



SNKP 2017

Seminar Nasional Kimia
& Pembelajarannya

“PENGUATAN RISET KIMIA DAN PEMBELAJARAN KIMIA
MENDUKUNG PRODUKTIVITAS KINERJA ANAK BANGSA”

PROSIDING

5 November 2017

Aula O1 FMIPA

Universitas Negeri Malang

ISBN 978-602-96714-3-8

ORGANIZED BY:



SUPPORTED BY:





SNKP 2017

**Seminar Nasional Kimia
& Pembelajarannya**

**“PENGUATAN RISET KIMIA DAN PEMBELAJARAN KIMIA
MENDUKUNG PRODUKTIVITAS KINERJA ANAK BANGSA”**

PROSIDING

5 November 2017

Aula O1 FMIPA

Universitas Negeri Malang

ISBN 978-602-96714-3-8

ORGANIZED BY:



SUPPORTED BY:



Organisasi Kegiatan

Ketua : Dr. Evi Susanti M.Si
Sekertaris : Rini Retnosari, S.Pd., M.Si
Bendahara : Dr. Nazriati, M.Si
Website : <http://www.kimia.um.ac.id>

Reviewer :

Dr. Hayuni Retno W., M.Si	Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D
Dr. Sumari, M.Si	Drs. Parlan, M.Si
Dr. Fariati, M.Sc	Oktavia sulistina, S.Pd, M.Pd

Tim Abstrak & Prosiding :

M. Muchson, S.Pd, M.Pd	Ade Irma Rozafia
M. Lukman Buchori, S.Pd	Ardhi Setyo Utomo
Irdani Priyanka Ashari	Ulin Nihayah

Editor :

Dr. Evi Susanti, M.Si
Dr. Nazriati, M.Si

Diterbitkan oleh :



JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya 2017 (SNKP 2017)

“Penguatan Riset Kimia dan Pembelajaran Kimia untuk Mendukung Produktivitas Kinerja Anak Bangsa”

Seminar Nasional ini dilaksanakan di Aula FMIPA Universitas Negeri Malang pada 5 November 2017 dengan narasumber:

Yuli Rahmawati, M.Sc., Ph.D (Jurusan Kimia, Universitas Negeri Jakarta)

“Peranan Transformative Learning Dalam Pendidikan Kimia: Pengembangan Karakter, Identitas Budaya, Dan Kompetensi Abad Ke-21”

Akhmad Sabarudin, S.Si., M.Sc., Dr. Sc (Jurusan Kimia, Universitas Brawijaya)

“Development of Highly Efficient Interface Device for Mass Spectrometry and Organic Polymer-Based Monoliths: Application to Bioanalytical Chemistry”

Prof. Dr. Subandi, M.Si (Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang)

“Obesitas dan Herbal Anti Obesitas: Studi Kasus pada Inhibitor Lipase Pankreas”

ISBN: 978-602-96714-3-8

Hak Cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini ke dalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa izin tertulis dari penerbit. Undang-undang Nomor 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta, Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 72, Ayat (1), (2), dan (6).

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji Kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT, yang memberi kemudahan dan kelancaran hingga terselenggaranya kegiatan Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang Tahun 2017 dengan baik dan lancar. Seminar pada tahun ini mengambil tema “Penguatan Riset Kimia dan Pembelajaran Kimia untuk Mendukung Produktivitas Kinerja Anak Bangsa”.

Seperti kita ketahui bersama, Kimia termasuk pembelajarannya selain sangat berperan dalam perkembangan teknologi untuk menunjang kemakmuran dan kemaslahatan manusia juga menjadi sarana yang tepat untuk menanamkan nilai-nilai karakter yang unggul bagi calon-calon generasi emas Indonesia yang dicanangkan akan terwujud pada tahun 2045. Kita juga mengamati bermunculannya berbagai problematika di masyarakat yang memerlukan pendekatan sains khususnya Kimia dalam pemecahannya seperti permasalahan di bidang kesehatan, lingkungan, pangan dan lain sebagainya. Keberagaman materi dan bahan kajian dalam kimia dan pembelajarannya juga senantiasa mengalami perubahan dan pembaharuan. Hal ini mendorong kita untuk secara rutin bertemu dalam acara Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang untuk saling membagi pengalaman, dan diharapkan kita mampu menemukan, merumuskan, dan mempertajam berbagai gagasan yang dapat meningkatkan pemahaman dan memberikan solusi terhadap berbagai isu global dan permasalahan di bidang kimia dan pembelajarannya.

Pemakalah utama yang berkenan membagi pengalamannya pada SNKP 2017 adalah pakar-pakar yang istimewa di bidang keahlian Beliau masing-masing, yaitu:

1. Akhmad Sabarudin, S.Si., M.Sc., Dr. Sc: Beliau peraih Excelent Young Researcher dari Japan Society for Analytical Chemistry 2005 , kepakaran di bidang Kimia Analitik dan Material, menyampaikan kajian tentang **“Development of Highly Efficient Interface Device for Mass Spectrometry and Organic Polymer-Based Monoliths: Application to Bioanalytical Chemistry”**
2. Yuli Rahmawati, M.Sc. Ph.D: Praktisi pendidikan kimia dan pengembang “Transformative Education”. menyampaikan topik **“Peranan Transformative Learning dalam Pendidikan Kimia: Pengembangan Karakter, Identitas Budaya dan Kompetensi Abad Ke-21”**
3. Prof. Dr. Subandi, M.Si: Penerima penghargaan UM award bidang Sains dan Teknologi 2013, kepakaran Biokimia menyampaikan topik mengenai **“Obesitas dan Herbal Anti Obesitas: Studi Kasus pada Inhibitor Lipase Pankreas”**

