belajar berbasis WEB dengan model virtual laboratorium ini dapat membantu meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengidentifikasi struktur jaringan tumbuhan pada preparat, karena mahasiswa telah memiliki gambaran struktur jaringan sebelum melakukan pengamatan di laboratorium. Belajar berbasis WEB dengan model virtual laboratorium juga dapat mengatasi keterbatasan waktu kerja di laboratorium, mengingat jumlah mahasiswa yang cukup banyak dan fasilitas laboratorium yang sangat terbatas.

### **METODE PENELITIAN**

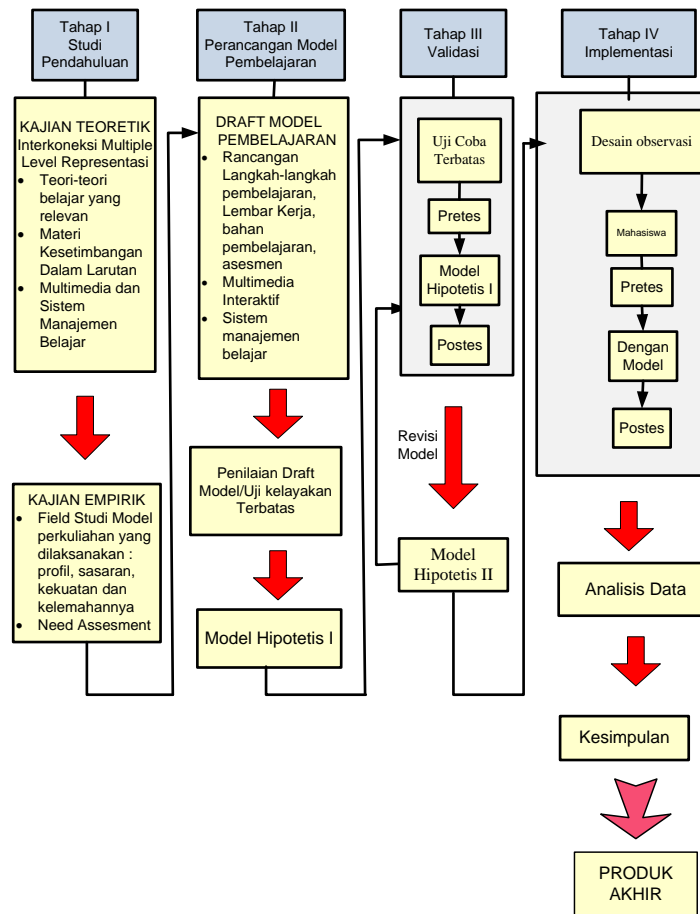
Jenis penelitian yang digunakan adalah R and D (*Research and Development*). Disain penelitian ini terdiri atas 4 tahap yaitu : 1. Persiapan 2. tahap rancangan dan pengembangan. 3. tahap uji coba dan 4. perbaikan. Pengembangan model belajar Anatomi Tumbuhan berbasis *active learning*. Rancangan program ini meliputi beberapa tahap yang digambarkan sebagai berikut:

#### ***Studi Pendahuluan***

Studi literatur dilakukan berupa kajian terhadap subyek materi dan pedagogi, khususnya literatur tentang WEB, pengembangan materi menggunakan model virtual lab berbasis WEB.

#### ***Perancangan dan pengembangan program***

Dari studi pendahuluan dan studi di lapangan, diperoleh data yang mendukung untuk membuat rancangan strategi perkuliahan yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa. Rancangan pelaksanaan praktikum dapat dilihat pada gambar 1. Kemudian dibuat rancangan instrumen, untuk mengukur keberhasilan tiap indikator. Secara keseluruhan penelitian akan dilakukan menggunakan langkah-langkah penelitian dan pengembangan melalui empat tahap utama yaitu : studi pendahuluan dan tahap perancangan model. Rincian tahap-tahap penelitian dan pengembangan yang akan dilaksanakan divisualisasikan dalam bagan berikut ini :



### Rancangan Percobaan

Model pembelajaran dirancang dalam 2 macam, yaitu kelompok aktif menggunakan WEB (AW) dan kelompok tidak aktif menggunakan WEB (TW). Pembelajaran AW dilaksanakan dengan dengan langkah-langkah sebagai berikut : mewajibkan mahasiswa mengikuti perkuliahan dengan menggunakan metoda peta konsep dan wajib dengan aktif mengamati gambar-gambar yang disajikan dalam WEB sebelum praktikum, dengan mengamati gambar di WEB sebelum praktikum diharapkan mahasiswa telah memiliki pengetahuan awal tentang bentuk mikroskopis jaringan tumbuhan, saat praktikum mahasiswa diberi buku penuntun praktikum, untuk konfirmasi representasi mikroskopis jaringan tumbuhan dapat dilihat pula pada WEB setelah praktikum. Sedangkan TW mahasiswa mengamati bentuk mikroskopis jaringan tumbuhan pada saat perkuliahan dan saat praktikum. Pengamatan struktur tumbuhan dilaksanakan secara mikroskopis, artinya bahwa mahasiswa membuat preparat segar sayatan tipis dari bagian tumbuhan tertentu yang diamati, kemudian dengan reagen tertentu preparat diamati dengan menggunakan mikroskop. Agar lebih jelas maka disediakan pula kamera yang bersambung dengan mikroskop, sehingga preparat dapat diamati melalui layar komputer.

### Test of Logical Thinking

Perkuliahan ini ditujukan pula untuk meningkatkan penalaran, tingkat penalaran mahasiswa dilakukan dengan *Test of Logical Thinking* (TOLT), tes dilaksanakan sebelum dan setelah perkuliahan (pretes dan postes). Tingkat penalaran dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok tingkat berpikir konkrit, kelompok tingkat berpikir transisional dan kelompok tingkat berpikir operasional formal. Skala skor hasil tes TOLT adalah 1-10. Pengelompokan tingkat penalaran berdasarkan perolehan skor, yaitu : a) kelompok tingkat berpikir operasional konkrit adalah 0-1, b) kelompok tingkat berpikir transisional adalah 2-3, dan c) kelompok tingkat berpikir operasional formal adalah 4 atau lebih besar dari 4.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *TOLT (Test of Logical Thinking)*

Hasil tes TOLT terdiri atas dua kelompok yaitu kelompok mahasiswa yang aktif melihat WEB (AW) dan kelompok yang tidak aktif menggunakan WEB (TW), hasil tes dapat dilihat pada tabel 4.1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kelompok mahasiswa yang menggunakan WEB untuk mengamati virtual laboratorium struktur tumbuhan (AW) cenderung meningkat lebih baik, dibanding tidak menggunakan WEB (TW). Skor terendah pada angka nol dan skor tertinggi adalah lima pada kelompok PW dan empat pada kelompok TW.

Tabel 4.1 Hasil pre dan postes TOLT pada dua kelompok yang diteliti

Skor	aktif menggunakan WEB (AW)		non WEB (TW)	
	Pre tes	postes	pretes	postes
0	37%	17%	50%	40%
1	20%	30%	18%	23%
2	17%	27%	12%	17%
3	17%	13%	10%	10%
4	10%	10%	10%	10%
5	-	3%	-	-

Kemudian skor tersebut dipilah menjadi tiga tahap perkembangan intelektual, yaitu tahap oprasional konkrit (skore 0-1), berpikir transisional (skore 2-3) dan operasional formal (4-10). Pengelompokan tersebut dibuat berdasarkan Valanides (1996). Hasil pemilahan perkembangan intelektual dapat dilihat pada tabel 4.2. hasil tersebut menunjukkan bahwa angka tertinggi untuk nilai TOLT adalah 5, pada postes perlakuan AW.

Tabel 4.2. Hasil test TOLT yang dikelompokkan dalam 3 tahap perkembangan intelektual

Tahap perkembangan intelektual	AW		TW	
	Pretes (%)	Postes (%)	Pretes (%)	Postes (%)
Konkrit	57	47	68	63
Transisi	33	40	22	27
Formal	10	13	10	10

Hasil tersebut menunjukkan bahwa ada penurunan prosentasi antara pretes dan postes pada tahap operasional kongkrit baik pada perlakuan AW dan TW. Dan meningkat pada tahap perkembangan perkembangan intelektual pada postes.

### *Representasi mikroskopis*

Representasi mikroskopis adalah kemampuan mahasiswa untuk menggambarkan hasil pengamatan mikroskopis, dalam hal ini adalah struktur tumbuhan, baik sel, jaringan dan organ tumbuhan. Mahasiswa mampu untuk membedakan antara sel satu dengan lainnya. Dapat menyebutkan sel-sel tumbuhan dalam jaringan atau organ tumbuhan melalui gambar. Adapun kemampuan representasi mikroskopis yang aktif menggunakan WEB (AW) dan yang tidak menggunakan WEB (TW) dijelaskan pada tabel 4.3. Penilaian representatif mikroskopis berdasarkan gambar 2D yang dibuat oleh mahasiswa sesuai dengan petunjuk praktikum, yaitu dengan menunjukkan bentuk, letak dan nama sel yang diamati.

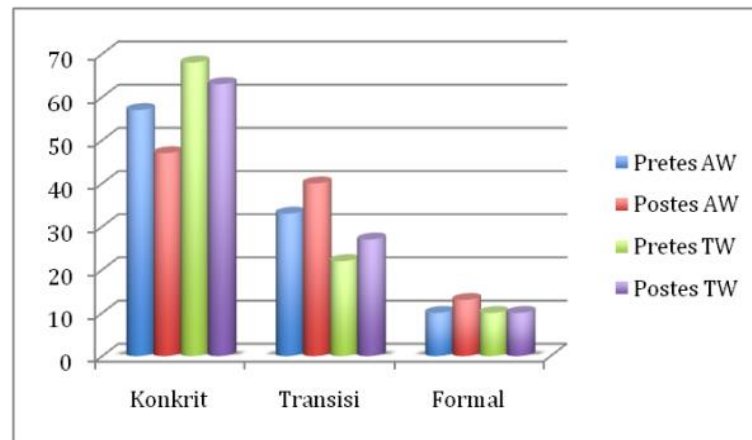
Tabel 4.3 Hasil rata-rata representasi mikroskopis struktur jaringan tumbuhan

Perlakuan	Penilaian Representasi Mikroskopis		
	Sel	Jaringan	Organ
Web (AW)	7.2	6.6	6.7
Non Web (TW)	6.4	6.1	6.2

Hasil ini menunjukkan bahwa menggunakan WEB cenderung meningkatkan kemampuan representasi mikroskopis mahasiswa, baik pada konsep sel, jaringan dan organ tumbuhan.

Hasil *test of logical thinking*, menunjukkan kemampuan penalaran yang dimiliki seseorang. Kemampuan penalaran mahasiswa yang aktif menggunakan WEB (AW) memiliki hasil pretes dan

postes test lebih baik daripada kelompok mahasiswa yang tidak memanfaatkan WEB (TW) dalam proses belajarnya. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan WEB, dapat meningkatkan kemampuan penalaran mahasiswa.

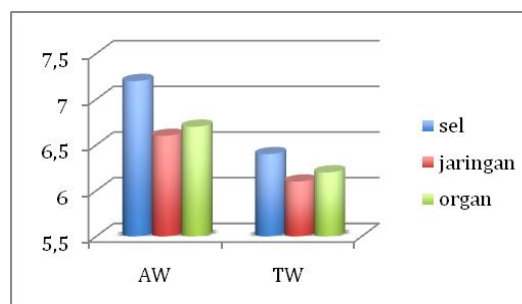


Gambar 1. Hasil pengelompokan tahap perkembangan intelektual mahasiswa sebelum dan setelah pembelajaran pada perlakuan AW dan TW.

Tahap perkembangan intelektual mahasiswa pada tes awal (pretes), umumnya menunjukkan sejumlah besar mahasiswa masih tergolong dalam tahap kongkrit (>50%) pada AW dan TW, sedangkan perkembangan intelektual tahap transisi kelompok AW (33%) tampak lebih sedikit dibandingkan dengan pada kelompok TW (22%) dan pada tahap formal tampak sama, baik pada AW dan TW (10%).

Hasil postes tahap perkembangan intelektual mahasiswa menunjukkan terjadi penurunan pada tahap kongkrit, penurunan terjadi cukup banyak pada kelompok AW, sedangkan pada TW tidak banyak terjadi penurunan. Hasil postes pada tahap transisi ada peningkatan jumlah mahasiswa yang masuk kategori transisi. AW meningkat 7% sedangkan pada TW meningkat sebesar 5%. Pada tahap formal, tampak bahwa kelompok AW meningkat 3% pada hasil pretes dan postes.

Secara keseluruhan dari hasil analisis hasil pretes dan postes TOLT, menunjukkan cenderung meningkat pada kelompok AW. Kegiatan penggunaan WEB yang dilengkapi dengan gambar-gambar struktur jaringan dapat meningkatkan penalaran mahasiswa. Penggunaan gambar praktikum yang dilengkapi WEB, dilakukan karena waktu praktikum terbatas. Sehingga mahasiswa mengamati lebih detailnya melalui WEB. Gambar yang dikeluarkan melalui WEB adalah foto dari hasil praktikum mahasiswa. Pengamatan gambar melalui WEB dapat meningkatkan penalaran.



Gambar 2. Hasil pengelompokan kemampuan penalaran mahasiswa pada perlakuan AW dan TW.

Berdasarkan hasil tes akhir pada mata kuliah anatomi tumbuhan melalui pembelajaran berbasis web, terdapat perbedaan dilihat dari rata-rata hasil belajar (ujian akhir semester) antara kelas yang belajar berbasis web (AW) dan non web (TW). Pada kelas yang diberi perlakuan (kelas eksperimen) memperoleh rata-rata hasil belajar yang lebih besar dibandingkan dengan kelas yang tanpa perlakuan, hal ini memperlihatkan bahwa kecenderungan mahasiswa dalam belajar akan lebih tertarik jika diberikan contoh-contoh melalui berbagai gambar melalui web, dan akan lebih baik jika gambar yang ditampilkan dalam bentuk 3 Dimensi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Chandrasegaran, Treagust & Mocerino. (2007). Enhancing Students' Use Of Multiple Levels Of Representation To Describe And Explain Chemical Reactions. *School Science Review*, 88(325)
- Chittleborough, & Treagust, (2006). The Descriptive And Explanatory Nature Of Chemical Diagrams Does Not Guarantee Understanding. Paper presented at the National Association for Research in Science
- Chittleborough G. and Treagust D. F., (2007), The Modelling Ability Of Non-Major Chemistry Students And Their Understanding Of The Sub-Microscopic Level, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 274-292.
- Devetak, Iztok, et.al. (2004). Submicroscopic Representations As A Tool For Evaluating Students' Chemical Conceptions. *Acta Chim. Slov.*, 51, 4, 799:814.
- Donovan, W. & M, Nakhleh. (2007). Student Use Of Web-Based Tutorial Materials & Understanding Chemistry Concepts. *J. Comp. Math. & Sci. Teach.* 26(4), 291.
- Falvo, D. (2008). Animations And Simulations For Teaching And Learning Molecular Chemistry. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 4(1), 68-77.
- Finatri, Dian. (2007). Analisis Konsepsi Guru pada Konsep Larutan ditinjau dari Representasi Level Mikroskopik. Tesis. FPMIPA. UPI; Bandung. Tidak diterbitkan.
- Gilbert, John.K (2005). Visualization : A Metacognitive Skill In Science & Science Education. In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. Volume 1. (pp. 9-28). Dordrecht: Springer.
- Sweller, John (2006). Discussion of Emerging Topics in Cognitive Load Research: Using Learner and Information Characteristics in the Design of Powerful Learning Environments. *Appl. Cognit. Psychol.* 20: 353-357. Published online in Wiley InterScience
- Tasker, Roy & Rebecca Dalton. (2006). Research Into Practice: Visualization Of The Molecular World Using Animations. *Chem. Educ. Res. Prac.* 7, 141-159.
- Treagust, David F. (2008). The Role Of Multiple Representations In Learning Science: Enhancing Students' Conceptual Understanding And Motivation. In Yew-Jin And Aik-Ling (Eds). : *Science Education At The Nexus Of Theory And Practice*. Rotterdam -Taipei : Sense Publishers. pp 7-23

## Pendidikan Tanpa Batasan: Apa Yang Dapat Kita Lihat dari Burung Unta di Taman Safari Indonesia?

**Herdhanu Jayanto<sup>1</sup> dan Donan Satria Yudha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Kelompok Studi Herpetologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada*

<sup>2</sup>*Laboratorium Sistematika Hewan, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada*

*Email : h.jayanto@gmail.com*

Meningkatkan ketertarikan untuk belajar memahami dan menghargai alam menjadi kebutuhan masyarakat Indonesia kini. Hal ini mengingat isu-isu ekologi yang terjadi akibat keterbatasan eksplorasi sumber daya hayati yang telah dilakukan. Motivasi dan ketertarikan sejak dini dapat ditingkatkan melalui berbagai macam cara. Dalam hal ini kita dapat memanfaatkan instansi dalam bidang khusus sebagai tempat pendidikan dan penelitian, seperti Taman Safari Indonesia II. Taman Safari Indonesia II merupakan lembaga konservasi *ex situ* sekaligus objek wisata kebun binatang dengan sistem *safari*. Kami mengkaji hal-hal yang dapat dipelajari dari perspektif seorang biolog. Burung unta (*Struthio camelus* Linnaeus, 1758) sebagai model yang digunakan dengan tujuan untuk memberikan gambaran nyata pembelajaran *touch-and-learn*. Ditambah dengan gambaran sensasi lebih seperti yang diberikan oleh film-film dokumenter alam produksi asing. Kegiatan sebagai *keeper* kami lakukan pada tanggal 30 Januari s/d 12 Februari 2013. Pengamatan perilaku dilakukan menggunakan *focal-animal sampling*. Hasil yang didapatkan dari kajian ini sangat menarik. Selama pengamatan kami dapat memahami secara langsung bagaimana perilaku intraspesifik dan interspesifik kesebelas burung unta. Kebiasaan dan sifat tiap-tiap individu yang sangat spesifik, serta hirarki sosial dalam koloni. Dan hingga analisis habituasi dan ekomorfologi dalam lingkungan artificial Taman Safari Indonesia II. Taman Safari Indonesia II menunjukkan dedikasi dan kompetensinya sebagai lembaga konservasi. Rekomendasi kami jadikan sebagai simpulan, atas apa yang dapat dimanfaatkan dan diberikan dari Taman Safari Indonesia II.