Seminar SNKP 2017 tercatat dihadiri sebanyak 300 peserta dan dipresentasikan 88 makalah yang terdiri dari satu bidang kajian pendidikan kimia dan lima bidang kajian kimia. Bidang kimia terbagi dalam bidang Kimia Anorganik, Analitik, Fisik, Organik dan Biokimia. Peserta pemakalah dan nonpemakalah berasal hampir dari seluruh Indonesia diantaranya: Bandung, Banjarmasin, Bangkalan, Bogor, Jember, Kediri, Kupang, Lhokseumawe, Lumajang, Malang, Manado, Merauke, Padang, Sukabumi, Surabaya, Manado, Tanjung Pura, Tuban dan Yogyakarta. Beberapa artikel pemakalah yang terpilih telah dipublikasi di Jurnal Cis-Trans (JCT) dan Jurnal Pendidikan Kimia (JPEK). Artikel pemakalah lainnya yang telah lolos proses review diterbitkan dalam Prosiding SNKP 2017.

Saya mewakili seluruh panitia memohon maaf jika ada hal-hal yang kurang berkenan selama acara berlangsung, selama proses review dan ketidaksempurnaan yang terdapat dalam Prosiding SNKP 2017. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah membantu terselesainya Prosiding SNKP 2017. Besar harapan Kami Prosiding SNKP 2017 ini membawa manfaat bagi para Pembacanya.

Malang, 12 Maret 2018
Ketua Panitia SNKP 2017



Dr. Evi Susanti, M.Si

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	1
ORGANISASI KEGIATAN	3
KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI	7
MAKALAH PEMBICARA UTAMA	14
Peranan Transformative Learning dalam Pendidikan Kimia: Pengembangan Karakter, Identitas Budaya, dan Kompetensi Abad Ke-21	
Yuli Rahmawati	15
Development of Highly Efficient Interface Device for Mass Spectrometry and Organic Polymer-Based Monoliths: Application to Bioanalytical Chemistry	
Akhmad Sabarudin	36
Obesitas dan Herbal Anti Obesitas: Studi Kasus pada Inhibitor Lipase Pankreas	
Subandi	84
MAKALAH PEMBICARA PARALEL	119
Pengaruh Aktivasi Fisika pada Zeolit Alam dan Lempung Alam terhadap Daya Adsorpsinya	
Bayu Wiyantoko, Pipit Novi Andri, Dyah Anggarini	120
Pengaruh Perbandingan Komposisi Ag@Fe₃O₄ – Asam Oleat terhadap Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Aureus dan Eschericia Coli	
Fauziatul Fajaroh, Sefin Nur Aisyah, Nazriati, Yahmin, Siti Marfu'ah, Ida Bagus Suryadharma	129
Pemanfaatan Zeolit Alam/Ni Sebagai Katalis pada Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa dengan Bantuan Ultrasonik	
Sumari, Yahmin, Fauziatul Fajaroh, Funky	136
Kajian Pengaruh Waktu dan pH Optimum dalam Adsorpsi Methyl Violet dan Methylene Blue Menggunakan Abu Daun Bambu	
Kuntari, Naela Salsa Bila, Meidi Yuwono	147
Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas	
Noor Rahmadani, Puji Kurniawati	154
Kajian Diversitas Keratinase Berdasarkan Urutan Residu Asam Amino dan Struktur Protein	
Suharti	162

Isolasi dan Seleksi Bakteri Proteolitik Potensial dari Tauco Surabaya Evi Susanti, Suharti, Hadiyan Rahman Ramadhan, Fira Fatma.....	172
Pemurnian Enzim Keratinase Bakteri Bacillus sp. MD24 Menggunakan Metode Fraksionasi Amonium Sulfat Yulia Gita Choirani, Suharti, Muntolib	183
Hidrolisis Asam Fosfat untuk Produksi Gelatin dari Sisik Ikan Kakap Merah Warlinda Eka Triastuti, Laela Inayatus, Handyta Faradiella, Debi Wulandari, Rengganis Ela, Faiza Amalia.....	193
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Ion Tembaga(Li) dengan Ligan Ion Tiosianat Dan Isokuinolina Linda Kusumawati, I Wayan Dasna, Nazriati	200
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Zink(II) Asetat dan N,N'-dietiltiourea Alifa Meilia Nur Auzie, Fariati, Effendy	210
Immobilisasi Senyawa Koordinasi Astaxanthin dengan Ion Fe(III) dalam Matrix Carbon Aktif Dion Notario, Rokiy Alfanaar	216
Impregnasi TiO₂ Pada Zeolit Alam Cikembar Sukabumi untuk Fotodegradasi Metilen Biru Devi Indah Anwar, Lela Lailatul Khumaisah, Salih Muharam, Nurma Lisafitri	223
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks M(R-COO)_x (M = Cu²⁺, Fe³⁺, R-COO⁻ = Ion karboksilat) I Wayan Dasna, Fidyah Nanda Kusuma, Oktavina Kartika Putri	223
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Kadmium(II) Nitrat dan Ligan 2,2'-Bipiridina dengan Stoikiometri Sebesar 1 : 3 Erlyna Yunestha Sansivera, Fariati, Effendy.....	243
Pengembangan Metode Analisis Ni dalam Air Laut Prigi Menggunakan ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) Anugrah Ricky Wijaya, Bambang Semedi.....	249
Perbandingan Metode Penentuan Vitamin C Pada Minuman Kemasan menggunakan Metode Spektrofotometer UV-Vis Dan Iodimetri Evi Triyana Damayanti, Puji Kurniawati	258
Penentuan Umur Pakai Karet Perapat (Rubber Seal) Katup Tabung Gas LPG Melalui Metode Perendaman dalam N-Pentana Hani Handayani, Aprilia Sita, dan Yati Nurhayati.....	267
Pengaruh Metode Pencucian terhadap Penurunan Kadar Klorin dalam Beras dengan Titrasi Argentometri Indriyana Rachmadani Santoso, Tri Esti Purbaningtiyas	277