Kata kunci : Taman Safari Indonesia II, burung unta, *Struthio camelus*, *touch-and-learn*, perilaku

## Kajian Populasi Lalat *Musca Domestica*, Kuantitas Sampah, dan Perilaku Siswa Di SMA Negeri 1 dan 2 Cilacap

Siti Amaranthi Andam<sup>1</sup>, Imam Widhiono M.Z.<sup>2</sup>, Moh. Husein Sastranegara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

Email : amaranthi.andam@gmail.com

Sampah sekolah seringkali terkesan kurang terkelola dengan baik sehingga dapat menimbulkan masalah dan mengundang lalat yang berperan sebagai vektor penyakit. Dalam pengelolaan sampah, keterlibatan siswa diharapkan mampu mencegah pencemaran lingkungan. Sistem pembelajaran siswa akan mempengaruhi perilakunya. Sistem pembelajaran yang sedang berkembang di Sekolah Menengah Atas (SMA) adalah sistem belajar kelas bergerak (*moving class*). Penelitian bertujuan untuk mengetahui populasi lalat *Musca domestica*, kuantitas sampah, dan perilaku siswa di SMA Negeri 1 dan 2 Cilacap; serta hubungan antara populasi lalat *Musca domestica*, kuantitas sampah, dan perilaku siswa di SMA Negeri 1 dan 2 Cilacap. Penelitian dilakukan di SMAN 1 Cilacap (*moving class*) dan SMAN 2 Cilacap (*non-moving class*) dengan menggunakan metode survai. Variabel yang diteliti adalah populasi lalat *Musca domestica*, kuantitas sampah, dan perilaku siswa. Pengambilan sampel populasi lalat *Musca domestica* dan kuantitas sampah sebanyak tiga kali ulangan dengan rentang waktu lima hari pada Maret-April 2013. Pengambilan sampel perilaku siswa dilakukan dengan kuesioner. Sampel ditentukan dengan metode *proportionate stratified random sampling* dengan jumlah responden SMAN 1 Cilacap sebanyak 62 orang dan SMAN 2 Cilacap sebanyak 51 orang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi lalat *Musca domestica* di SMAN 1 Cilacap (84 ekor) lebih banyak dari pada di SMAN 2 Cilacap (57 ekor). Kuantitas sampah di SMAN 1 Cilacap lebih banyak (sampah organik sebanyak 14.317 g dan sampah anorganik sebanyak 23.363 g) dari pada SMAN 2 Cilacap (sampah organik sebanyak 6.175 g dan sampah anorganik sebanyak 14.625 g). Perilaku siswa di SMAN 1 Cilacap lebih baik (pengetahuan siswa sebesar 87,63% dan sikap siswa sebesar 76,71%) dari pada SMAN 2 Cilacap (pengetahuan siswa sebesar 87,06% dan sikap siswa sebesar 72,8%). Perilaku di SMAN 1 Cilacap lebih baik dari pada SMAN 2 Cilacap, tetapi kuantitas sampah organik di SMAN 1 Cilacap lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap, sehingga populasi *Musca domestica* di SMAN 1 Cilacap juga lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap ( $r = 0,946$ ). Hal ini karena fasilitas pembuatan kompos, piket kelas, dan peraturan sekolah yang berhubungan dengan kebersihan belum ada; sistem pembelajaran *moving class* sudah diterapkan; poster tentang kebersihan masih kurang; dan visi misi sekolah belum terkait dengan kebersihan lingkungan.

Key words : lalat *Musca domestica*, sampah, dan perilaku siswa.

### PENDAHULUAN

Sampah di perkotaan terus meningkat jumlahnya karena peningkatan laju pertumbuhan penduduk dan pola konsumsi masyarakat. Disisi lain, kapasitas penanganan sampah yang dilakukan masyarakat maupun pemerintah daerah belum optimal (Riswan *et al.*, 2009), sehingga permasalahan sampah telah menjadi wacana sosial yang meluas dan ekstensif, baik bagi pemerintah maupun masyarakat (Saribanon *et al.*, 2008).

Cilacap yang merupakan salah satu kabupaten terbesar di Provinsi Jawa Tengah juga tidak luput dari masalah persampahan. Pada tahun 2011, produksi sampah Kabupaten Cilacap mencapai 3.890 m<sup>3</sup>/hari dan hanya sekitar 10,41% yang berhasil diangkut oleh 28 truk sampah dan sarana pengumpul lain (BPS Kabupaten Cilacap, 2012).

Timbulan sampah yang terkumpul dan tidak tertangani akan menimbulkan masalah estetika, bau, dan mengundang lalat yang membawa berbagai penyakit. Hal ini menimbulkan pencemaran yang akan merusak lingkungan (Manurung, 2008), sehingga sampah organik memerlukan penanganan segera (Jana *et al.*, 2006). Umumnya, kehadiran lalat tidak diharapkan karena dapat mengurangi kenyamanan, estetika, dan higienis dari tempat tersebut. Lalat biasanya datang dan memakan hidangan yang telah disajikan dengan paksa dan meninggalkan *pathogen* yang dapat menyebabkan penyakit manusia (Suraini, 2011). Oleh karena itu, sampah dan benda-benda buangan yang banyak terdapat di lingkungan kita perlu ditanggapi secara serius dan dicari cara yang tepat untuk menanggulangnya (Wibowo, 2009). Penelitian Suraini (2011) dan Ginandjar *et al.* (2005) menyatakan bahwa jenis lalat yang biasanya hidup disampah adalah *Musca domestica*, *Chrysomya megacephala*, dan *Fannia canicularis*. Dari berbagai jenis lalat tersebut, jenis *Musca domestica* (lalat rumah) adalah jenis yang paling sering ditemukan pada timbulan sampah dan menjadi vektor penularan penyakit (Suraini, 2011).

Sampah yang dihasilkan diantaranya berasal dari lingkungan sekolah (Manurung, 2008). Sampah sekolah seperti halnya fasilitas sampah pada umumnya seringkali terkesan kurang terawat karena banyak sampah yang menumpuk, tercecer dan tidak terangkut. Lingkungan sekolah adalah



salah satu faktor yang memberikan kontribusi dalam belajar (Ahyar, 2009). Pengelolaan sampah sekolah menjadi salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk menjadikan sekolah lebih bersih dan nyaman. Untuk mewujudkan hal itu, tidak hanya keadaan fisik sekolah saja namun juga dibutuhkan peran dari aspek manajerial sekolah dan pemberdayaan warga sekolah, serta lingkungan sekitar. Keterlibatan para siswa menempatkan mereka pada posisi tidak hanya sebagai objek, tetapi juga sebagai subjek dalam sistem pelayanan kebersihan (Manurung, 2008).

Faktor lingkungan dan faktor perilaku sangat berpengaruh terhadap derajat kesehatan masyarakat, sehingga perlu memperoleh perhatian dengan sungguh-sungguh (Azkha, 2006). Skinner (dalam Notoatmodjo, 2007) menyatakan bahwa perilaku mencakup pengetahuan dan sikap sebagai perilaku tertutup, serta tindakan sebagai perilaku tampak. Pengetahuan dan sikap dapat menjadi dasar terjadinya tindakan seseorang. Pengukuran pengetahuan dan sikap dapat dilakukan secara tidak langsung, sedangkan tindakan harus diukur secara langsung melalui kegiatan observasi (Notoatmodjo, 2007).

Skinner (dalam Wibowo, 2009) menyatakan bahwa sistem pembelajaran akan mempengaruhi perilaku siswa karena belajar merupakan proses perubahan perilaku. Sistem pembelajaran yang sekarang berkembang di Sekolah Menengah Atas (SMA) adalah sistem belajar kelas bergerak (*moving class*). Menurut Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2006 Tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah pada Lampiran Bab III Mengenai Beban Belajar menyebutkan bahwa *moving class* merupakan sistem pembelajaran yang mencirikan kelas berkarakter mata pelajaran, dengan demikian peserta didik akan berpindah tempat sesuai dengan jadwal mata pelajaran yang telah ditentukan. Konsep *moving class* mengacu pada pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan memberikan lingkungan yang dinamis sesuai dengan yang dipelajarinya. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di beberapa SMA di Kota Cilacap pada bulan Juli dan Desember 2011, belum semua sekolah melakukan pengelolaan sampah dengan baik. Sementara itu, SMAN 1 dan 2 Cilacap merupakan sekolah favorit di Kabupaten Cilacap dalam bidang akademik dan non akademik. SMAN 1 Cilacap telah menggunakan sistem *moving class* dalam proses pembelajaran, sedangkan SMAN 2 Cilacap masih menggunakan sistem *non-moving class*. Berdasarkan hal tersebut, "Kajian Populasi Lalat *Musca domestica*, Kuantitas Sampah, dan Perilaku Siswa di SMA Negeri 1 dan 2 Cilacap" perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui populasi lalat *Musca domestica*, kuantitas sampah, perilaku siswa, serta hubungan antara populasi lalat *Musca domestica*, kuantitas sampah, dan perilaku siswa di SMAN 1 dan 2 Cilacap. Hasil kajian ini diharapkan dapat membantu guru dalam memberikan penilaian terhadap perilaku siswa di sekolah, khususnya terhadap masalah sampah di sekolah dan menjadi rujukan bagi sekolah-sekolah lainnya.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-April 2013 dengan metode survai. Penentuan sampel sekolah dilakukan dengan *purposive sampling*, yaitu SMAN 1 Cilacap (*moving class*) pada koordinat 7°42'49.87"S 109°00'19.03"E dan SMAN 2 Cilacap (*non-moving class*) pada koordinat 7°41'33.55"S 109°02'26.39"E. Variabel yang diteliti adalah populasi lalat *Musca domestica*, kuantitas sampah, dan perilaku siswa.

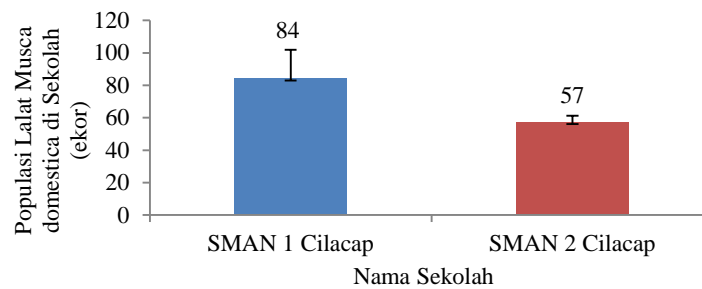
Pengambilan sampel populasi lalat *Musca domestica* dan kuantitas sampah sebanyak 3 kali ulangan dengan rentang waktu 5 hari. Populasi lalat *Musca domestica* diperoleh dengan penangkapan menggunakan *insect net* dan identifikasi di Laboratorium Entomologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Kuantitas sampah mencakup berat sampah yang diukur dengan metode SNI 19-3964-1994.

Pengambilan sampel perilaku siswa dilakukan dengan kuesioner, sampel ditentukan dengan metode *proportionate stratified random sampling* dengan jumlah responden 62 orang untuk SMAN 1 Cilacap dan 51 orang untuk SMAN 2 Cilacap.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Populasi Lalat Musca domestica di SMAN 1 dan 2 Cilacap*

Pengukuran populasi lalat *Musca domestica* memperoleh hasil rata-rata di SMAN 1 Cilacap sebanyak 84 ekor dan di SMAN 2 Cilacap sebanyak 57 ekor (Gambar 1). Dengan demikian, populasi lalat *Musca domestica* di SMAN 1 Cilacap lebih banyak dari pada di SMAN 2 Cilacap ( $p = 0,176 > 0,05$ ;  $t_{hitung} = 1,647 < t_{tabel} = 2,776$ ).



Gambar 1. Populasi lalat Musca domestica di SMAN 1 dan 2 Cilacap

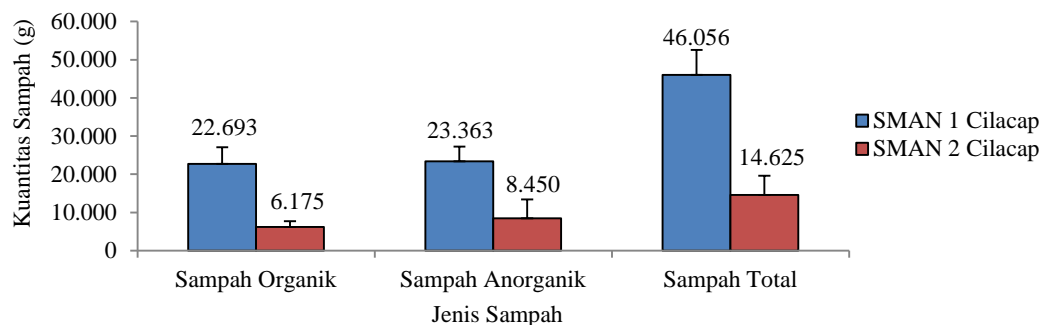
Lalat mengganggu kehidupan manusia karena dapat mengganggu kesehatan. Untuk itu, pengendalian lalat perlu dilakukan sebagai upaya pencegahan penyakit sesuai dengan yang amanatkan dalam Pasal 47 Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan, yang berbunyi bahwa “Upaya kesehatan diselenggarakan dalam bentuk kegiatan dengan pendekatan promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif yang dilaksanakan secara terpadu, menyeluruh, dan berkesinambungan”. Penyelenggaraan upaya kesehatan salah satunya dilaksanakan melalui kegiatan kesehatan sekolah (Pasal 48 Ayat 1 Poin g).

Usaha pengendalian lalat dapat dilakukan melalui perbaikan *hygiene* dan sanitasi lingkungan (Departemen Kesehatan, 2007) yaitu melalui cara berikut:

- Pengurangan atau penghilangan tempat perindukan lalat, salah satunya adalah tempat sampah. TPS SMAN 1 Cilacap merupakan ruangan kecil yang tertutup rapat sehingga memungkinkan lalat dapat berkembangbiak dengan cepat.
- Pengurangan sumber yang menarik lalat. Berdasarkan hasil pengamatan, banyak sampah yang menumpuk di laci-laci meja siswa di SMAN 1 Cilacap, baik sampah organik maupun sampah anorganik yang dapat mengakibatkan timbulnya bau busuk dari dalam kelas dan tidak mustahil akan mengundang lalat. Kebersihan kantin juga sangat penting. Kantin selain menjual berbagai makanan juga menjadi salah satu tempat yang disukai lalat karena banyak sampah organik sisa makanan (Yunaenah, 2009).
- Pencegahan kontak antara lalat dengan kotoran yang mengandung kuman penyakit. Sumber kuman penyakit dapat berasal dari kotoran manusia, bangkai binatang, sampah basah, lumpur organik, maupun orang sakit mata.
- Perlindungan makanan, peralatan makan, dan orang yang kontak dengan lalat. Makanan yang dijual dikantin ataupun koperasi hendaknya bersih dari kotoran, misalnya ditutup rapat sebelum disajikan. Peralatan makan juga hendaknya dicuci dengan air yang bersih (Yunaenah, 2009; Manalu *et al.*, 2012).

#### ***Kuantitas Sampah di SMAN 1 dan 2 Cilacap***

Pengukuran kuantitas sampah (Gambar 2) memperoleh hasil rata-rata kuantitas sampah di SMAN 1 Cilacap lebih banyak (sampah organik sebesar 14.317 g, sampah anorganik sebesar 23.363 g, dan sampah total sebesar 46.056 g) dari pada SMAN 2 Cilacap (sampah organik sebesar 6.175 g, sampah anorganik sebesar 8.450 g, dan sampah total sebesar 14.625 g). Dengan demikian, kuantitas sampah di SMAN 1 Cilacap lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap ( $p = 0,004 < 0,05$ ;  $t_{hitung} = 5,877 > t_{tabel} = 2,776$ ).



Gambar 2. Kuantitas sampah di SMAN 1 dan 2 Cilacap.

Komposisi sampah yang dibuang di TPS SMAN 1 Cilacap didominasi oleh plastik (36,62%; 16.867 g) dan daun (23,89%; 11.003 g). Sampah di SMAN 2 Cilacap juga didominasi oleh plastik (41,19%; 6.025 g) dan kertas (16,37%; 2.395 g). Kuantitas sampah organik di SMAN 1 Cilacap jauh lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap. Banyaknya sampah organik di SMAN 1 Cilacap mengakibatkan populasi lalat *Musca domestica* di sekolah ini juga lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap karena sampah organik merupakan tempat yang disukai lalat (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Komposisi sampah yang dibuang di TPS SMAN 1 dan 2 Cilacap

No.	Jenis Sampah	Berat Sampah (g)	
		SMAN 1 Cilacap	SMAN 2 Cilacap
1.	Daun	11.003	1.620
2.	Sisa makanan	3.190	2.090
3.	Ampas teh	773	0
4.	Bambu	0	70
5.	Kertas	7.727	2.395
6.	Botol plastik	5.493	2.295
7.	Plastik	16.867	6.025
8.	Sterofom	240	0
9.	Kaleng	363	0
10.	Kaca	400	70
11.	Besi	0	60
Jumlah Total		46.056 g	14.625 g

Tabel 2. Komposisi sampah dalam persen yang dibuang di TPS SMAN 1 dan 2 Cilacap

No.	Jenis Sampah	Persentase Sampah (%)	
		SMAN 1 Cilacap	SMAN 2 Cilacap
1.	Daun	23,89	11,07
2.	Sisa makanan	6,92	14,29
3.	Ampas teh	1,67	0
4.	Bambu	0	0,47
5.	Kertas	16,77	16,37
6.	Botol plastik	11,92	15,69
7.	Plastik	36,62	41,19
8.	Sterofom	0,52	0
9.	Kaleng	0,78	0
10.	Kaca	0,86	0,48
11.	Besi	0	0,41
Jumlah Total		100%	100%

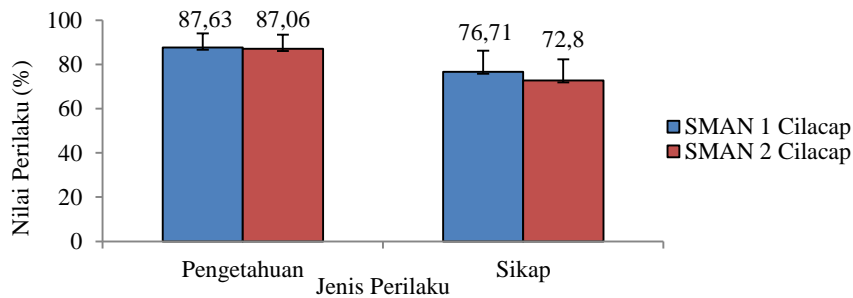
Berdasarkan hal itu, perubahan paradigma yang mendasar dalam pengelolaan sampah diperlukan, khususnya sampah plastik yaitu dari paradigma kumpul–angkut–buang menjadi pengolahan yang bertumpu pada pengurangan dan penanganan sampah sesuai yang diamankan dalam Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2012).

Sampah daun di SMAN 1 Cilacap masih tinggi karena di sekolah tersebut belum memiliki fasilitas pengomposan sehingga sampah daun langsung dibuang begitu saja di TPS. Berbeda dengan SMAN 2 Cilacap yang sudah mempunyai fasilitas pengomposan berupa bak berukuran 4 x 1,65 x 1 m dan drum pengaduk berdiameter 58 cm dan tinggi 88 cm, sehingga sampah daun dari halaman sekolah tidak dibuang ke TPS tetapi dimanfaatkan untuk pembuatan kompos.

#### *Perilaku Siswa di SMAN 1 dan 2 Cilacap*

Penilaian perilaku siswa dalam penelitian mencakup pengetahuan dan sikap siswa (Gambar 3). Penelitian pengetahuan pada siswa di SMAN 1 tentang sampah menunjukkan nilai sebesar 87,63% dan sikap sebesar 76,71%, sedangkan penelitian pengetahuan pada siswa di SMAN 2 Cilacap tentang sampah menunjukkan nilai sebesar 87,06% dan sikap sebesar 72,8%. Dengan demikian, pengetahuan dan sikap siswa SMAN 1 Cilacap lebih tinggi daripada SMAN 2 Cilacap.

Namun, secara umum para siswa di dua sekolah telah mengetahui teori-teori yang berhubungan dengan sampah dan bagaimana menyikapi sampah.



Gambar 3. Perilaku siswa tentang sampah di SMAN 1 dan 2 Cilacap

Perilaku manusia merupakan bagian dari lingkungan hidup sesuai dengan Pasal 1 Ayat (1) Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menyatakan bahwa “Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain”. Berdasarkan pasal tersebut, perilaku manusia dapat mempengaruhi lingkungan hidupnya, termasuk perilaku manusia dalam mengelola sampah.

Pengetahuan dan sikap siswa SMAN 1 Cilacap terhadap pengelolaan sampah lebih tinggi dibanding dengan siswa SMAN 2 Cilacap, tetapi kenyataan di lapangan masih ditemui banyak sampah organik maupun anorganik di laci-laci meja siswa di SMAN 1 Cilacap. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Abdullah (2011) bahwa hubungan pengetahuan terhadap perilaku pengelolaan sampah sangat lemah dan tidak signifikan. Faktor yang mempengaruhi sebagai berikut:

1. SMAN 1 Cilacap menggunakan sistem *moving class* yang sangat memungkinkan siswa untuk meninggalkan sampah dilaci meja tanpa ketahuan oleh guru. SMAN 1 Cilacap juga tidak menerapkan piket kelas, sehingga siswa kurang bertanggungjawab.
2. Visi SMAN 1 Cilacap adalah “Unggul dalam Prestasi, Berdaya Saing, berjiwa Nasional, Berwawasan Global yang Berlandaskan Keimanan dan Ketakwaan”. Dari visi itu jelas sekali bahwa SMAN 1 Cilacap lebih mengutamakan prestasi dan tidak berhubungan dengan lingkungan hidup.
3. Peraturan SMAN 1 Cilacap yang terkait dengan kebersihan lingkungan belum ada. Dari 59 poin peraturan siswa SMAN 1 Cilacap, tidak ada satu poin pun yang berhubungan dengan kebersihan lingkungan.
4. Kurangnya gambar atau poster yang mengajak untuk menjaga kebersihan lingkungan juga turut mempengaruhi.

Salah satu faktor penentu dalam keberhasilan upaya pengelolaan sampah sekolah adalah adanya partisipasi siswa, misalnya dengan merubah perilaku siswa. Usaha merubah perilaku dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Unsur kebersihan lingkungan dimasukkan dalam visi misi sekolah yang salah satunya dapat dituangkan dalam peraturan sekolah.
2. Pendidikan lingkungan hidup dimasukkan dalam kurikulum sekolah.
3. Penggunaan meja tanpa laci, sehingga siswa tidak membuang sampah sembarangan di kelas.
4. Pendirian bank sampah.

#### ***Hubungan antara Populasi Lalat *Musca domestica*, Kuantitas Sampah, dan Perilaku Siswa di SMAN 1 dan 2 Cilacap***

Pengetahuan dan sikap siswa di SMAN 1 Cilacap lebih baik dari pada SMAN 2 Cilacap. Pengetahuan dan sikap yang baik seharusnya dapat mengarah pada tindakan yang baik pula (Notoatmodjo, 2010), tetapi, kenyataan di lapangan justru sebaliknya, pengetahuan dan sikap siswa yang baik di SMAN 1 Cilacap tidak diimbangi dengan tindakan yang baik pula yaitu kuantitas sampah SMAN 1 Cilacap yang lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap. Hal ini karena fasilitas pengelolaan sampah kurang dan kondisi yang ada (Notoatmodjo, 2010) di SMAN 1 Cilacap.

## KESIMPULAN

1. Populasi lalat *Musca domestica* di SMAN 1 Cilacap lebih banyak dari pada di SMAN 2 Cilacap.
2. Kuantitas sampah di SMAN 1 Cilacap lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap.
3. Perilaku siswa di SMAN 1 Cilacap lebih baik dari pada SMAN 2 Cilacap
4. Perilaku di SMAN 1 Cilacap lebih baik dari pada SMAN 2 Cilacap, tetapi kuantitas sampah organik di SMAN 1 Cilacap lebih banyak dari pada SMAN 2 Cilacap sehingga populasi lalat *Musca domestica* di SMAN 1 Cilacap juga lebih banyak daripada SMAN 2 Cilacap. Hal ini karena fasilitas pembuatan kompos, piket kelas, dan peraturan sekolah yang berhubungan dengan kebersihan belum ada; sistem pembelajaran *moving class* sudah diterapkan; poster tentang kebersihan masih kurang; dan visi misi sekolah belum terkait dengan kebersihan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Y.M. 2011. Hubungan Pengetahuan Pengelolaan Sampah dan Berpikir Kreatif dengan Perilaku Kreatif Siswa pada Pengelolaan Sampah di SMAN 12 Jakarta. Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ahyar. 2009. Sekolah Sehat: Sebuah Tinjauan Akademis. Jurnal Ilmiah Kreatif 4(1): 16-26.
- Azkha, N. 2006. Analisis Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah di Kota Padang. Jurnal Kesehatan Masyarakat 1(1): 14-18.
- BPS Kabupaten Cilacap. 2012. Cilacap dalam Angka 2011. Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap, Cilacap.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2007. Pedoman Teknis Pengendalian Lalat. (On-line). <http://www.DepartemenKesehatan.go.id/downloads/Pengendalian%20Lalat.pdf> diakses tanggal 29 Desember 2012.
- Ginandjar, P. dan E.S. Majawati. 2005. Identifikasi Cacing dan Protozoa Usus pada Tubuh Lalat. Meditek 13(34): 14-23.
- Jana, I W., N.K. Mardani, I W., dan S. Budiarsa. 2006. Analisis Karakteristik Sampah dan Limbah Cair Pasar Badung dalam Upaya Pemilihan Sistem Pengelolaannya. Ecotrophic 1(2): 1-10.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2012. Profil Bank Sampah Indonesia 2012. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Manurung, R. 2008. Persepsi dan Partisipasi Siswa Sekolah Dasar dalam Pengelolaan Sampah di Lingkungan Sekolah. Jurnal Pendidikan Penabur (10): 22-34.
- Menteri Pendidikan Nasional. 2006. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2006 Tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah. Menteri Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Notoatmodjo, S. 2007. Kesehatan Masyarakat: Ilmu dan Seni. Rineka Cipta, Jakarta.
- Notoatmodjo, S. 2009a. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekretaris Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Notoatmodjo, S. 2009b. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan. Sekretaris Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Notoatmodjo, S. 2010. Ilmu Perilaku Kesehatan. Rineka Cipta, Jakarta.
- Presiden Republik Indonesia. 2008. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Sekretaris Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Riswan, H.R.S. dan A. Hadiyanto. 2009. Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Daha Selatan. Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Jurnal Ilmu Lingkungan 1(9): 31-38.
- Saribanon, N. dan S. Pranawa. 2008. Strategi dan Mekanisme Perencanaan Sosial Partisipatif dalam Pengelolaan Sampah Permukiman Berbasis Masyarakat di DKI Jakarta. Jurnal Poelitik 2(4): 337-353.
- Suraini. 2011. Jenis-jenis Lalat (Diptera) dan Bakteri Enterobacteriaceae yang Terdapat di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Padang. Tesis. Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.
- Wibowo, I. 2009. Pola Perilaku Kebersihan: Studi Psikologi Lingkungan tentang Penanggulangan Sampah Perkotaan. Makara, Sosial Humaniora 13(1): 37-47.
- Yunaenah. 2009. Kontaminasi E.coli pada Makanan Jajanan di Kantin Sekolah Dasar Wilayah Jakarta Pusat Tahun 2009. Tesis. Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia, Jakarta.

## Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Inkuiri Pada Materi Sistem Gerak (Perangkat Menggunakan Media Model Kaki Dan Tangan Manusia)

Viskarita F M Ambotuo<sup>1</sup>, A. Mushawwir Taiyeb<sup>2</sup> dan Oslan Jumadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Dosen Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Tentena*

<sup>2</sup>*Dosen Pascasarjana Pendidikan Biologi Universitas Negeri Makassar )*

*Email : ikhaambotuo@ymail.com*

Dunia pendidikan terus menerus ditantang untuk menghasilkan peserta didik yang tidak hanya pintar secara kognitif, tetapi bisa diandalkan dalam masyarakat atau beretika/afektif yang baik, serta memiliki keahlian/psikomotorik yang mendukung. Oleh sebab itu, seorang guru dituntut terus menerus kreatif untuk menghasilkan *output* yang berkualitas baik dalam masyarakat, bangsa ataupun negara. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui bagaimana kualitas (kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan) perangkat pembelajaran berbasis inkuiri. Penelitian yang dilakukan menghasilkan perangkat pembelajaran pokok bahasan materi sistem gerak dengan karakteristik pembelajaran berbasis inkuiri. Perangkat pembelajaran inkuiri yang disusun memiliki kekhasan yaitu menggunakan media pembelajaran bentuk tangan dan kaki manusia untuk lebih memudahkan penjelasan sistem gerak dalam proses pembelajaran. Siklus model 4-D yang dilakukan selama penelitian diawali dengan tahap *define* (pendefinisian) yang memiliki sub-sub tahap analisis awal, analisis siswa, analisis konsep, analisis tugas serta perumusan tujuan pembelajaran; tahap kedua adalah *design* (perancangan) yang memiliki sub-sub tahap penyusunan tes, pemilihan media, pemilihan format, perancangan awal yang menghasilkan prototype I; tahap ketiga adalah *develop* (pengembangan) yang memiliki sub-sub tahap adalah validasi dan uji coba yang menghasilkan prototype II; serta tahap terakhir adalah *disseminate* (penyebaran) dimana penyebaran yang dilakukan adalah penyebaran terbatas dilaksanakan pada MGMP IPA Terpadu Rayon III Kabupaten Poso yang menghasilkan prototype III. Kualitas perangkat pembelajaran pokok bahasan sistem gerak, yang berbasis inkuiri telah memenuhi kriteria valid berdasarkan analisis hasil validasi, telah memenuhi kriteria praktis berdasarkan analisis hasil keterlaksanaan perangkat pembelajaran yang dinyatakan reliabel (dapat dipercaya) dan telah memenuhi kriteria efektif berdasarkan analisis hasil kemampuan pedidik mengelola pembelajaran dinyatakan reliabel, aktivitas siswa berada dalam rentang waktu yang ideal, respon siswa masuk dalam kategori positif, serta tes hasil belajar siswa masuk dalam kategori tuntas.

Kata kunci : Inkuiri, sistem gerak, media tangan dan kaki manusia

### PENDAHULUAN

Proses pendidikan harus mampu mempersiapkan peserta didik untuk menjadi pemimpin masa depan dan bukan untuk menjadi pegawai. Kurikulum berbasis kompetensi (KBK) perlu dimaknai sebagai upaya jangka panjang yang terus menerus dalam membangun ibu pertiwi yang sehat, besar, kuat, cemerlang, dihormati, dan bermartabat. Terlampau rendah nilainya apabila “kompetensi” di sini diartikan sebagai kompetensi lulusan di pasar kerja. Kata “kompetensi” harus dimaknai sebagai kompetensi bangsa di antara bangsa-bangsa maju lainnya. KBK bukan untuk mempersiapkan peserta didik menjadi pegawai (Djauhari, 2006).

Dunia pendidikan terus menerus ditantang untuk menghasilkan peserta didik yang tidak hanya pintar secara kognitif, tetapi bisa diandalkan dalam masyarakat atau beretika/afektif yang baik, serta memiliki keahlian/psikomotorik yang mendukung. Oleh sebab itu, seorang guru dituntut terus menerus kreatif untuk menghasilkan *output* yang berkualitas yaitu pintar secara kognitif, berakhlak dan memiliki keahlian. John Dewey menjelaskan pengertian pendidikan adalah proses pembentukan kecakapan-kecakapan fundamental secara intelektual dan emosional ke arah alam dan sesama manusia (Hasbullah, 2009). Maka dengan kata lain, pendidik berusaha membentuk peserta didik yang siap menghadapi tantangan-tantangan kehidupan yang kelak dihadapi, dalam fungsi sebagai manusia yang melindungi alam dan sesama.

Obyek dalam pendidikan adalah siswa. Holt (2010) dalam bukunya “Mengapa Siswa Gagal” mengatakan banyak siswa di sekolah mengalami kegagalan. Mereka gagal mengembangkan kemampuan mereka untuk belajar, memahami serta menciptakan, yang sudah dikaruniakan kepada mereka sejak lahir, dan yang sebetulnya sudah sangat baik mereka kembangkan dalam tahun-tahun pertama kehidupan mereka. Itu semua terjadi karena rasa takut, bosan dan bingung. Mereka takut mengecewakan banyak orang dewasa yang cemas disekitar mereka, bosan karena banyak dari hal-hal yang mereka terima di sekolah bersifat sepele dan kurang bermakna, serta bingung karena apa yang dikatakan kepada mereka hampir tidak memiliki hubungan apapun dengan apa yang sungguh-sungguh mereka ketahui. Nurhayati (2011),

menuliskan sekitar 24 abad yang lalu, Plato mengajarkan bahwa tidak ada permulaan belajar yang baik, kecuali karena timbulnya kekaguman. Kekaguman ini menyangkut rasa ingin tahu. Metode pembelajaran pada hakekatnya merupakan usaha untuk membangkitkan dan mencukupi rasa ingin tahu yang wajar kepada peserta didik. Rasa ingin tahu merupakan suatu landasan bagi hasrat belajar. Sekali hasrat belajar dapat dibangkitkan, maka proses belajar akan berjalan lancar. Dari pernyataan Holt dan Nurhayati diatas, seorang guru harusnya lebih tertantang untuk menciptakan suatu suasana pembelajaran yang menyenangkan bagi siswa, sehingga rasa takut, bosan dan bingung tidak menetap dalam jiwa siswa ketika menjajaki ilmu dalam dunia pendidikan. Sebab, kemampuan belajar, memahami dan menciptakan sudah dikembangkan siswa dari sejak lahir, hanya saja tidak dirangsang kembali karena berbagai alasan yang telah diutarakan diatas.