Pengembangan Sensor Optik Berbasis Kertas untuk Penetapan Kadar Kuersetin dalam Obat Herbal Daun Jambu Biji Mochammad Amrun Hidayat, Mochammad Yuwono, Bambang Kuswandi .	286
Pelepasan Kalium Diklofenak pada Matriks Sediaan Lepas Lambat Berbasis Karagenan-Xanthan Gum Irma Kartika K, Eli Hendrik Sanjaya, Binti Nafingatul Khusna, Febri Fiatul Rohmah	297
Penentuan Kadar Besi (Fe) pada Air Sungai Brantas di Wilayah Kota Malang Ratna Jamilatul Mufidah, Irma Kartika Kusumaningrum, Yudhi Utomo, Suhadi Ibnu, I Wayan Dasna.....	309
Evaluasi Sifat Ketahanan Oksidasi Termal pada Vulkanisat dari Berbagai Tingkatan Mutu Karet Alam Tanpa Bahan Pengisi Santi Puspitasari, Woro Andriani, Berlian Dwi Hadiyati	320
Etika dalam Perkembangan Ilmu Kimia Surjani Wonorahardjo	334
Implementasi Model Pembelajaran Tefapreneur untuk Membangun Minat dan Keberanian Berwirausaha Sussi Widiastuti.....	344
Rancang Bangun Sistem Monitoring Plan Pengontrol Proses Secara Realtime pada Pembuatan Pupuk Organik Arief Mardiyanto, Akhyar, Suherman	352
Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran Kimia Menggunakan Prinsip Berpusat pada Peserta Didik <i>Student Centred Learning</i> (SCL) di SMA Kabupaten Ponorogo Darsono Sigit, Oktavia Sulistina	365
Pengaruh <i>Study History Sheet</i> (SHS) pada Model Pembelajaran <i>Cooperative Learning Together</i> terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI MIPA SMA Negeri 5 Jember Pokok Bahasan Asam-Basa Geovany Arofatz Zahro, Ridwan Joharmawan, Yudhi Utomo.....	373
Profil Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelas XI MIA SMA pada Materi Asam Basa Parlan, Ida Bagus Suryadharma, Ina Safitri	380
Efektivitas Penerapan Pendekatan Inkuiri Terbimbing pada Mata Kuliah Kimia Dasar Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan Theresia Wariani, Vinsensia H.B. Hayon, Alfons Bunga Naen	390
Kajian Teori tentang Penerapan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing- Peta Konsep dalam Upaya untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa pada Materi Kesetimbangan Kimia Suchory Sapto Putri, I Wayan Dasna, Siti Marfu'ah	401
Efektivitas Model Pembelajaran Learning Cycle 5E Untuk Mengatasi Kesulitan Pemahaman Konsep Reaksi Redoks pada Siswa Kelas X	

SMAN 9 Malang

Anis Fitria, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih 413

Pembelajaran Inkuiri dengan Mengeksplicitkan Hakikat Sains (NOS) untuk Meningkatkan Pemahaman Hakikat Sains, Keterampilan Proses Sains, dan Penguasaan Konsep Siswa pada Materi Laju Reaksi

Claudia Niken Shinta, Sri Rahayu, Sutrisno 421

Strategi Analogi dalam Pembelajaran Praktikum Sel Volta

Findiyani Ernawati Asih, Suhadi Ibnu, Suharti 432

Efektivitas Model Pembelajaran Learning Cycle 6 Fase untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI SMAN 1 Pandaan Pada Materi Hidrolisis Garam dan Larutan Penyangga

Isnaini Yunitasari, Endang Budiasih, & Dermawan Affandy 445

Pengaruh Kegiatan Praktikum Berbasis Inkuiri Terbimbing versus Verifikasi dan Pengetahuan Awal terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Jakub Sadam Akbar, I Wayan Dasna, Surjani Wonorahardjo 457

Pengaruh Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (Higher Order Thinking Skills, Hots) Siswa Kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada Materi Reaksi Redoks

Kiki Fitlah Pradani, Endang Budiasih, M Muchson 465

Implementasi Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan pendekatan Science, Environment, Technology, and Society (SETS) terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Laju Reaksi

Made Irma Rusmayanti, I Wayan Dasna, Hayuni Retno W 475

Analisis Pengetahuan Metakognitif Larutan Penyangga Siswa Kelas XI IPA SMA

Yezhi Prisvitasari, Effendy, Nazriari 483

Identifikasi Pemahaman Submikroskopik Kesetimbangan Kimia pada Siswa Kelas XI SMA Negeri 10 Malang