Pembelajaran inkuiri merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki sesuatu (benda, manusia, atau peristiwa) secara matematis, kritis, logis, analitis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri (Amri dan Ahmadi, 2010). Strategi pembelajaran inkuiri adalah rangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berfikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan. Proses berfikir itu sendiri biasanya dilakukan melalui tanya jawab antara guru dengan siswa. Strategi pembelajaran ini sering juga dinamakan strategi *heuristic*, yang berasal dari bahasa Yunani, yaitu *heuriskein* yang berarti saya menemukannya (Sanjaya, 2010).

Inkuiri tercipta melalui *konfrontasi* intelektual, dimana siswa dihadapkan pada situasi yang aneh dan mereka mulai bertanya-tanya tentang hal tersebut. Dikarenakan tujuan akhir model ini adalah pembentukan pengetahuan baru, maka siswa dihadapkan pada suatu yang memungkinkan untuk diselidiki dengan cermat (Joice dan Weil, 2000). Inkuiri dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk memiliki pengalaman belajar yang nyata dan aktif, siswa dilatih bagaimana memecahkan masalah sekaligus membuat keputusan (Amri dan Ahmadi, 2010).

Hasil penelitian Chabalengula dan Mumba yang menggunakan pembelajaran berbasis inkuiri, menunjukkan dengan menggunakan pembelajaran berbasis inkuiri siswa memperoleh pemahaman yang lebih baik dan mereka mencapai nilai hasil tes yang lebih tinggi. Chabalengula dan Mumba meneliti "*A Model Based Inquiry Instruction (MBII) using Human Leg Model*". Berpatokan dari penelitian Chabalengula dan Mumba (2012) yang menunjukkan tingkat keberhasilan pada 20 peserta di Universitas di Midwest Amerika Serikat, maka peneliti merancang perangkat pembelajaran berbasis inkuiri, dimana media alat peraga yang digunakan adalah bentuk kaki dan tangan manusia yang disesuaikan dengan kurikulum Indonesia. Mengingat bahwa pembelajaran inkuiri adalah salah satu pembelajaran yang bersifat konstruktivitas, dan media pembelajaran bentuk kaki dan tangan manusia telah berhasil meningkatkan keberhasilan peserta didik, maka sangatlah penting kedua hal ini dikemas dalam satu perangkat pembelajaran berbasis inkuiri (Chabalengula dan Mumba, 2012)

Pengembangan perangkat pembelajaran ini dilakukan di SMP Negeri 1 Kecamatan Pamona Utara, Kabupaten Poso. Sekolah ini merupakan salah satu sekolah yang menjadi pusat pelatihan atau menjadi panutan dari sekolah-sekolah lainnya di daerah rayon III Kabupaten Poso. Alasan memilih sekolah ini mengacu pada tolak pikir jika diawali dengan uji coba di sekolah ini, maka perangkat pembelajaran akan diteruskan ke sekolah-sekolah yang kualitasnya masih terbelakang. Mengingat Kabupaten Poso adalah daerah pasca konflik, sehingga beberapa sekolah memiliki kondisi yang sedikit memprihatinkan, yaitu kondisi laboratorium yang dialih fungsikan sebagai ruangan kelas karena ruangan kelas sebenarnya yang tidak mencukupi, atau keadaan guru biologi yang tidak menguasai ilmu pembelajaran secara lebih detail sehingga guru kurang dapat mentransfer pengetahuannya kepada siswa dengan lebih baik. Hasil observasi dengan wawancara beberapa siswa mengatakan apa yang mereka dapatkan di kelas terlihat biasa-biasa saja mereka sangat jarang melaksanakan praktikum. Siswa di Kabupaten Poso sebenarnya merupakan siswa aktif, dikarenakan ketika pasca konflik Poso terjadi banyak kegiatan-kegiatan positif yang dilakukan oleh pemerintah ataupun LSM yang memacu anak untuk lebih aktif sehingga trauma akan kerusuhan tidak terus menetap dalam perkembangan jiwa anak. Kegiatan ini seharusnya dikembangkan juga dalam lingkungan sekolah, sehingga jiwa anak yang telah mengarah ke hal yang positif tidak lagi merosot. Tetapi guru kurang dapat memahami perihal ini, sehingga jiwa siswa yang aktif hanya berkembang di lingkungan luar sekolah, yang jika tidak dipantau secara lebih dalam, keaktifan mereka bisa saja mengarah kearah yang negatif karena Lembaga Sosial Masyarakat (LSM) yang membina pelatihan-pelatihan anak sudah berkurang, mengingat daerah Poso sudah mengarah kearah perbaikan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka permasalahan dalam penelitian adalah Bagaimana kualitas (kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan) perangkat pembelajaran berbasis inkuiri?

### TINJAUAN PUSTAKA

Teori konstruktivistik menyatakan bahwa siswa harus menemukan sendiri dan mentransformasikan informasi kompleks, mengecek informasi baru dengan aturan-aturan lama dan merevisinya apabila aturan-aturan tidak lagi sesuai. Menurut teori konstruktivistik ini, satu prinsip yang paling penting dalam psikologi pendidikan adalah bahwa guru tidak hanya sekedar memberikan pengetahuan kepada siswa. Siswa harus membangun sendiri pengetahuan di dalam benaknya. Guru dapat memberikan kemudahan untuk proses ini, dan dengan memberikan kesempatan siswa untuk menemukan atau menerapkan ide-ide mereka sendiri, dan mengajar siswa menjadi sadar dan secara sadar menggunakan strategi mereka untuk belajar (Trianto, 2007).

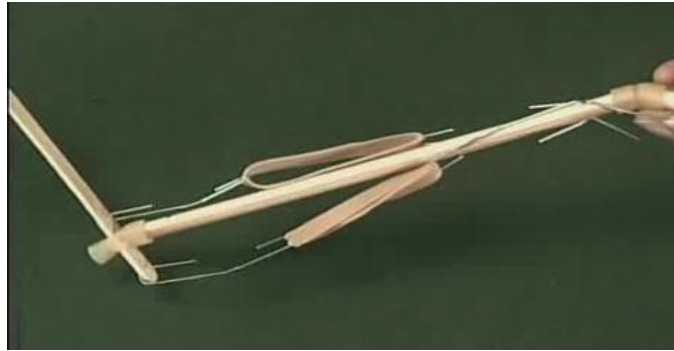
Strategi inkuiri berarti suatu rangkaian kegiatan belajar yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, logis, analitis, sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri (Gulo dalam Trianto, 2009). Inkuiri tercipta melalui konfrontasi intelektual, di mana siswa dihadapkan pada situasi yang aneh dan mereka mulai bertanya-tanya tentang hal tersebut. Dikarenakan tujuan akhir model ini adalah pembentukan pengetahuan baru, maka siswa dihadapkan pada sesuatu yang memungkinan untuk diselidiki dengan cermat (Joice dan Well, 2000).

Salah satu kemas pembelajaran berbasis konstruktivis yang memberikan peluang kepada siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri dan menumbuh kembangkan sikap ilmiah adalah pembelajaran inkuiri (Wirtha dan Rapi, 2008). Strategi pembelajaran inkuiri lebih menekankan pada proses penemuan dan peran aktif siswa baik fisik maupun mental dalam proses pembelajaran, sehingga diperlukan berbagai latihan melalui proses ilmiah atau eksperimen. Proses inkuiri diberikan kepada siswa melalui prosedur pemecahan masalah secara ilmiah. Strategi pembelajaran inkuiri mampu meningkatkan minat belajar siswa, yang diharapkan dengan minat belajar yang meningkat sikap siswa, iklim kelas dan motivasi siswa menjadi lebih baik. Penggunaan media pembelajaran dapat membangkitkan minat yang baru, meningkatkan kualitas pembelajaran dan memberikan rangsangan dalam kegiatan pembelajaran, sehingga dapat mengefektifkan proses kegiatan pembelajaran. (Fityana, 2012).

Pembelajaran inkuiri yang diterapkan terdapat lima tahap atau yang dikenal dengan 5E yaitu fase *engagement*, *eksplorasi*, *eksplanasi*, *elaborasi* dan *evaluasi*. Fase *engagement* adalah fase melibatkan peserta didik dalam pembelajaran dengan menarik perhatian mereka kepada topik-topik yang akan dipelajari. Fase *eksplorasi* kemudian peserta diberikan kesempatan untuk mengeksplorasi seluas-luasnya dan sedalam-dalamnya materi yang akan dipelajari. Peserta secara aktif kontak dengan fenomena atau situasi yang mereka pelajari. Dengan model 5E peserta diberi kesempatan diberikan kesempatan untuk menjelaskan hasil eksplorasinya pada fase *eksplanasi*. Mereka didorong untuk menemukan pola-pola, hubungan-hubungan, dan jawaban terhadap pertanyaan. Mereka menjelaskan kepada peserta didik lainnya tentang pemahaman mereka. Hal ini memaksa mereka untuk berusaha keras memahami fakta, data dan informasi yang diperoleh dengan sebaik-sebaiknya. Pada fase *elaborasi* peserta diberi kesempatan untuk menerapkan konsep-konsep dan prinsip-prinsip penting yang telah mereka peroleh dalam konteks baru. Pada fase terakhir pemahaman peserta di *evaluasi* sebagai umpan balik yang sangat penting (Ketut Suma, 2010).

Pembelajaran yang disusun oleh Chabalengula dan Mumba (2012) dengan menggunakan model kaki manusia juga menerapkan fase 5E, oleh karena itu pembelajaran ini dimasukkan ke dalam pembelajaran inkuiri. Media kaki manusia adalah media yang berbentuk kaki manusia yang diadopsi dari FOSS (*Full Option Science Sistem*) dari Universitas Kalifornia, USA. Media ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana kaki manusia dan struktur yang terkait berfungsi ketika seseorang mengangkat atau meletakkan kaki. Media kaki manusia disusun dengan mempergunakan bahan-bahan berikut: 18 cm pena (mewakili tulang kaki atas dan bawah), 1 tabung karet tanpa lubang (mewakili ligament), 1 karet tabung dengan lubang (mewakili pesendian), 1 tongkat es krim (mewakili kaki), 3 karet gelang besar (mewakili otot), dan 6 klip kertas (mewakili tendon).



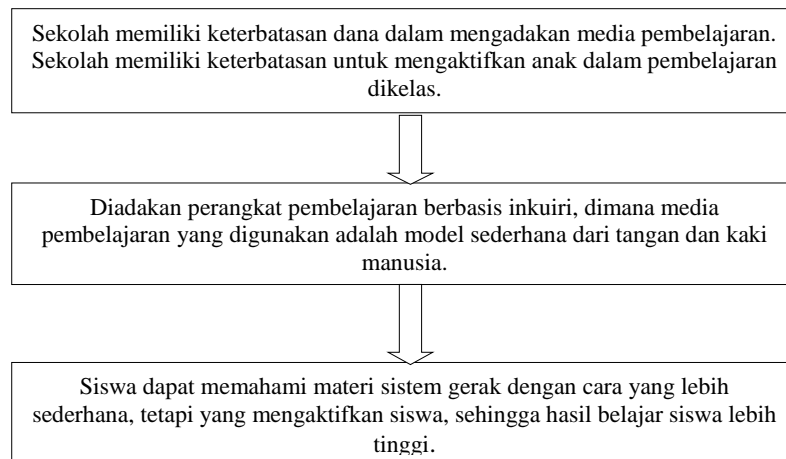


Gambar 1. Alat peraga bentuk kaki manusia oleh MBII ( Chabalengula dan Mumba, 2012)

Dalam penelitian Chabalengula dan Mumba (2012), mengadopsi penelitian Schwartz tahun 2007 yang menggunakan model pembelajaran dengan siklus 5E yaitu *Engage, Explore, Explain, Elaborate dan Evaluate*. Berdasarkan penelitian mereka, didapatkan hasil bahwa kegiatan pembelajaran dengan media ini dapat digunakan dalam pengajaran untuk menemukan fenomena biologi.

Penelitian ini didasarkan karena kurangnya fasilitas sekolah untuk mengadakan media ajar, disebabkan kurangnya biaya. Kurangnya media ajar mengakibatkan siswa kurang dapat memahami pelajaran secara maksimal, “belajar hanya seperti berkhayal”. Kurangnya media ajar mengakibatkan guru tidak bisa mengajar secara lebih maksimal. Kedua akibat dari kurangnya media ajar diatas menjadi salah satu alasan mengapa sekolah lambat untuk maju atau berkembang.

Untuk mengakomodir kedua masalah diatas, maka dikembangkan perangkat pembelajaran berbasis inkuiri yang valid, praktis dan efektif. Media alat peraga yang digunakan dalam perangkat pembelajaran ini adalah media model kaki dan tangan manusia. Media model kaki manusia didapatkan berdasarkan ide penelitian Chabalengula dan Mumba (2012), sedangkan media model tangan manusia berdasarkan hasil kreasi dari peneliti.



Gambar 2. Bagan kerangka pikir penelitian pengembangan perangkat pembelajaran berbasis inkuiri

#### METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan. Peneliti mengembangkan perangkat pembelajaran biologi berbasis inkuiri pada materi sistem gerak. Lokasi penelitian pada SMP Negeri 1 Kecamatan Pamona Utara, Kabupaten.Poso, Sulawesi Tengah, dan daerah penyebaran pada sekolah-sekolah SMP Rayon III, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah.

Perangkat pelajaran terdiri dari: Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Buku Siswa, Lembar Kegiatan Siswa (LKS), media pembelajaran sederhana yaitu alat peraga model kaki dan tangan manusia.

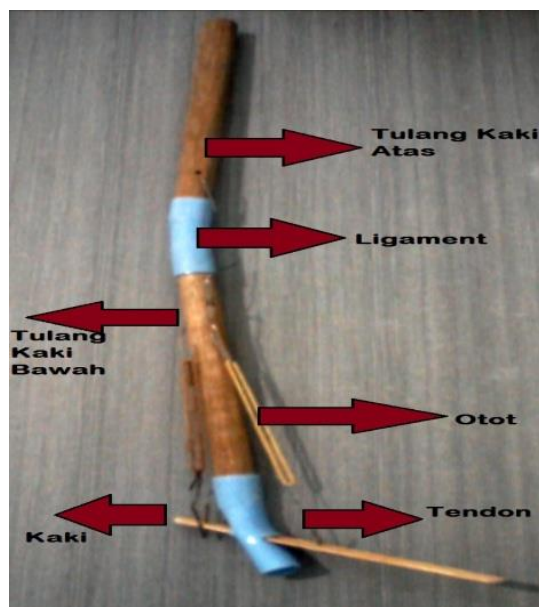
Pengembangan perangkat pembelajaran mengacu pada model Thiagarajan, Sammel dan Sammel 1974 (model 4-D), yang terdiri dari 4 tahap yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan penyebaran (*dessiminate*).

Untuk mengukur kevalidan perangkat, peneliti menggunakan 3 validator yaitu 2 validator ahli dan 1 validator praktisi. Validasi dilakukan sebelum perangkat dimasukkan dalam tahap uji coba. Validasi dilakukan dengan menggunakan instrument-instrument validasi. Untuk mengukur keefektifan perangkat digunakan instrument keterlaksanaan perangkat pembelajaran yang diisi oleh dua orang pengamat. Untuk mengukur kepraktisan perangkat digunakan instrument-instrument kemampuan guru mengelola pembelajaran, aktivitas siswa, respon siswa dan tes hasil belajar.

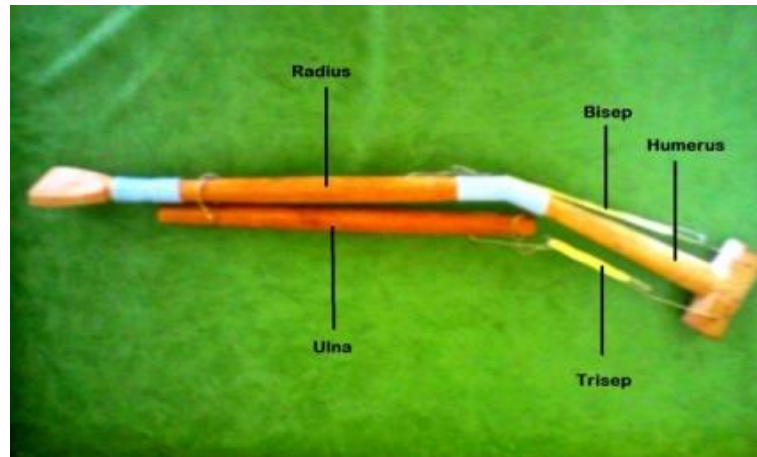
## PEMBAHASAN

Pada tahap awal pendefinisian yaitu analisis awal dan analisis siswa, yang dilakukan dengan observasi terlihat dengan jelas bahwa pembelajaran yang didominasi oleh guru tidaklah efisien untuk siswa-siswa yang aktif, misalnya siswa-siswa yang terdapat pada daerah pasca konflik tempat penelitian. Siswa yang aktif cenderung bukan hanya mengaktifkan daya pikir, tetapi harus mengimplementasikan apa yang ada dalam pemikiran mereka dalam bentuk gerak dan kata. Tahap selanjutnya dalam pendefinisian yaitu analisis konsep dan tugas. Dalam analisis konsep, terlihat bahwa materi system gerak memiliki satu kompetensi dasar yang harus dituntaskan oleh siswa dan guru dalam pembelajaran, sehingga dalam penelitian ini peneliti menyusun hanya tiga kali pertemuan pembelajaran yang dirasa cukup untuk mengakomodir kompetensi dasar pembelajaran. Dalam analisis tugas, hasil observasi, terlihat siswa telah terbiasa dengan pengerjaan LKS dan Tes Hasil Belajar. Hal ini tidak akan dirubah oleh peneliti, agar supaya siswa dan guru tidak merasa kaget dalam melaksanakan pembelajaran yang didalamnya telah dilakukan juga perubahan-perubahan pada bagian lainnya. Perubahan yang dilakukan oleh peneliti dalam pengerjaan LKS adalah waktu pengerjaan, dimana kebiasaan siswa mengerjakan diluar jam pembelajaran akan dipindah menjadi didalam jam pembelajaran itu sendiri. Tahap akhir dari pendefinisian yaitu perumusan tujuan pembelajaran yang diturunkan dari indicator kompetensi dasar, dimana indicator kompetensi dasar diturunkan dari kompetensi dasar.

Tahap selanjutnya yaitu tahap perancangan, didalamnya perancangan tes, media, format, dan perancangan awal. Perancangan tes dilakukan pada tahap awal perancangan hal ini dikarenakan tes merupakan tolak ukur yang akan dapat menggambarkan kesuksesan pembelajaran. Dari tes yang telah disusun, kemudian disusun media model kaki dan tangan manusia (gambar 2 dan 3) yang merupakan ciri khas dalam perangkat pembelajaran inkuiri ini. Media ini tesusun atas kayu penjepit kertas, karet gelang, batang es krim, dan pipa karet. Media ini menggambarkan pergerakan otot dan tulang yang terdapat pada tangan dan kaki manusia.



Gambar 3. Media Model Kaki Manusia dalam penelitian ini



Gambar 4. Media Model Tangan Manusia dalam penelitian ini

Selanjutnya format RPP, Buku Siswa dan LKS di susun sesederhana mungkin, untuk tidak membuat siswa merasa terbebani pada format, sehingga siswa lebih tertarik pada isi dalam pembelajaran. Perangkat yang disusun baik itu RPP, Buku Siswa ataupun LKS terdiri dari tiga pertemuan, yang disusun dengan format yang sama untuk tiap pertemuan. Perancangan awal yang didapatkan selanjutnya memasuki tahap uji coba dan validasi yang merupakan tahapan pengembangan.

Tahap pengembangan yaitu tahap validasi ahli dan uji coba. Setelah uji coba dilakukan maka pembahasan hasil penelitian ini meliputi tiga hal yaitu kevalidan, kepraktisan dan keefektifan. Hasil uji coba yang dilakukan kemudian dijadikan sebagai dasar untuk melihat sejauh mana kevalidan, kepraktisan dan keefektifan perangkat yang dikembangkan.

#### ***Kevalidan perangkat pembelajaran.***

Perangkat pembelajaran yang dikembangkan dilakukan validasi oleh ahli dan praktisi sebagai salah satu syarat apakah suatu perangkat pembelajaran layak atau tidak untuk di ujicobakan. Berdasarkan hasil penilaian dua validator ahli dan satu praktisi (pendidik sederajat), diperoleh hasil bahwa secara umum keseluruhan komponen perangkat pembelajaran berbasis inkuiri (prototype I) dan instrumennya dinyatakan valid. Dengan demikian perangkat pembelajaran dan instrumennya dapat diterapkan atau diujicobakan. Meskipun secara keseluruhan perangkat dan instrumennya memenuhi kriteria valid namun terdapat saran ahli sehingga dapat diterapkan dengan revisi kecil.

Pada RPP telah memenuhi kriteria valid dengan penilaian total 3,56, sehingga dapat diterapkan revisi kecil dengan memperhatikan beberapa saran ahli untuk perbaikan RPP. Pada media model kaki dan tangan manusia telah memenuhi kriteria valid dengan penilaian total 3,70 sehingga dapat diterapkan revisi kecil dengan memperhatikan beberapa saran ahli untuk perbaikan media. Pada buku siswa yang dikembangkan berdasarkan analisis data telah memenuhi kriteria valid dengan penilaian total 3,46 sehingga dapat diterapkan revisi kecil dengan memperhatikan beberapa saran ahli untuk perbaikan buku siswa. Pada lembar kerja siswa telah memenuhi kriteria valid dengan penilaian total 3,53 sehingga dapat diterapkan revisi kecil dengan memperhatikan beberapa saran ahli untuk perbaikan lembar kerja siswa.

Setelah dilakukan perbaikan-perbaikan berdasarkan saran ahli, maka perangkat dilakukan uji coba yang akan menunjukkan nilai kepraktisan dan keefektifan perangkat.

#### ***Kepraktisan perangkat pembelajaran***

Data kepraktisan perangkat diperoleh dari analisis data keterlaksanaan perangkat pembelajaran hasil ujicoba oleh dua orang pengamat. Hasil analisis terhadap pelaksanaan perangkat pembelajaran dilakukan dengan menghitung realibilitas (derajat kepercayaan) instrumen agar data hasil uji coba layak digunakan untuk menilai kepraktisan perangkat pembelajaran.

Penjelasan tentang hasil penamatan terhadap pelaksanaan perangkat pembelajaran selama uji coba sebagai berikut.

### ***Sintaks pembelajaran berbasis inkuiri***

Pengamatan terhadap aspek sintaks pembelajaran berbasis inkuiri selama uji coba dimana peserta pembelajaran telah mampu melaksanakan fase-fase pembelajaran inkuiri secara optimal. Rata-rata hasil pengamatan pada sintaks pembelajaran berbasis inkuiri berada pada kategori terlaksana seluruhnya yaitu 4,50 ( $M > 2$ ).

Sintaks pembelajaran berbasis inkuiri dari pertemuan I,II sampai pertemuan ke III memiliki rerata aspek tiap pertemuan sama yaitu 4,50. Nilai sama yang didapatkan dikarenakan tiap pertemuan melaksanakan tiap sintaks, tak ada pertemuan yang melewati tiap sintaks/fase inkuiri.

Adapun indikator yang dinilai dalam sintaks pembelajaran berbasis inkuiri adalah fase *engagement* dalam hal ini menarik perhatian siswa, fase *eksplorasi* dalam hal ini mengajak siswa menggali materi sedalam-dalamnya, fase *eksplanasi* dalam hal ini guru mengajak siswa menjelaskan hasil diskusi mereka, fase *elaborasi* guru mengajak siswa menarik konsep baru dan fase *evaluasi* guru mengevaluasi siswa.

### ***Interaksi sosial***

Pengamatan terhadap aspek interaksi sosial selama uji coba dimana peserta pembelajaran telah mampu melakukan interaksi sosial secara optimal. Rata-rata hasil pengamatan pada aspek interaksi sosial berada pada kategori terlaksana seluruhnya yaitu 4,33 ( $M > 2$ ).

Aspek interaksi sosial dari pertemuan I,II sampai pertemuan ke III memiliki rerata aspek tiap pertemuan yaitu 4,00; 4,67; dan 4,33. Dari pengamatan terlihat karena pada pertemuan I masih terasa kecanggungan dari pendidik dan siswa dalam pembelajaran yang dikemas secara inkuiri, pada pertemuan II pendidik dan siswa mulai terbiasa dalam pembelajaran yang dikemas secara inkuiri sehingga interaksi sosial mulai meningkat, dan pada pertemuan III terjadi lagi penurunan nilai dikarenakan materi pembahasan yaitu sendi jangkauannya lebih luas sehingga guru harus mengurangi ineteraksi dua arah antara siswa dan guru, dan lebih memberikan kesempatan kepada siswa untuk menggali materi sedalam-dalamnya.

Adapun indikator yang dinilai dalam aspek interaksi sosial adalah interaksi multi arah antara guru dengan siswa, keaktifan siswa, serta pemberian kesempatan kepada siswa untuk terlibat aktif dalam pembelajaran.

### ***Prinsip reaksi***

Pengamatan terhadap aspek prinsip reaksi selama uji coba dimana peserta pembelajaran telah mampu melaksanakan prinsip reaksi secara optimal. Rata-rata hasil pengamatan pada sintaks pembelajaran berbasis inkuiri berada pada kategori terlaksana seluruhnya yaitu 4,46 ( $M > 2$ ).

Aspek prinsip reaksi dari pertemuan I,II sampai pertemuan ke III memiliki rerata aspek tiap pertemuan yaitu 4,25; 4,50; dan 4,63. Peningkatan nilai dari pertemuan ke I sampai pertemuan ke III, dikarenakan guru mulai terlatih atau beradaptasi dengan perangkat pembelajaran dari pertemuan ke I, II hingga pertemuan ke III.

Adapun indikator yang dinilai dalam aspek prinsip reaksi adalah guru menciptakan suasana yang kondusif untuk pembelajaran dan membangkitkan motivasi siswa untuk belajar, guru menyediakan dan mengelola sumber-sumber belajar yang relevan yang dapat mendukung kelancaran proses pembelajaran, guru member penguatan positif.

### ***Keefektifan perangkat pembelajaran***

Perangkat pembelajaran dikatakan efektif jika memenuhi empat kriteria keefektifan yaitu; (1) kemampuan pendidik mengelola pembelajaran memadai apabila nilai KG minimal berada dalam kategori tinggi, (2) aktivitas siswa ideal, apabila enam dari sembilan kriteria batas toleransi pencapaian waktu ideal yang digunakan terpenuhi, dengan syarat kerja mengerjakan lembar kerja siswa, diskusi kelompok dalam memecahkan masalah, dan presentasi/ penyajian hasil pemecahan masalah terpenuhi (karena merupakan kerja inti dari pembelajaran berbasis masalah), (3) respon positif siswa terhadap kerja pembelajaran, buku siswa, dan lembar kerja siswa, dimana lebih dari 50 % siswa memberi respon positif terhadap minimal 70 % dari jumlah aspek yang ditanyakan, dan (4) Siswa berhasil dalam belajar jika ketuntasan belajar siswa secara individual dan secara klasikal minimal 85 % terhadap standar ketuntasan minimal (Nurdin, 2007).

### ***Kemampuan pendidik mengelola pembelajaran***

Secara keseluruhan, kemampuan pendidik mengelola pembelajaran berbasis inkuiri selama ujicoba dengan nilai rata-rata total pengamatan berada pada kategori sangat tinggi yaitu 4,60. Jadi berdasarkan syarat keefektifan perangkat, maka kemampuan pendidik mengelola pembelajaran berbasis inkuiri belajar dinyatakan efektif.

Kegiatan awal (fase *anagement*) dari pertemuan I,II dan III memiliki nilai masing-masing 5,00; 4,40; dan 4,40. Terlihat nilai pada pertemuan I lebih tinggi dari pertemuan II dan III, hal ini disebabkan guru masih terbiasa dengan pembelajaran ceramah dipembelajaran-pembelajaran sebelumnya sehingga pada pertemuan I guru masih terlihat lebih aktif menarik perhatian siswa (guru terlihat mendominasi). Pada pertemuan II dan III kegiatan guru untuk mendominasi mulai berkurang, disebabkan guru mulai menegrti bahwa pembelajran inkuiri yang baik adalah siswa yang lebih mendominasi. Adapun indicator-indikator yang diamati pada kegiatan awal (fase *anagement*) adalah menyampaikan salam, mengabsensi siswa, menarik perhatian siswa, mengenalkan media peraga, dan membagi siswa dalam kelompok-kelompok.

Kegiatan inti (fase *eksploration*, *eksplanation*, dan *elaborasi*) dari pertemuan I,II dan III memiliki nilai masing-masing 4,38; 4,88; dan 4,75. Dari pengamatan terlihat pada pertemuan I guru masih terlihat adanya kecanggungan dalam melakukan pembelajaran dengan mengaktifkan siswa sehingga nilai dipertemuan ini lebih rendah dibanding pertemuan ke II dan III. Pada pertemuan ke II mulai ada kenaikan nilai, tetapi kemudian berkurang pada pertemuan ke III. Hal ini dikarenakan pada pertemuan ke II guru telah terbiasa dengan pembelajaran, tetapi pada pertemuan ke III menurun lagi karena materi sendi cakupannya luas ajadi walaupun guru telah terbiasa dengan pembelajaran tetapi guru masih belum bias terlalu melepaskan siswa untuk bekerja secara aktif sendiri. Adapun indicator yang dinilai pada kegiatan ini adalah pada fase *eksploration* merangsang daya atrik siswa untuk mengenal bagian-bagiana lat peraga, memberikan kesempatan kepada tiap kelompok untuk mendiskusikan LKS berdasarkan bahan ajar; pada fase *eksplanation* guru meminta kepada tiap kelompok untuk menyampaikan hasil diskusi mereka dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan; sedangkan pada fase *elaboration* guru menanyakan respon siswa tentang materi yang telah diajarkan dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan, serta guru memberikan tes kepada siswa sebagai bahan evaluasi.

Kegiatan akhir (fase *evaluation*) dari pertemuan I,II dan III memiliki nilai masing-masing 4,50; 5,00; dan 5,00. Dari pengamatan pada pertemuan ke I nilai lebih rendah dibanding pertemuan II dan III dikarenakan guru masih belum terbiasa untuk melakukan evaluasi secara langsung kepada siswa, sedangkan pada pertemuan ke II dan III guru sudah mulai terbiasa melakukan evaluasi langsung kepada siswa. Adapun indikator yang diamati dalam kegiatan akhir adalah guru memberikan te skepada siswa sebagai bahan evaluasi.

Pengelolaan waktu dari pertemuan I,II dan III memiliki nilai masing-masing 4,00; 4,50; dan 4,50. Dari pengamatan pada pertemuan ke I nilai lebih rendah dibanding pertemuan II dan III dikarenakan guru masih belum terbiasa untuk mengelola waktu dalam pembelajaran berbasis inkuiri, sedangkan pada pertemuan ke II dan III guru sudah mulai terbiasa mengelola waktu dalam pembelajaran berbasis inkuir. Adapun indikator yang diamati dalam kegiatan akhir adalah guru melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan alokasi waktu pada RPP.

Sausana kelas memiliki nilai masing-masing dari pertemuan I,II dan III memiliki nilai masing-masing 4,50; 5,00; dan 4,25. Dari pengamatan terlihat pada pertemuan I guru dan siswa masih canggung untuk melakukan pembelajaran inkuiri sehingga nilai berada pada level 4,50, pada pertemuan ke II guru dan siswa sudah mulai terbiasa dengan pembelajaran sehingga suasana kelas memiliki nilai meningkat, pada pertemuan ke III susana kelas mulai menurun lagi dikarenakan sub materi terakhir luas sehingga siswa dan guru berusaha mengejar agar materi terselesaikan.

### ***Aktivitas siswa***

Berdasarkan hasil analisis pencapaian waktu aktivitas siswa, sembilan atau seluruh kerja/aktivitas siswa telah terpenuhi sesuai dengan interval toleransi waktu idealnya, yang berarti bahwa siswa telah melaksanakan pembelajaran berbasis inkuiri dengan baik. Data tersebut terlihat dari rata-rata persentase waktu yang dihabiskan oleh siswa dalam aktivitas pembelajaran berada dalam rentang waktu ideal yang ditoleransi.

Persentase rata-rata waktu terendah pertama terdapat pada kategori XI (aktivitas siswa melakukan kegiatan lain seperti tidak memperhatikan penjelasan pendidik, menyontek pekerjaan teman, atau melakukan aktivitas yang tidak berkaitan dengan pembelajaran) adalah 0,00 dengan interval toleransi 0,00 – 5,00. Nilai 0,00 yang dihasilkan menggambarkan bahwa siswa aktif dalam pembelajaran dan tidak berkesempatan untuk melakukan aktivitas yang lain.

Persentase rata-rata waktu terendah kedua terdapat pada kategori VI (mempersentasekan hasil diskusi dengan kelompok didepan kelas atau memperhatikan persentasi kelompok lainnya) adalah 8,33 dengan interval toleransi 1-11. Dari semua aktivitas yang memiliki nilai diatas 0,00 aktivitas inilah yang berada pada bagian terendah, karena aktivitas ini masih baru bagi siswa. Tetapi jika dilihat dari persentase tiap pertemuan maka persentase waktu yang dihasilkan masing-masing pertemuan adalah 5,54;8,33;11,11 dimana peningkatan terjadi dari tiap pertemuan, yang menandakan bahwa siswa mulai bias beradaptasi dengan aktivitas VI.

Persentase rata-rata waktu terendah ketiga terdapat pada kategori I (mendengarkan dengan cermat penjelasan pendidik) dan VIII (bersama dengan guru menerapkan kekonsep baru) yaitu 9,25 dengan interval toleransi 6-16 dan 1-11. Kedua aktivitas ini merupakan aktivitas penunjang dari kegiatan ini, yaitu aktivitas awal dan aktivitas penutup. Untuk kategori I yang merupakan kegiatan awal, terjadi peningkatan dari pertemuan I,II dan III yaitu 8,30; 8,33; 11,11, menandakan bahwa terjadi peningkatan aktivitas siswa dari tiap pertemuan untuk kategori I. Siswa menjadi lebih aktif untuk mendengarkan dengan cermat penjelasan peserta didik dari tiap pertemuan ke pertemuan selanjutnya. Untuk kategori VIII yang merupakan kegiatan akhir, memiliki persentase waktu 8,31;11,11; 8,33. Pertemuan ke II mengalami peningkatan karena materi yang dibahas pada pertemuan ke II lebih sempit dari pertemuan ke I, sehingga waktu untuk mengadakan evaluasi lebih lama dibandingkan dengan pertemuan ke I. Sebaliknya terjadi penurunan pada pertemuan ke III, dikarenakan materi yang dibahas pada pertemuan ke III lebih luas, sehingga waktu yang digunakan pada kegiatan inti lebih lama, dan menyisahkan waktu yang lebih pendek pada kegiatan akhir.