Asri Nurul Husnah, Muhammad Su'aidy, Yahmin 491

Analisis Kesalahan Konsep Siswa pada Materi Bentuk dan Kepolaran Molekul dengan Teknik *Certainty Of Response Index* (CRI)

Billy A.Kalay, Subandi, Endang Budiasih 499

Identifikasi Konsepsi Alternatif Asam Basa Menggunakan *Two-Tier Diagnostic Test*

Muntholib, Wardatul Laila Al Fitri, Jian Mayangsari, dan Mochammad Sodik Ibnu 508

Kajian Teks Perubahan Konsep untuk Mengatasi Miskonsepsi Gaya antar Molekul

Dwi Miftakhul Ma'rufah, Effendy, dan Surjani Wonorahardjo 521

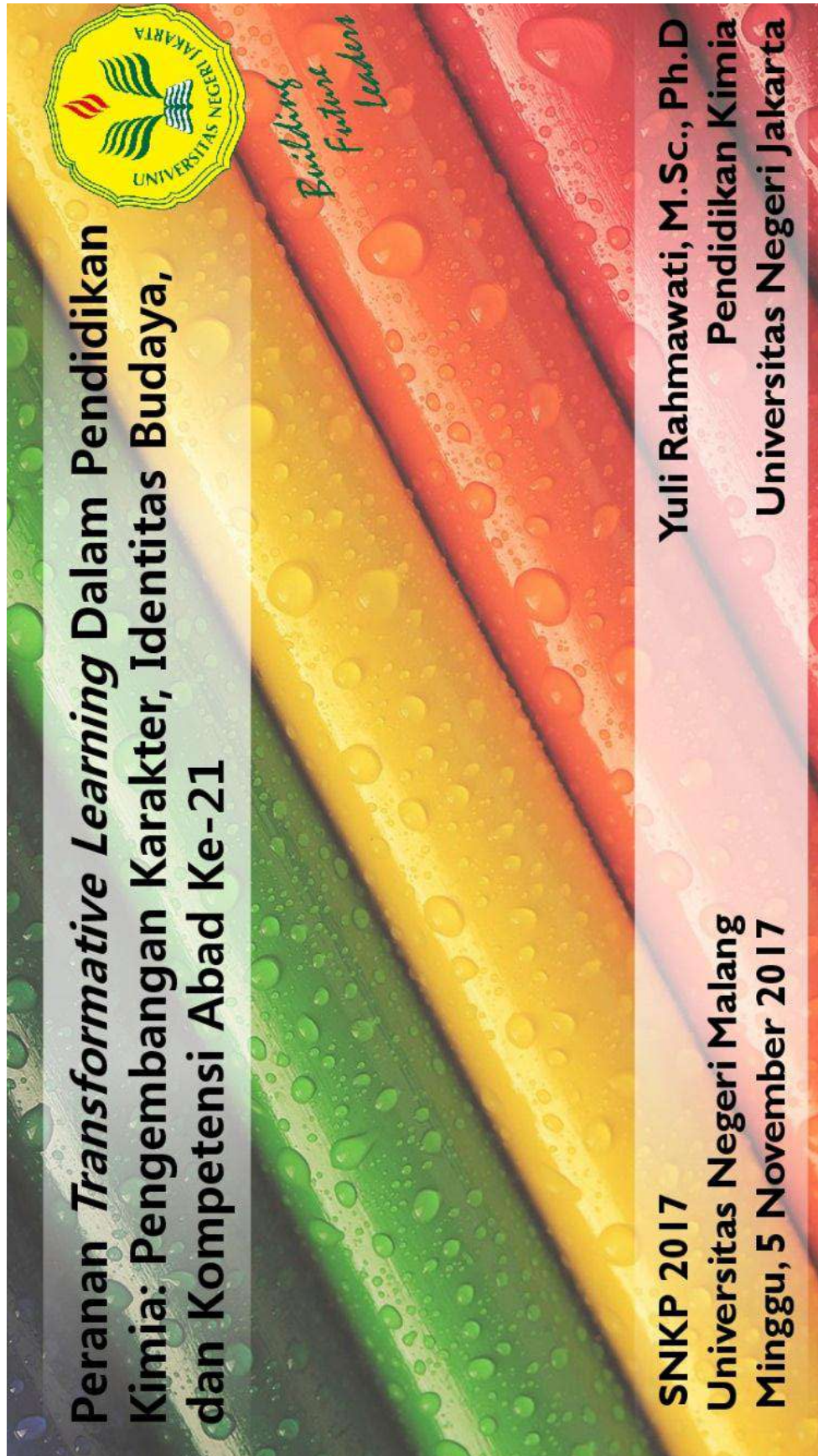
Upaya Mencegah Miskonsepsi Materi Stoikiometri dengan Strategi Pembelajaran Problem Solving pada Siswa Kelas X MIA SMA Negeri 1 Lawang Pinta Nisa Fitri, Endang Budiasih, dan Dedek Sukarianingsih.....	529
Mengembangkan Keterampilan Berargumentasi Siswa SMA dalam Materi Asam Basa melalui Isu-isu Sosiosaintifik Arum Setyaningsih, Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh.....	537
Kajian Keterampilan Argumentasi pada Pembelajaran Kimia Menggunakan ADI Berbasis Konteks Yuli Subekti, Suhadi Ibnu, Subandi	549
Kajian tentang Potensi Strategi <i>Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL)</i> dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Angga Puspitaningrum, Endang Budiasih, Yudhi Utomo	563
Mengembangkan Kemampuan <i>Scientific Explanation</i> melalui Pembelajaran Kimia dengan POGIL Berkonteks <i>Socioscientific Issues (SSI)</i> Fitri Aldresti, Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh	571
Hubungan Pemanfaatan Media <i>ScreenCast-O-Matic</i> Melalui <i>Lesson Study Of Learning Community (LSLC)</i> untuk Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Mahasiswa PPL Pendidikan Kimia Hironimus Tangi	582
<i>Community of Inquiry</i> dalam <i>Blended Learning</i> untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Kimia Indira Wahyu Alfaterra, Surjani Wonorahardjo, Suharti	591
Efektifitas Strategi Inkuiri Terbimbing, Inkuiri Terbimbing Berorientasi Proses (POGIL) dan Verifikasi dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Kesetimbangan Kimia Qory Laila Rusda, Suhadi Ibnu, Nazriati	596
Keyakinan Pedagogik Guru Kimia Madrasah Aliyah dalam Menerapkan Pembelajaran Literasi Sains Teguh Hendri Ariyanto, Sri Rahayu, Yahmin	603
Pengaruh Urutan Penyajian Representasi dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Hasil Belajar Siswa Trining Puji Astutik, Suhadi Ibnu, Effendy	609
Efektivitas Penerapan Pendekatan <i>Contextual Teaching And Learning (CTL)</i> yang Diintegrasikan dengan Modul Paktikum IPA SMP pada Materi Pokok Bahan Kimia Rumah Tangga pada Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Yanti Rosinda Tinenti	618
Pengembangan Instrumen Asesmen Pemahaman Konseptual Berorientasi <i>Higher Order Thinking Skills (HOTS)</i>, Keterampilan Proses Sains, dan Sikap terhadap Sains pada Bahan Kajian	

Hidrokarbon dan Minyak Bumi Dwi Isnaini Amin, Sutrisno, Darsono Sigit	639
Efektivitas Penggunaan Modul Elektronik Senyawa Hidrokarbon Berbasis Mind Map dengan Pendekatan <i>Learning Cycle</i> 5 Fase terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Kelas X SMA Negeri 2 Lumajang Fenti Eka Nurulia	650
Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis Core (<i>Connecting, Organizing, Reflecting and Extending</i>) Ririn Eva Hidayati	661
Pengembangan Instrumen Asesmen Berpikir Kritis pada Materi Asam Basa untuk Siswa SMA M. Muchson, Sri Rahayu, Dwi Agusningtyas	672
Analisis Kebutuhan Buku Suplemen Kimia Berbasis Kearifan Lokal Suku Asmat Papua Henie Poerwandar Asmaningrum, Kamariah	681
Analisis Pelaksanaan Perkuliahan Kimia Organik 1 (Studi Kasus Perkuliahan Kimia Organik 1) Hayuni Retno Widarti, Siti Marfuah, Rini Retnosari	702
Kesalahan Konsep Klasifikasi Materi dan Perubahannya pada Siswa Kelas VII SMPN 2 Ngadiluwih Kabupaten Kediri Dyah Waluyati	712
Pemahaman Konsep Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan (Ksp) pada Peserta Didik Program 4, 5, dan 6 Semester SMAN 3 Malang Lailatus Sholikhah, Fariati, Herunata	718
Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Kolaboratif terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas XI MIA MAN 1 Malang pada Materi Larutan Penyangga Mentari Arie Dian Safitri, Ridwan Joharmawan, Mohammad Sodik Ibnu	723
Pengaruh Kemampuan Penalaran Formal terhadap Hasil Belajar Kimia Dasar Materi Pokok Larutan Penyangga Mahasiswa Semester II Program Studi Pendidikan Kimia Tahun Akademik 2016/2017 Vinsensia H.B.Hayon, Theresia Wariani, Alfons Bunga Naen	731
Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Berbasis Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (<i>Higher Order Thinking Skills</i>) Siswa pada Materi Hidrolisis Garam Kelas XI SMA Ririn Iswanti, Endang Budiasih, dan Parlan	737
Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Model Pembelajaran <i>Learning Cycle</i> 5E –<i>Think Pair Share</i> pada Materi Larutan Penyangga Dewi Lestarani, Endang Budiasih, Siti Marfu'ah	748


Pengembangan LKS berbasis Kreativitas bagi Siswa SMA Kelas X dalam Membuat Alat Pendeteksi Banjir Sederhana Wawan Wahyu, Ali Kusrijadi, Dede Hamjah	759
Penerapan Kotak Asam-Basa untuk Meningkatkan Karakter dan Prestasi Belajar Kimia Siswa SMP Atik Joedanarni	768
Potensi Strategi <i>Process Oriented Guided Inquiry Learning</i>(POGIL) dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep pada Materi Ikatan Kimia Aldila Candra Kusumaningrum, Subandi, Endang Budiasih.....	781
Konsep Modul Gambar Proses (MC-GP) pada Pembelajaran Sistem Koloid Berbasis SCL di Sekolah Menengah Ika Iffah Ilmiah, Sutarto, Nuriman.....	790