Persentase waktu terendah selanjutnya terdapat pada kategori IV (menyelesaikan LKS secara mandiri) yaitu 8,33 (interval toleransi 6-16), kategori VII (merespon penjelasan pendidik/teman, baik melalui pertanyaan, menjawab, maupun menanggapi hasil diskusi) yaitu 10,29 (interval toleransi 6-16), kategori II (membaca dan memahami materi ajar) yaitu 11,09 (interval toleransi 6-16), kategori V (berdiskusi dengan kelompok dalam memecahkan masalah) yaitu 19,42 (interval toleransi 17-27), dan kategori III (mencari jawaban atas masalah yang diberikan) yaitu 22,20 (interval toleransi 17-27). Kategori-kategori yang dituliskan diatas merupakan kegiatan inti dalam pembelajaran dan inti dari inkuiri terdapat dalam kegiatan-kegiatan diatas, oleh karena itu waktu yang digunakan dalam kategori-kategori diatas adalah waktu yang terlama dari pada kategori-kategori lainnya.

### ***Respon siswa***

Berdasarkan hasil analisis data respon siswa, maka rata-rata siswa merespon positif terhadap perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan. Respon siswa terhadap buku siswa adalah 84,14% (>70%), LKS 87,59 (70%), dan cara mengajar guru 80,69 (70%). Media pembelajaran tidak dicantumkan dalam instrument tetapi, dalam kolom komentar yang diberikan kesempatan kepada siswa untuk mengisinya, siswa menuliskan bahwa media model kaki dan tangan manusia sangat membantu mereka dalam pemahaman akan materi dan menjadi daya tarik bagi perangkat pembelajaran.

### ***Hasil belajar***

Hasil belajar siswa dari instrumen pengumpul data ujicoba secara keseluruhan menunjukkan bahwa persentase ketuntasan belajar siswa adalah 85,71 %. Dengan hasil tersebut berarti siswa mencapai ketuntasan belajar secara klasikal. Kriteria ini mengacu pada syarat ketuntasan belajar yaitu ketuntasan individual jika mencapai nilai minimal 70 dan secara klasikal minimal 85% siswa mencapai ketuntasan minimum (KKM) berdasarkan KTSP di SMP N 1 Pamona Utara tempat penelitian yaitu 70 (KKM = 70).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas pada pembahasan, maka perangkat pembelajaran yang disusun dikategorikan dalam perangkat pelajaran yang valid, praktis dan efektif. Tetapi, terdapat juga kekurangan-kekurangan pada perangkat pembelajaran yang didapatkan dalam penelitian lapangan. Adapun kekurangan-kekurangan dan kelebihan-kelebihan yang terdapat pada perangkat pembelajaran inkuiri yang disusun adalah sebagai berikut.

Kekurangan-kekurangan perangkat pembelajaran yang disusun adalah:

1. Penggunaan media model kaki dan tangan manusia yang telah dirancang tidak dapat menjelaskan secara rinci materi pembelajaran sendi pada pokok bahasan sistem gerak.
2. Guru yang menggunakan perangkat pembelajaran inkuiri ini disarankan memiliki pengetahuan lebih luas tentang materi sistem gerak. Hal ini menghindari diskusi anak-anak yang lebih luas dari jangkauan materi, dikarenakan pengerjaan pada LKS yang memberikan kesempatan kepada anak menggali pengetahuannya secara lebih dalam.
3. Guru yang menggunakan perangkat pembelajaran inkuiri ini harus menguasai management pembagian waktu tiap fase dalam RPP yang telah disusun. Hal ini menghindari pelaksanaan pembelajaran yang keluar dari waktu yang disarankan, karena pengerjaan dan pembahasan LKS yang berada pada saat pembelajaran dan menjadi fase inti dalam pembelajaran. Sedangkan setelah fase inti tersebut akan dilanjutkan dengan fase akhir yang melengkapi dan tidak bisa dipisahkan dari fase inti.
4. Guru yang menggunakan perangkat pembelajaran inkuiri ini harus menguasai penggunaan media model kaki dan tangan manusia yang merupakan ciri kekhasan dari perangkat pembelajaran inkuiri yang disusun dalam penelitian ini.
5. Semua komponen perangkat pembelajaran baik itu RPP, buku siswa, LKS, media model kaki dan tangan manusia merupakan satu kesatuan yang hanya dapat dipergunakan pada materi sistem gerak.

Kelebihan-kelebihan perangkat pembelajaran inkuiri yang disusun adalah:

- 1) Kekhasan pada perangkat pembelajaran ini adalah media model tangan dan kaki manusia yang merupakan salah satu komponen perangkat pembelajaran, dan hal ini tidak dimiliki oleh perangkat pembelajaran inkuiri lainnya.
- 2) Setiap komponen perangkat pembelajaran disusun dengan sederhana, dan memiliki format yang sama dalam tiap pertemuan, sehingga mudah dimengerti oleh pemakai.
- 3) Perangkat pembelajaran yang disusun merubah proses pembelajaran yang berpusat kepada guru menjadi berpusat pada siswa.
- 4) Perangkat pembelajaran yang disusun mengajarkan siswa untuk menggali pengetahuannya secara lebih dalam lagi, yang akan dipertanggungjawabkannya kepada kelompoknya dalam proses pembelajaran maupun pada guru dan diri pribadinya.
- 5) Guru dan siswa yang menggunakan perangkat pembelajaran inkuiri ini dalam pembelajaran juga dapat belajar mengatur waktu, bukan hanya mengetahui materi yang dipelajari berdasarkan standar kompetensi dan kompetensi dasar.

### KESIMPULAN

Kualitas perangkat pembelajaran pokok bahasan sistem gerak, yang berbasis inkuiri telah memenuhi kriteria valid berdasarkan analisis hasil validasi, telah memenuhi kriteria praktis berdasarkan analisis hasil keterlaksanaan perangkat pembelajaran yang dinyatakan reliable (dapat dipercaya) dan telah memenuhi kriteria efektif berdasarkan analisis hasil kemampuan pendidik mengelola pembelajaran dinyatakan reliable, aktivitas siswa berada dalam rentang waktu yang ideal, respon siswa masuk dalam kategori positif, serta tes hasil belajar siswa masuk dalam kategori tuntas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S. dan Ahmadi, K. 2010. Proses Pembelajaran Kreatif dan Inovatif dalam Kelas. Jakarta: Prestasi Putra Karya.
- Chabalegula, Vivian Mwene dan Frackson Mumba. 2012. Promoting Biological Knowledge Generation Using Model- Based Inquiry Instruction. USA : Southern Illinois University.
- Djauhari. 2006. Pendidikan Untuk Apa?. Bandung : ITBFitriyana Rachmah. 2012. Penerapan Strategi Pembelajaran Inkuiri Dipadukan Media Audio Visual Untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Biologi Siswa Kelas VII D Smp N 1 Jaten. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- FOSS. Human Arm Model. ([http://lhsfoss.org/fossweb/schools/teachervideos/3\\_4/HumanBody\\_flash.html](http://lhsfoss.org/fossweb/schools/teachervideos/3_4/HumanBody_flash.html)). Tanggal Akses 15 Januari 2013.
- Hasbullah. 2009. Dasar-Dasar Ilmu Pendidikan. Jakarta : Rajawali Press.
- Holt, John. 2010. Mengapa Siswa gagal. Terjemahan Petrus Lakonawa Jakarta: Erlangga.
- Joice, B. dan Weil, M. With Calhoun, E. 2000. Models of Teaching. Boston: allyn and Bacon.

- Ketut Suma.2010. Efektivitas pembelajaran berbasis inkuiri dalam peningkatan penguasaan konten dan penalaran ilmiah para calon guru fisika. Univ.Pendidikan Ganesha.
- Nurdin. 2007. Model Pembelajaran Matematika yang Menumbuhkembangkan Metakognitif Untuk Menguasai Bahan Ajar. Disertasi . Tidak diterbitkan. Surabaya: universitas negeri surabaya.
- Nurhayati B, 2011. Strategi Belajar Mengajar. Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar.
- Sanjaya. 2010. Strategi Pembelajaran Berorientasi Pada Proses Pendidikan. Jakarta: Prenada Media Group.
- Trianto. 2007. Model-Model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivistik. Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.
- Trianto. 2009. Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif (Konsep, landasan, dan Implementasi KTSP). Jakarta: Kencana Prenada Media Group.



# Pengaruh Media Pembelajaran Dan Motivasi Siswa Terhadap Hasil Belajar Pada Materi Pokok Ekosistem Di Kelas X SMA Negeri 7 Medan Tahun Pembelajaran 2012/ 2013

**Purwati dan Fauziyah Harahap**

*Mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Medan.  
Email : purwatipurwati44@yahoo.co.id*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pembelajaran dan motivasi siswa terhadap hasil belajar pada materi pokok ekosistem di kelas X SMA Negeri 7 Medan tahun pembelajaran 2012/ 2013. Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMA Negeri 7 Medan berjumlah 360 siswa, pengambilan sampel adalah random sampling kelas pertama menggunakan media Audio-visual dan kelas kedua menggunakan media charta. Hasil belajar siswa diukur dengan test sebanyak 25 soal. Jenis penelitian merupakan *quasi eksperimen*. Nilai rata – rata hasil belajar siswa dengan materi ekosistem berturut-turut yang memiliki motivasi tinggi yang diajarkan dengan media pembelajaran audio visual adalah  $86,58 \pm 6,24$ , rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar rendah yang dibelajarkan dengan media pembelajaran audio visual adalah  $72,44 \pm 4,67$  dan rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar tinggi yang dibelajarkan dengan media pembelajaran charta adalah  $77,13 \pm 7,82$  serta rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar rendah yang dibelajarkan dengan media pembelajaran charta adalah  $61,60 \pm 7,82$ . Hasil penelitian menunjukkan ada pengaruh signifikan antara media pembelajaran terhadap hasil belajar siswa ( $F_{hitung} = 67,049$ ,  $P=0,000$ ), terdapat pengaruh motivasi belajar siswa terhadap hasil belajar siswa ( $F_{hitung} = 29,165$ ,  $P=0,000$ ), dan terdapat interaksi media pembelajaran dan motivasi belajar siswa terhadap hasil belajar siswa menunjukkan bahwa interaksi media pembelajaran dan motivasi belajar berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa ( $F_{hitung} = 0,066$ ,  $P=0,000$ ). Terdapat kemampuan siswa menjawab soal tingkat tinggi (C4-C6) berdasarkan hasil angket siswa motivasi tinggi media audio visual 37,2% dan rendah 7,13%, sedangkan kemampuan siswa menjawab soal tingkat tinggi media charta 33,28% dan rendah 5,76%.

Kata Kunci : Media Pembelajaran, Motivasi, dan Hasil Belajar

## PENDAHULUAN

Proses belajar mengajar merupakan inti dari proses pendidikan formal di sekolah. Dalam belajar mengajar ada interaksi atau hubungan timbal balik antara siswa dengan guru, dimana siswa menerima bahan pelajaran yang diajarkan oleh guru. Guru mengajar dengan merangsang, membimbing siswa dan mengarahkan siswa, mempelajari bahan pelajaran sesuai dengan tujuan Slameto (2003).

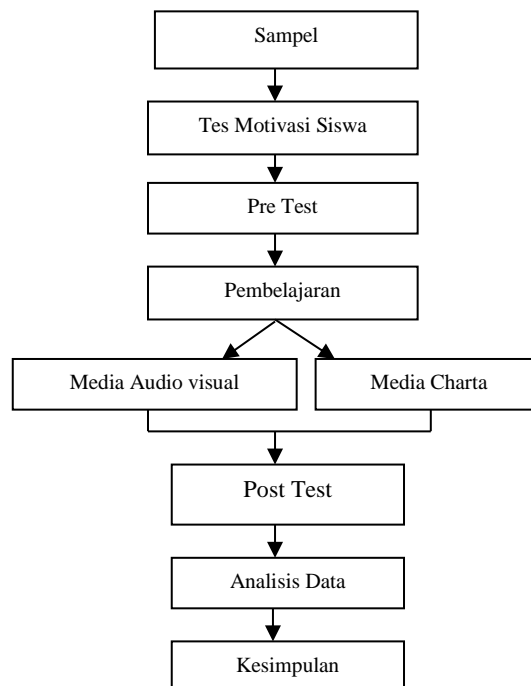
Menurut Arsyad (2011), belajar adalah suatu proses yang kompleks yang terjadi pada diri setiap orang sepanjang hidupnya. Proses belajar itu terjadi karena adanya interaksi antara seseorang dengan lingkungannya. Apabila proses belajar itu diselenggarakan secara formal di sekolah-sekolah, tidak lain ini dimaksudkan untuk mengarahkan perubahan pada diri siswa secara terencana, baik dalam aspek pengetahuan, keterampilan, maupun sikap. Interaksi yang terjadi selama proses belajar tersebut dipengaruhi oleh lingkungannya, yang antara lain terdiri atas murid, guru, petugas perpustakaan, kepala sekolah, bahan atau materi pelajaran, dan berbagai sumber belajar dan fasilitas. Penelitian tentang penggunaan media audio visual sebagai sumber belajar yang sudah dilakukan pada umumnya bertujuan untuk mengetahui perbedaan dan peningkatan hasil belajar berupa penguasaan konsep siswa, yang dilakukan oleh Pandu Prabowo (2010), bahwa penggunaan media media audio visual lebih efektif daripada hasil belajar siswa yang menggunakan media peta konsep.

Berdasarkan hasil observasi peneliti di SMA Negeri 7 Medan diketahui bahwa kegiatan pembelajaran yang sering digunakan adalah metode pembelajaran konvensional, seperti metode ceramah, dan praktikum. Guru biologi di sekolah tersebut cenderung mempertahankan tradisi mengajar yang monoton yaitu dengan ceramah . Metode ceramah kadang tidak sesuai dengan materi yang diajarkan sehingga siswa cenderung bosan dan malas. Untuk itu perlu diadakan mengajar lain untuk meningkatkan belajar siswa. Metode seperti ini kurang efektif, hal tersebut juga terbukti berdasarkan KKM (Kriteria Ketuntasan Minimal) untuk mata pelajaran biologi di kelas X adalah 70. Diketahui pada tahun pembelajaran sebelumnya (2011/2012) sekitar 60 % siswa mencapai kriteria ketuntasan minimal (KKM) dalam pembelajaran biologi dan sekitar 40% tidak mencapai kriteria tersebut.. Untuk meningkatkan rata-rata nilai siswa dan keaktifan siswa dalam proses belajar maka perlu diadakan perubahan-perubahan dalam perencanaan pembelajaran

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah SMA Negeri 7 Medan Tahun Pembelajaran 2012/2013. Waktu penelitian pada bulan Mei – Juni. Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMA Negeri 7 Medan yang terdistribusi menjadi 9 kelas. Sampel penelitian ini adalah dua kelas dimana sampel tersebut diambil dari populasi secara Class Random Sampling 2 kelas.

Dalam penelitian ini media pembelajaran berperan sebagai variabel bebas dua kelompok perlakuan yaitu kelompok pertama sebagai kelas perlakuan media audio visual dan kelompok kedua sebagai kelas perlakuan media charta. Motivasi siswa dalam penelitian ini berperan sebagai variabel moderator. Variabel ini dibedakan atas motivasi tinggi dan motivasi rendah yang kegunaannya untuk melihat interaksi antara media pembelajaran dan motivasi siswa terhadap hasil belajar biologi siswa. Desain penelitian yang akan digunakan adalah desain faktorial 2 x 2 artinya penelitian yang menyangkut dua faktor dan setiap faktor terdiri dari dua taraf yaitu: (1) Faktor media pembelajaran, yang terdiri dari media audio visual dan media charta; dan (2) Faktor motivasi belajar, yang dari motivasi tinggi dan motivasi rendah.



Gambar 1. Skema Prosedur Penelitian

### *Instrumen*

#### *Angket Motivasi siswa*

Motivasi belajar siswa diukur dengan menggunakan instrumen berbentuk angket. Angket motivasi belajar siswa disusun berdasarkan skala likert. Angket yang digunakan pada penelitian ini menggunakan rentang skor 1 sampai 5, jumlah angket yang dijadikan instrumen penelitian ini adalah 40 soal. Setiap pilihan jawaban diberi bobot skor sebagai berikut:

- 1) Untuk pernyataan positif (mendukung) diberi bobot skor 5 sangat setuju (SS), skor 4 setuju (S), skor 3 kurang setuju (KS), skor 2 tidak setuju (TS) dan skor 1 sangat tidak setuju (STS).
- 2) Untuk pernyataan negatif (menolak) diberi bobot skor kebalikan dari pernyataan positif diatas, yaitu: skor 1 sangat setuju (SS), skor 2 setuju (S), skor 3 kurang setuju (KS), skor 4 tidak setuju (TS) dan skor 5 sangat tidak setuju (STS).
- 3) Perhitungan skor tertinggi ideal untuk angket sebesar  $40 \times 5 = 200$  dan skor terendah ideal sebesar  $40 \times 1 = 40$ .

#### *Tes Hasil Belajar*

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa test berbentuk pilihan berganda yang dilakukan diawal (pretest) dan diakhir (post test) dengan jumlah soal sebanyak 40 butir, setiap soal

memiliki 5 option (a, b, c, d, e) dan setiap jawaban yang benar diberi skor 1 dan jawaban yang salah diberi skor 0.

### Teknik analisis Data

Teknik analisis data dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Analisis Deskriptif

Teknik analisis deskriptif dimaksudkan untuk mendeskripsikan data hasil penelitian meliputi mean, standar deviasi, dan varians dari data hasil motivasi siswa dan hasil belajar.