MAKALAH PEMBICARA UTAMA

Yuli Rahmawati_Pembelajaran kimia



Peranan *Transformative Learning* Dalam Pendidikan Kimia: Pengembangan Karakter, Identitas Budaya, dan Kompetensi Abad Ke-21



Building Future Leaders

SNKP 2017
Universitas Negeri Malang
Minggu, 5 November 2017

Yuli Rahmawati, M.Sc., Ph.D
Pendidikan Kimia
Universitas Negeri Jakarta

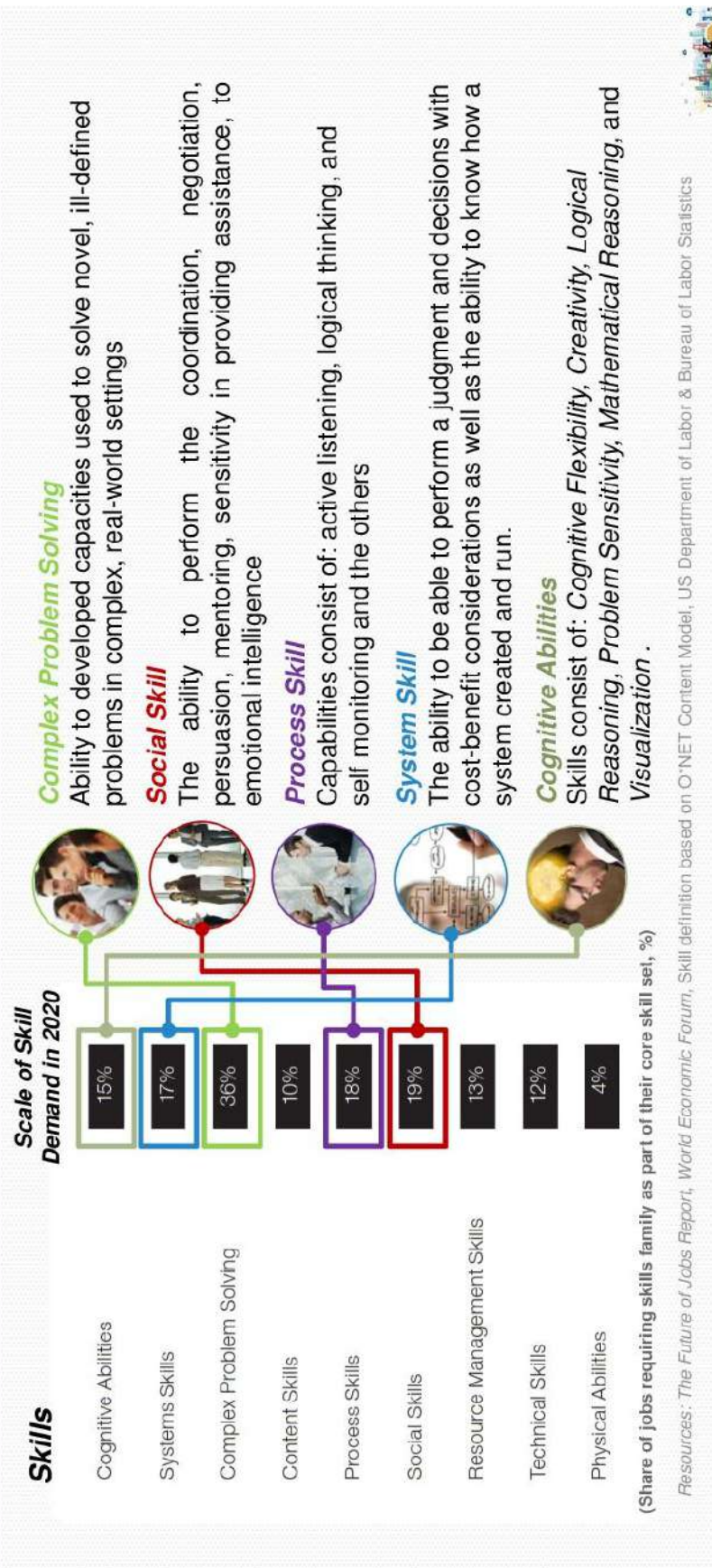
BAGIAN I
LATAR BELAKANG



Generasi Masa Depan



Skills for Industry of the Future