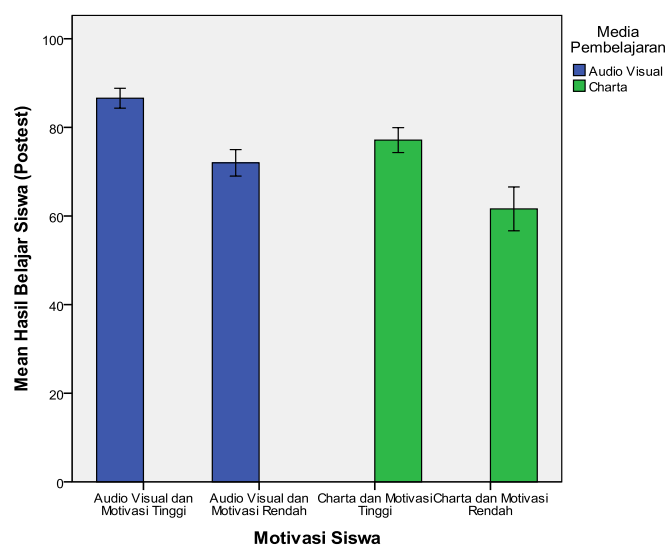
2. Analisis secara Inferensial

Analisis secara inferensial mencakup uji ANAVA dua jalur pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$ . Apabila hasil analisis  $F_{hitung}$  menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dilakukan analisis lanjut dengan uji Scheffe.

Untuk menggunakan ANAVA dua jalur perlu dipenuhi beberapa syarat yaitu: (1) Data yang digunakan harus berdistribusi normal; dan (2) Data harus memiliki varians populasi homogen. Untuk menguji normalitas data digunakan Uji Kolmogorov-smirnov pada taraf signifikan 0,05. Uji homogenitas varians data menggunakan Uji Levene pada taraf signifikansi 0,05. Data akan dianalisis dengan menggunakan software SPSS 19.0.

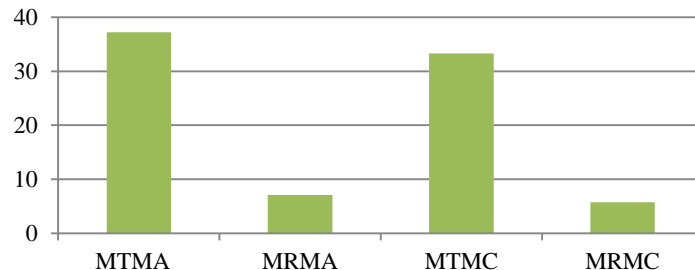
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pretest siswa pada kelas yang diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran audio visual sebesar 54,30 dengan standar deviasi sebesar 9,18 dan nilai pretest siswa pada kelas yang diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran charta sebesar 44,05 dengan standar deviasi sebesar 12,62. Nilai posttest siswa pada kelas yang diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran media audio visual sebesar 83,30 dengan standar deviasi sebesar 8,49 dan nilai posttest siswa pada kelas yang diajarkan dengan media pembelajaran charta sebesar 73,43 dengan standar deviasi sebesar 10,29. hasil belajar siswa (posttest) setelah diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran audio visual diperoleh 9 siswa dengan motivasi rendah, dimana nilai terendah sebesar 64, nilai tertinggi sebesar 76 dan rata-rata nilai sebesar 72,44 dengan standar deviasi 4,67. hasil belajar siswa (posttest) setelah diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran audio visual diperoleh 31 siswa dengan motivasi tinggi, dimana nilai terendah sebesar 76, nilai tertinggi sebesar 100 dan rata-rata nilai sebesar 86,58 dengan standar deviasi 6,24. hasil belajar siswa (posttest) setelah diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran charta diperoleh 10 siswa dengan motivasi rendah, dimana nilai terendah sebesar 52, nilai tertinggi sebesar 72 dan rata-rata nilai sebesar 61,60 dengan standar deviasi 7,82. hasil belajar siswa (posttest) setelah diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran charta diperoleh 32 siswa dengan motivasi tinggi, dimana nilai terendah sebesar 60, nilai tertinggi sebesar 96 dan rata-rata nilai sebesar 77,13 dengan standar deviasi 7,95.



Error bars: +/- 2 SE

Pada gambar grafik diatas menunjukkan bahwa pengaruh media pembelajaran dan motivasi siswa terhadap hasil belajar yang diajarkan dengan media audio visual lebih tinggi dibandingkan dengan media charta. Nilai yang dicapai pembelajaran media audio visual dengan motivasi tinggi  $86,58 \pm 6,24$  dan pembelajaran media audio visual dengan motivasi rendah  $72,44 \pm 4,67$ . Sedangkan Nilai yang dicapai pembelajaran media charta dengan motivasi tinggi  $77,13 \pm 7,95$  dan pembelajaran media charta dengan motivasi rendah  $61,60 \pm 7,82$ .



Pada grafik yang ke dua Terdapat kemampuan siswa menjawab soal tingkat tinggi (C4-C6) berdasarkan hasil angket siswa motivasi tinggi media audio visual (MTMA) 37,2% dan motivasi rendah media audio visual (MRMA) 7,13%, sedangkan kemampuan siswa menjawab soal tingkat tinggi motivasi tinggi media charta (MTMC) 33,28% dan motivasi rendah media charta (MRMC) 5,76%.

#### ***Pengaruh Media Pembelajaran Audio Visual Terhadap Hasil Belajar Siswa***

Hasil uji ANAVA dua jalur pada pengaruh media pembelajaran terhadap hasil belajar siswa menunjukkan bahwa media pembelajaran berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa ( $F_{hitung} = 29,165$ ,  $P=0,000$ ). Hal ini berarti bahwa ada pengaruh media pembelajaran audio visual dan charta terhadap hasil belajar siswa.

#### ***Pengaruh Motivasi Belajar Siswa Terhadap Hasil Belajar Siswa***

Hasil uji ANAVA dua jalur pada pengaruh motivasi belajar siswa terhadap hasil belajar siswa menunjukkan bahwa media pembelajaran berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa ( $F_{hitung} = 67,049$ ,  $P=0,000$ ). Hal ini berarti bahwa ada pengaruh motivasi belajar siswa terhadap hasil belajar siswa.

#### ***Pengaruh Interaksi Media Pembelajaran dan Motivasi Belajar Siswa Terhadap Hasil Belajar Siswa***

Hasil uji ANAVA dua jalur pada pengaruh interaksi media pembelajaran dan motivasi belajar siswa terhadap hasil belajar siswa menunjukkan bahwa interaksi media pembelajaran dan motivasi belajar siswa berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa ( $F_{hitung} = 0,066$ ,  $P=0,000$ ). Hal ini berarti hipotesis nul ditolak dan hipotesis alternatif diterima. Dimana hipotesis alternatif menyatakan bahwa ada pengaruh media pembelajaran dan motivasi belajar siswa terhadap hasil belajar siswa.

Hasil uji lanjut dengan menggunakan uji Scheffe menunjukkan bahwa hasil belajar siswa dengan motivasi tinggi yang diajarkan dengan media pembelajaran audio visual berbeda signifikan dengan hasil belajar siswa dengan motivasi rendah yang diajarkan dengan media pembelajaran audio visual ( $P=0,000 < 0,05$ ) dan juga berbeda signifikan dengan hasil belajar siswa dengan motivasi tinggi dan rendah yang diajarkan dengan media pembelajaran charta ( $P=0,000 < 0,05$ ).

Selanjutnya, hasil belajar siswa dengan motivasi rendah yang diajarkan dengan media pembelajaran audio visual tidak berbeda signifikan dengan hasil belajar siswa dengan motivasi tinggi yang diajarkan dengan media pembelajaran charta ( $P=0,298 > 0,05$ ). Hasil belajar siswa dengan motivasi tinggi yang diajarkan dengan media pembelajaran charta tidak berbeda signifikan dengan hasil belajar siswa dengan motivasi rendah yang diajarkan dengan media pembelajaran audio visual ( $P=0,298 > 0,05$ ).

#### ***Pengaruh Media Pembelajaran (Audio Visual, Charta) Terhadap Hasil Belajar Siswa***

Hasil penelitian dilapangan terlihat bahwa media pembelajaran (audio visual, charta) dan motivasi siswa berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa di kelas X SMA Negeri 7

Medan Tahun Pembelajaran 2012/2013. Hal ini disebabkan karena media pembelajaran audio-visual adalah cara untuk menghasilkan atau menyampaikan materi dengan menggunakan mesin-mesin mekanis dan elektronik untuk menyajikan pesan-pesan audio dan visual. Dengan alat-alat audio-visual maka proses komunikasi menjadi lebih efektif.

Sedangkan media pembelajaran charta menurut Munadi (2010) adalah suatu media yang berupa susunan garis-garis yang lebih menekankan pada suatu perkembangan atau proses suatu organisasi. Charta ada kalanya disertai simbol atau gambar, ada juga charta yang ditambah dengan keterangan singkat. Dari penjelasan dan kelebihan media pembelajaran audio visual dan charta diatas dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran audio visual dan charta mempunyai pengaruh positif terhadap peningkatan hasil belajar siswa.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Prabowo (2010), bahwa hasil belajar biologi menggunakan media audio-visual lebih baik dibandingkan dengan media peta konsep pada materi pokok sistem peredaran darah manusia di SMA Negeri 2 Medan.

### ***Pengaruh Motivasi Belajar Siswa Terhadap Hasil Belajar Siswa***

Hasil penelitian dilapangan menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar tinggi lebih baik dari pada hasil belajar siswa yang memiliki motivasi rendah pada masing-masing media pembelajaran yang diajarkan. Kenyataan ini membuktikan bahwa siswa yang memiliki motivasi belajar tinggi lebih baik daripada dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran yang diajarkan dibandingkan siswa yang memiliki motivasi belajar rendah.

Siswa dengan motivasi belajar tinggi akan lebih kreatif dan aktif dalam pembelajaran. Kepercayaan dirinya yang tinggi membuat dia lebih bersemangat dalam mengikuti pembelajaran dibandingkan dengan siswa yang memiliki motivasi belajar rendah. Penguasaan terhadap hasil belajar merupakan salah satu tujuan pembelajaran sehingga siswayang memiliki motivasi belajar tinggi akan berusaha mencapai tujuan tersebut. Jika seseorang mempunyai motivasi belajar tinggi terhadap pelajaran tentu akan lebih mencurahkan perhatiannya dan berkemauan lebih kuat untuk belajar dan berusaha keras memperoleh hasil terbaik dari kegiatan belajarnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar tinggi yang dibelajarkan dengan media pembelajaran audio-visual adalah 86,58 dengan standar deviasi 6,24 dan Rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar rendah yang dibelajarkan dengan media pembelajaran audio-visual adalah 72,44 dengan standar deviasi 4,67. Sedangkan Rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar tinggi yang dibelajarkan dengan media pembelajaran charta adalah 77,13 dengan standar deviasi 7,95 dan Rata-rata hasil belajar siswa yang memiliki motivasi belajar rendah yang dibelajarkan dengan media pembelajaran charta adalah 61,60 dengan standar deviasi 7,82 dan hasil belajar siswa (postest) setelah diajarkan dengan menggunakan media pembelajaran charta diperoleh 32 siswa dengan motivasi tinggi, dimana nilai terendah sebesar 60, nilai tertinggi sebesar 96 dan rata-rata nilai sebesar 77,13 dengan standar deviasi 7,95 Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa Adanya pengaruh interaksi media pembelajaran dan motivasi siswa terhadap hasil belajar siswa pada materi ekosistem di kelas X SMA Negeri 7 Medan Tahun Pembelajaran 2012/ 2013 adalah 0,348.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arikunto, S., (2009), *Prosedur Penelitian*. Edisi Revisi, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Arsyad, A., (2011), *Media Pengajaran*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Djamarah, S. B., dan Zain, A., (2010), *Strategi Belajar Mengajar*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Faizah bt Ibrahim, (2007), *ICT-Audiovisual Technologies and ESD Integration in Seameo Rescam*. International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology. Vol.4. pp 11.
- Gino, W., 2002, *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Gramedia.
- Hamalik, O., (2010), *Proses Belajar Mengajar*. Penerbit PT. Bumi Aksara, Jakarta.
- Hiroki Yoshida, (2010), *Development and formative evaluation of the "Educational Media In-service"*. International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT). Vol. 6. Issue 3. pp. 37-55.
- Prabowo, P., (2010). *Perbedaan Hasil Belajar Biologi Menggunakan Media Peta Konsep dan Media Audio visual Pada Materi Pokok Sistem Peredaran Darah Manusia Di SMA N 2 Medan*. Pustaka UNIMED. Medan.
- Purwanto, Rudy., (2011). *Peninngkatan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Pada Kompetensi sistem Koordinasi Melalui Metode Pembelajaran Teaching Game Team Terhadap Siswa Kelas XI IPA SMA SMART Ekselensia Indonesia Tahun Ajaran 2010/2011* . Jurnal Pendidikan Edisi 1.

- Sadiman, A.S., Rahardjo, R., Haryono, A., dan Rahardjito, (2010), Media Pendidikan Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya. Penerbit RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- Sardiman, (2006), Interaksi dan Motivasi Belajar Mengajar. Jakarta. Rineka Cipta
- Slameto, (2003), Belajar dan Faktor – Faktor Yang Mempengaruhinya. Penerbit PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Sudjana, N., (2005), Metoda Statistika. Penerbit Tarsito, Bandung.
- Sudjana, N., (2009), Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar. Penerbit Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Sunarti, D., (2011), Peningkatan Motivasi dan Penguasaan Konsep Biologi Melalui Metode Discovery Disertai Media Audio Visual Dalam Strategi Refleksi Pengalaman. Jurnal. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Sunjoyo, (2013), Aplikasi SPSS untuk Smart Riset. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Syamsuri, I., (2007), Biologi untuk SMA Kelas X Semester 2. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Syah, M., (2010), Psikologi Belajar. Penerbit RajaGrafindo Persada, Jakarta
- Warsita, B., (2008), Teknologi Pembelajaran Landasan dan Aplikasinya. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.

# The Differentiation of Students Learning Achievement and Critical Thinking Between The Using of Learning Video and Graphic as Media in Problem Based Learning (PBL) Model in SMA Negeri 3 Medan

**Sri Hayuni and Fauziyah Harahap**

*Departement of Biology Faculty of Mathematic and Natural Science, State University of Medan  
Email : missketerr@gmail.com*

The purpose of this study is to differentiate students learning achievement and critical thinking and to investigate the relations between students' learning achievement and critical thinking between the using of learning video and graphic as media in Problem Based Learning (PBL) model in SMA Negeri 3 Medan. The study involves two classes as research samples. Both of the classes studied in PBL, however XI-6 class used learning video as media, meanwhile XI-5 class used graphic as media. Blooms cognitive test instrument was given to the students to measure students learning achievement, whereas the critical thinking assisted by using Cornell critical thinking test instrument. The study found that there is a significant difference of students learning achievement between the using of learning video and graphic in PBL model with level of significance 0,01 ( $t_{obs} = 10,03 > t_{table} = 2.3727$ ). The mean of cognitive post test score in PBL with learning video is higher 10,0 points then the graphic does. The study also confirmed that there is a significant difference of students' critical thinking between the using of learning video and graphic in PBL ( $t_{obs} = 6,403 > t_{table} = 2.3727$ ). PBL with learning video able to increase 27% of students' critical thinking, meanwhile the graphic only 24%. The study investigation indicates that there is a relation between student learning achievement and critical thinking in this case. The higher students Cornell critical thinking test score for their critical thinking level positively contributes to the higher cognitive test scores for student learning achievement. 60% of visual students in this research samples to be estimated has a great role for students learning achievement and critical thinking progress in this study.

Key words : Problem Based Learning (PBL), Learning Video, Graphic, Learning Achievement, Critical Thinking

## INTRODUCTION

Peraturan Menteri Pendidikan Nasional (Permendiknas) Republik Indonesia No. 22 year 2006 about the Content of Standardization for Senior High School Education asserted that student should be able to relate their knowledge comprehension into Science, Technology and Society (STS) as the goal of our learning. In order to achieve this expectation, the involvement of thinking ability for every learning activity should be concern (Sanjaya, 2006). One of this thinking ability Ashman and Conway (1997) advocated is the critical thinking.

Biology is a study of life which extends from the global scale of the entire living thing which has a close relation to the process inside of the living body with its surroundings (Kurniawati, 2010). One of the biology learning material which has a close relation to the organism is about the reproductive system. Reproduction is the organism characteristic that processes new organisms creation of the existing ones (Campbell, 2008). Unfortunately, introduction this topic to the students has several obtains. Based on Sugiono (2008), Samodra (2009) and Kurniawati (2010) researches most of the teachers in the school tend to use conventional method and less utilize any media that suitable for the learning process.

The limitation on teaching media utilization that suitable to teach the human reproductive system also a problem in SMA Negeri 3 Medan. One of the Biology teacher of grade XI science class in the researcher personal talked has mentioned that there is a need of finding new innovative media that enable to engage and stimulate students' motivation and critical thinking in learning human reproductive system topic in SMA Negeri 3 Medan.