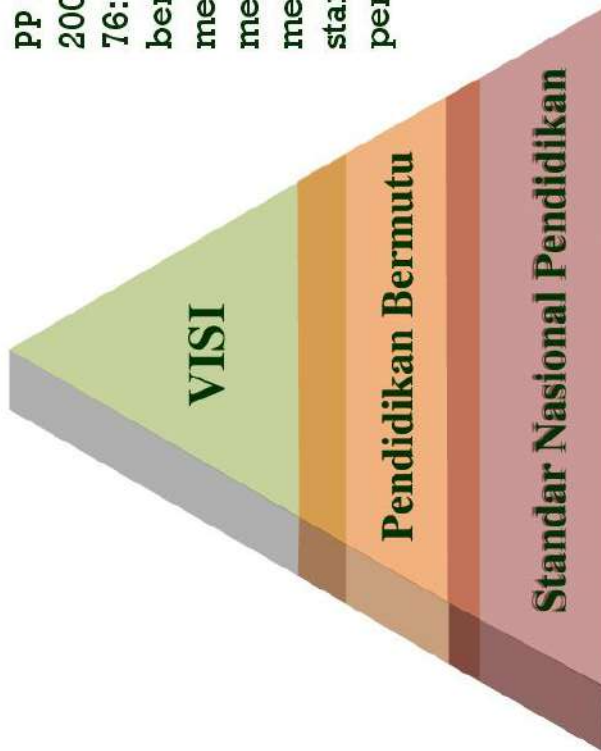
REFORMASI PENDIDIKAN BERBASIS STANDAR

Undang Undang No.20/2003 dan PP No.19/2005

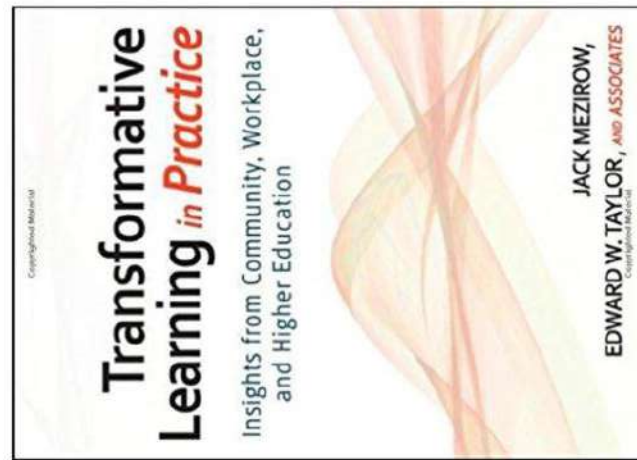
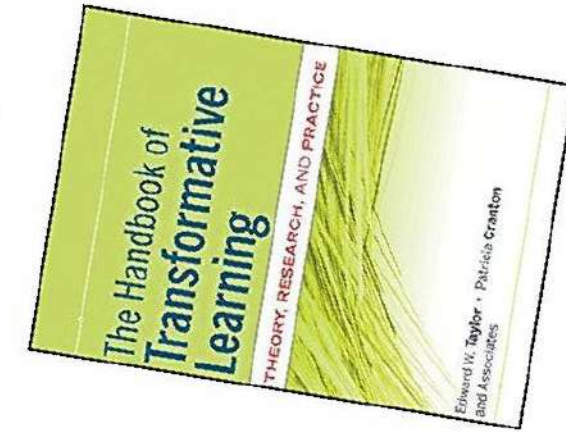
Sistem Pendidikan Nasional

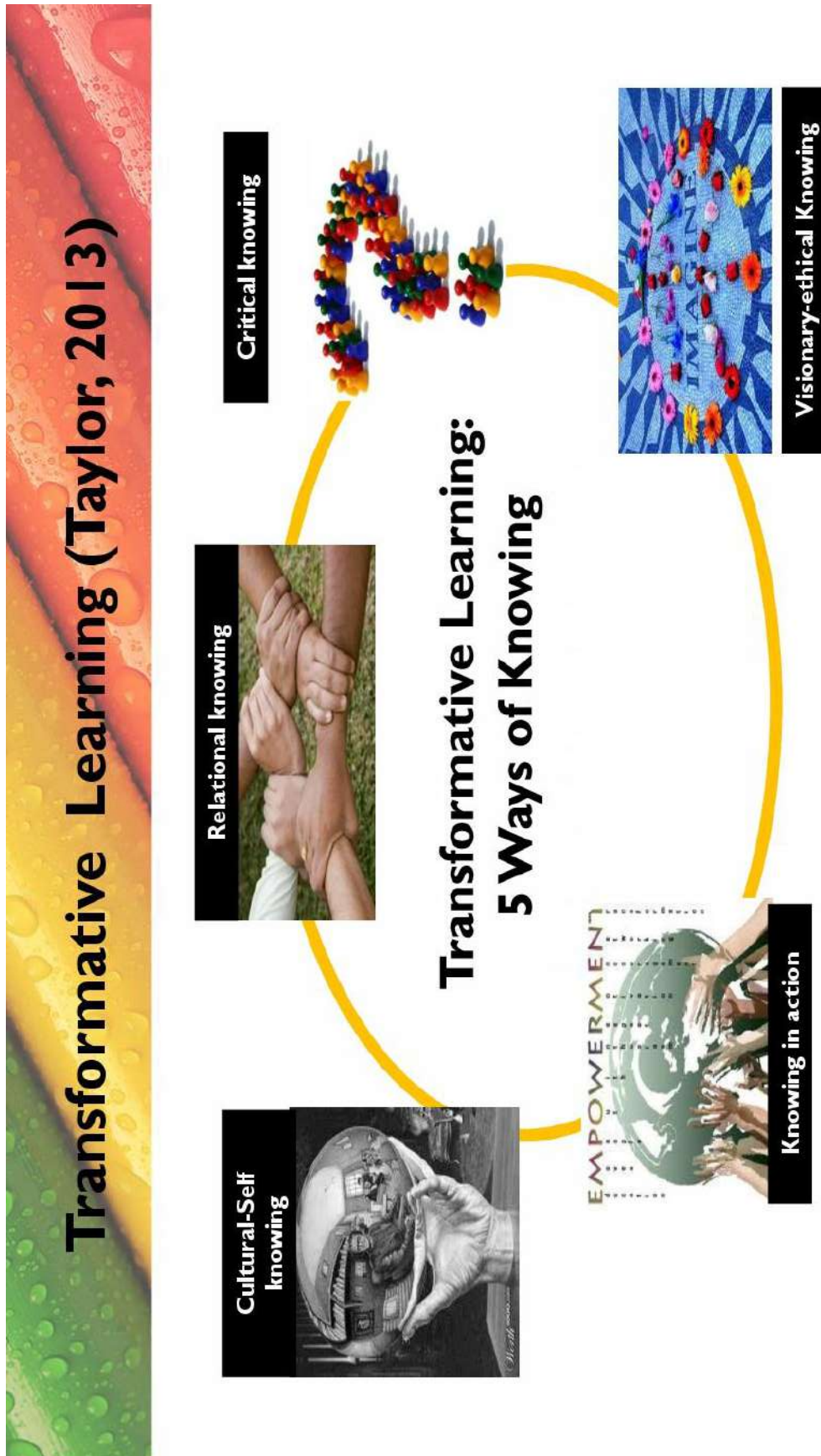
Pasal 35 ayat (3):
pengembangan
Standar Nasional
Pendidikan (SNP)
serta pemantauan
dan pelaporan
pencapaiannya
secara nasional
dilaksanakan oleh
suatu badan
standarisasi,
penjaminan, dan
pengendalian
mutu pendidikan