According to Tiwari, 1999 and Cook and Moyle, 2002, Problem Based Learning (PBL) model has been advocated as a promising strategy to promote students' critical thinking (include reasoning, communicating and connecting) in such a problem solving way. The components of PBL, using real world situations (problems), group learning, student-directed solutions for problems, and teacher serving as facilitators of learning has much promise for, and important applications in enhancing students critical thinking (Downing, 2013). Through a PBL model students' engagement and motivation can be construct by introducing them to the 'real world' problem which relevant to their study (Beasley and Ford, 2003). Moreover, A study that was conducted by the National Assessment of Educational Progress (NAEP) (U.S. Department of

Education, 2001), shown that there is a link between critical thinking skills and the increasement of student achievement in the classroom through Problem Based Learning model. Harold Wenglinsky (2004) found that teaching critical thinking is associated with higher test scores. Therefore it can be concluded that instruction emphasizing advanced reasoning skills in classroom promotes high student performance in Problem Based Learning model (Wenglinsky, 2004; Schmidt, 1993). Therefore, the Problem Based Learning model was a good answer to solve low students achievement problem in human reproductive topic.

Rusman (2012) argued that there are several factors that can engage and motivate the students to be actively participating in the learning process. One of them is the availability of learning media that suitable to the study concept. This statement indicated that the role of media is very important in learning activity. Thus to study human reproductive system topic, the learning media involvement is necessary.

According to Sugiono, 2008; Samodra, 2009; Kurniawati, 2010, the role of media is very useful to improve student understanding about the human reproductive system that contains with the abstract concept and difficult facts. Shankar (2007) on his book's: *Methods of Teaching Educational Technology* mentioned that the learning video as a media function is to stimulate the real world environments and creates an actual environment for experimentations.

Beyond of this expectation, a video learning also has a potential in bringing a better learning quality. Video instruction to support the learning method in classroom is a more effective teaching technique than conventional lectures (Felton, Keesee, Mattox, McCloskey and Medley, 2001). The findings of their research demonstrated that there was significant effect toward students learning achievement by using audio and video media aided than the conventional method. Through a video learning student comprehension will be increased due to their real illustrating experience, then it will engage them with the material and bring concrete understanding about the topic (Arsyad, 2004).

Research questions of this research are:

1. Is there any significant difference of students' learning achievement between the using of learning video and graphic as media in Problem Based Learning (PBL) model about the human reproductive system topic based on the Blooms' cognitive test result?
2. Is there any significant difference of students' critical thinking between the using of learning video and graphic as media in Problem Based Learning (PBL) model about the human reproductive system based on Cornell Critical Thinking Test calculation Level X result?
3. Is there any relations of students' critical thinking and learning achievement between the using of learning video and graphic as media in Problem Based Learning (PBL) model about the human reproductive system topic?

## **MATERIAL AND METHOD**

### ***Samples***

The sample of this research consist of the whole population of science class students XI grade in SMAN Negeri 3 Medan Academic Year 2012/2013. They were selected by simple random sample to subsets of the frame given in an equal probability. XI-6 class chosen to be treated with Problem Based Learning (PBL) model class and utilized learning video as media. The class consisted of 42 students. XI-5 class chosen to be treated with Problem Based Learning (PBL) model class and utilized simple graphic as media. The class also consisted of 42 students.

### ***Instrument***

There were two types of research instruments in this research. The first is the learning style questionnaire that researcher gave in the beginning of the class to determine students learning style and the second was two different tests. They are multiple choice of Blooms' cognitive test instrument to measured students learning achievement and Cornell critical thinking test level X instrument to measured students critical thinking. These test was given in the beginning of treatment to see students intial conditions and the end of treatment to see the effect of learning model and media.

The learning style questionnaire test was taken from students learning style worksheet of Active Learning for Higher Education (ALFHE) module. It's consists of seven questiones about peoples' custom in several indicator activities. The questions answer would lead the participants in their learning model approach way. Blooms' Cognitive test is the instrument to measured students



learning achievement advance. There was 25 multiple choice questions related to the human reproductive system competency. Each question has five possible answer: A, B, C, D and E. The test consisted of 6 cognitive competencies as follows: Knowledge (C1), Comprehension (C2), Application (C3), Analysis (C4), Synthesis (C5) and Creat (C6). Each correct answer given one (1) point and the incorrect given null (0) point. The Modified Cornell Critical Thinking Test (CCTT) Level X was the test instrument to measure students critical thinking in this study. There are three possible answer of this test: Yes, Maybe and No that indicated two critical thinking criteria, namely deduction and induction. The test was consist of 20 multiple choice questions. Each of questions was made by researcher and being intergrated with the Standar Competency about human reproductive system in 2006 curriculum.

### **Media Preparation**

The learning video used in this research has been taken and modified mainly from two sources: Anatomy and Physiology – Revealed 2.0 CD interactive published by Mc Graw Hill Higher Education and The University of Toledo, United State and Savy Human Body System E-Learning CD Interactive published by Centrinova, Indonesia. Special technique also modified the learning video by researcher. Researcher use some video editing software, such as Camtasia and Video Maker.

### **Problem Based Learning (PBL) Model**

There were two groups of classes in this study. The first group is PBL class that utilized learning video as media meanwhile the second is PBL class that utilized graphic as media. The role of media in this method is as the facilitator in the confirmation of PBL stages. The following figure described the implementation of PBL class procedures.

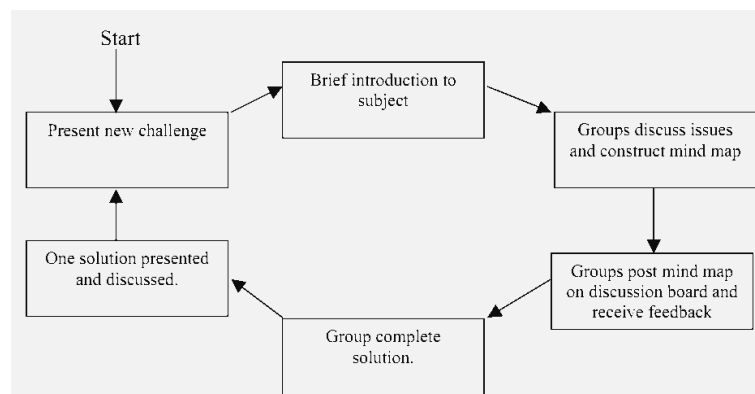


Figure 1. Problem Based Learning implementation step.

### **Research Design**

The research aimed to find any significance differences of students learning achievement and critical thinking in Problem Based Learning (PBL) class by using learning video and graphics as the media. The research design drawn in the Table 1. below.

Table 1. Research design

<b>Class</b>	<b>Pre-Test</b>	<b>Treatment</b>	<b>Post-Test</b>
XI IA 6	T <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
XI IA 5	T <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>

## **RESULT AND DISCUSSION**

### **Learning Achievement**

The result of students cognitive post test average scores as the student learning achievement measurement in Problem Based Learning model that utilize learning video as media is higher 10, 0 points compared to students cognitive post test average score in Problem Based Learning model that utilize graphic as media, it can be seen in the Table 2 below. This result indicates that learning video utilization as media positively contributed increasing the students learning achievement.

Table 2. Bloom Cognitive instrument score

Class	Pre-Test	Post-Test
PBL with graphic	60,0	86,2
PBL with learning video	60,0	96,2

Hypothesis test also confirms this differentiation, where  $t_{obs} = 10,03$  is higher than  $t_{table} = 2.3727$  value. Therefore the study find that there is a significant difference of students learning achievement between the using of learning video and graphic in PBL model with level of significance 0,01.

However, both of the class has performed high increasement progress. Further investigation, investigates this phenomena by analyze students learning style observation result that has given in the beginning of the class. The data result indicates that aproximately 60% of the students in PBL model that utilize learning video and PBL model that utilize graphic is highly achieved their learning through visual learning style. It's mean, both graphic and learning video are a good learning media for visual learning style students. However, there are some others factors that might influence greater role of learning video than graphic as media to advance students learning achievement in this case.

The learning video as a motion picture has clarification function. It clarifying abstract concept in human reproductive system topic and providing it into the realistic picture that brings the students into a better comprehansion. This clarification function of learning video potentially influenced learning achievement advance compred with non motion media. Learning video also as an Audio Visual Aid played a great deal in retaining the information through hear sense and visual sense, compared with simple graphic that only emphasized in visual sense. As Edgar Dale theorized said learners retain more information by what they "do" as opposed to what is "heard", "read" or "observed", obviously learning video has more advantages than the graphic in enhancing learning achievement contribution.

### *Critical Thinking*

Based on the Cornell critical thinking pre test instrument average score that was given to the students it was known that both of the classes are significance difference in initial critical thinking. It can be seen in Table. 3 that the average of pre test score in PBL class that utilize learning video as media is higher 6,0 points than the pre test score in PBL class that utilize graphic as media, that's mean the PBL class that utilize learning video as media sample population has higher initial critical thinking level than the PBL class that utilize graphic as media especially about human reproductive system topic.

The average score of critical thinking post test score in PBL class that utilize learning video as media population is also highly significance difference 12,0 points than the PBL class that utilize graphic as media in the end of the research treatment. It can be concludes that the critical thinking level in PBL class that utilize learning video as media increasing higher after being treated with the learning video media rather than graphic as seen in Figure 2 below.

Table 3. Cornell Critical Thinking instrument score

Class	Pre-Test	Post-Test
PBL with graphic	44,0	74,2
PBL with learning video	50,0	86,2

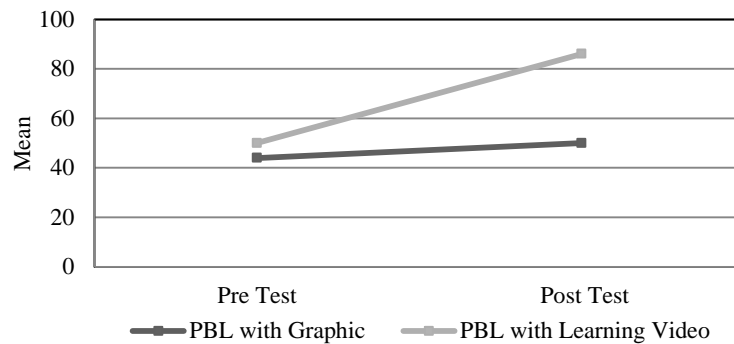


Figure 2. Graph of the differentiation of students critical thinking level increasement in PBL class that utilize graphic and PBL class that utilize learning video as media.

The hypothesis test also confirms this differentiation, where  $t_{obs} = 6,403$  is higher than  $t_{table} = 2.3727$  value. Therefore the study find that there is a significant difference of students critical thinking between the using of learning video and graphic in PBL model with level of significance 0,01.

In the other hand, based on the calculation of post test critical thinking instrument result, both Problem Based Learning model with learning video as media and Problem Based Learning model with graphic as media has higher critical thinking in induction criteria than the deduction criteria. The Cornell critical thinking post test score for deduction and induction criteria in Problem Based Learning model with learning video as media and Problem Based Learning model with graphic as media comparison result can be seen in Figure. 3 and Figure. 4 below.

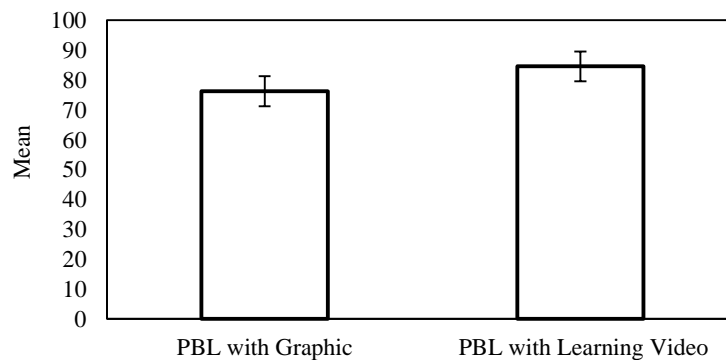


Figure 3. Deduction criteria of Cornell critical thinking post test result comparison between PBL model with learning video as media and PBL model with graphic as media.

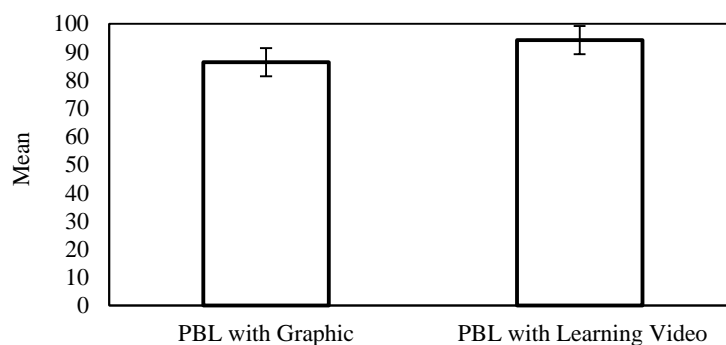


Figure 4. Induction criteria of Cornell critical thinking post test result comparison in PBL model with learning video as media and PBL model with graphic as media.

The utilization of learning video potentially increasing the learning understanding, stimulating language ability, improving creativity/imagination, and also enhancing critical thinking

and students motivation in the learning process. The role of learning video clarification in this case took a great responsible creating this causal effects as mentioned in the discussion earlier. Moreover, The learning video also help the students to understanding complexity and the dynamic of knowledge, concreting abstract concept and making the information stay longer in remembering phase, thus through this experience the learning video played a major factors enhancing students critical thinking day by day. In additional according to Dewey in Fitriyani (2009), problems that requires unique solution was a method to stimulated people to think. In order to creat problem situation at the class, Problem Based Learning methods was the best class model that stimulated the students to be a a good thinker that find out the problem's solution. The practice of this model believed would stimulating the students to thinking critically.

### ***Relation of Students Critical Thinking and Learning Achievement***

The data indicates that the higher students critical thinking score, the higher learning achievement students gathered. This relations has confirmed in National Assessment of Educational Progress (2001) findings that there is a link between critical thinking skills and the increasement of student achievement in the classroom.

Problem Based Learning (PBL) class model significantly increase students' critical thinking level. It proofes based on the increasement of Cornell critical thinking post test result. However, the improvement of students critical thinking between PBL class that utilize learning video as media with PBL class that utilize graphic as media in this study is not the same. The role of media function in this case influences the level significance diffrence of students learning achivement. Result of calculation of simple liniear regression formula has investigate that students critical thinking in PBL class that utilize learning video as media has 20,8 % higher influences the students learning achievement than the PBL class that utilize graphic did. Therefore it can be concludes that the effect of learning video utilization has significance higher increasing student critical thinking and learning achievement than the graphic media. Therefore it can be concluded that there is a good correlation between critical thinking of students from Problem Based Learning model with student's learning achievement. Teaching critical thinking through Problem Based Learning method is associated with higher students test scores in their learning achievement. Instruction emphasizing advanced reasoning skills in classroom promotes high student performance.

### **REFERENCES**

- Ashman, A. F. and Conway, R. N. F. 1997. An Introduction to Cognitive Education: theory and applications. Routledge. London
- Boud, D. & Feletti, G. 1991. The Challenge of Problem Based learning. Kogan Page: London.
- Campbell, A. Neil and Reece. 2008. Biology Concepts and Connections: Eighth Edition. Mc Graw Hill International Edition: New York, USA.
- Dale, E. 1969. Audiovisual Methods in Teaching. NY: Dryden Press
- Daryanto, 2011, Belajar dan Mengajar, YramaWidya, Bandung
- Ennis, R. H. (1962). A Concept of Critical Thinking. Harvard Educational Review, Vol. 32.
- Kurniawati, Ade. 2011. Peningkatan Penguasaan Konsep Sistem Reproduksi Manusia melalui Model Pembelajaran Collector and Conceptor Game Pada Siswa Kelas IX SMP Negeri 6 Cirebon. Cirebon.
- Mudin. 2009. Sumber dan Media Pembelajaran. Rajawali Pers: Jakarta
- Samodra, Wira Didik et al. 2009. Multimedia Pembelajaran Reproduksi pada Manusia. Jurnal Teknologi Informasi: Vol 5 (2).
- Sanjaya, W. 2006. Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan. Kencana. Jakarta.
- Schmidt, H. G. (1993). Foundations of Problem-based Learning: Some explanatory notes. Medical Education Vol 27.
- Shankar, T. 2007. Educational Technology. India Press: India
- Sugiono, Ahmad Naufal Fauzi. 2008. Aplikasi Pembelajaran Sistem Reproduksi Manusia Berbasis Multimedia Untuk SMA. KONVERGENSI: Vol 4 (1).
- Tiwari, A., Chan, S., Sullivan, P.L., Dixon, A.S. & Tang, C. 1999. Enhancing students' critical thinking through problem-based learning. In J. Marsh (Ed.) Implementing Problem Based Learning Project: Proceedings of the First Asia Pacific Conference on Problem Based Learning. Hong Kong: The University Grants Committee of Hong Kong, Teaching Development Project.
- Warsihna, J. 2008. Pembuatan Media Video. Modul Pengembangan dan Pemanfaatan Konten Jardiknas. Jakarta.
- Wenglinsky, Harold. Facts or Critical Thinking Skills? – What NAEP Results Say. Teaching for Meaning. Vol 62 (1).

**Perhimpunan Biologi Indonesia**

Cabang Purwokerto  
Jalan dr. Suparno 63 Grendeng  
Purwokerto 53122

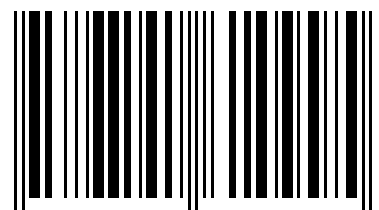
<http://pbi.bio.unsoed.ac.id>

**Fakultas Biologi**

Universitas Jenderal Soedirman  
Jalan dr. Suparno 63 Grendeng  
Purwokerto 53122

<http://bio.unsoed.ac.id>

ISBN 978-979-16109-9-5



9 789791 610995 >