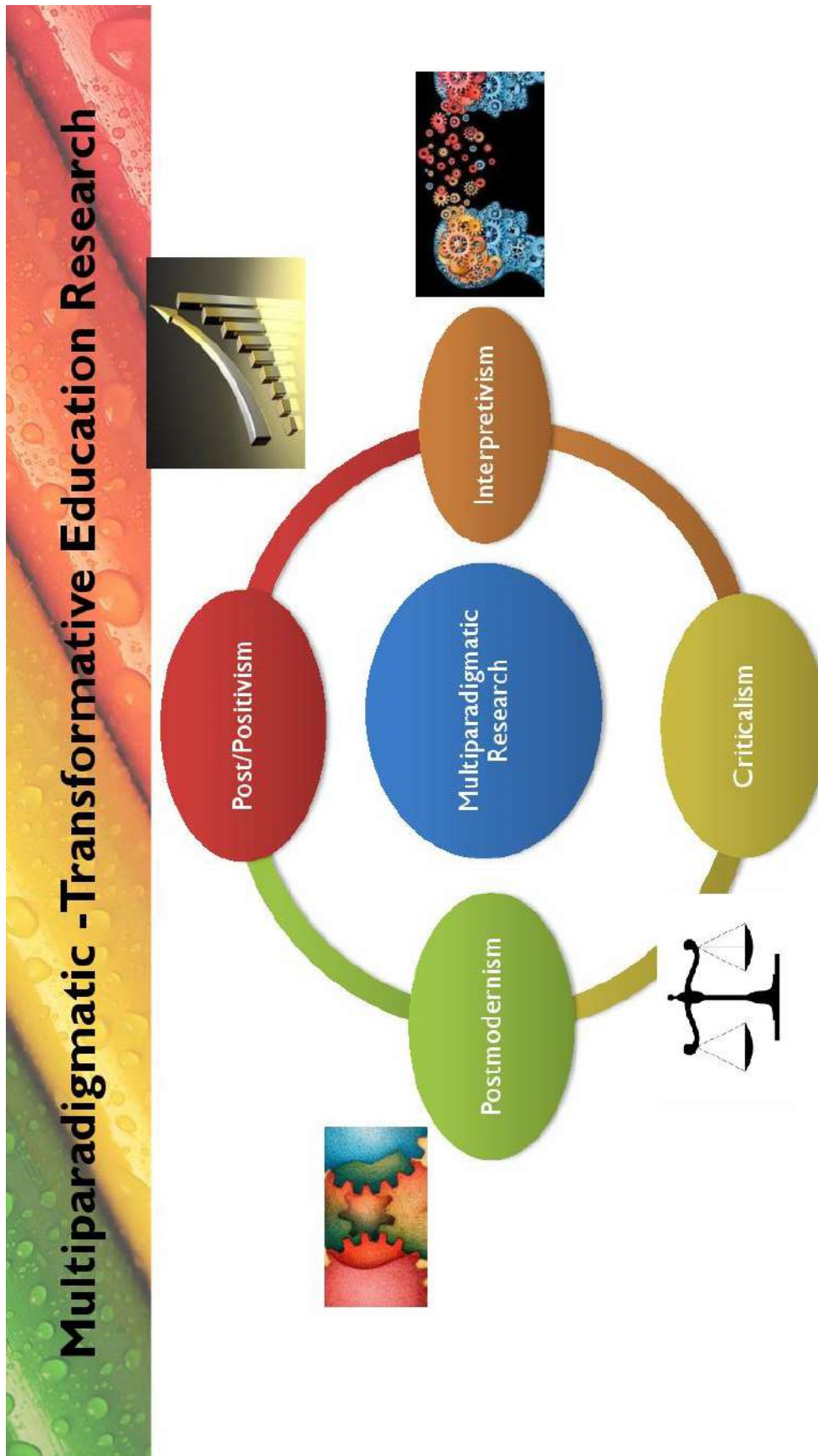
PP No. 19 Tahun
2005, Pasal 73 dan
76: bahwa BSNP
bertugas
mengembangkan,
memantau, dan
mengendalikan
standar nasional
pendidikan



Transformative Learning Theories

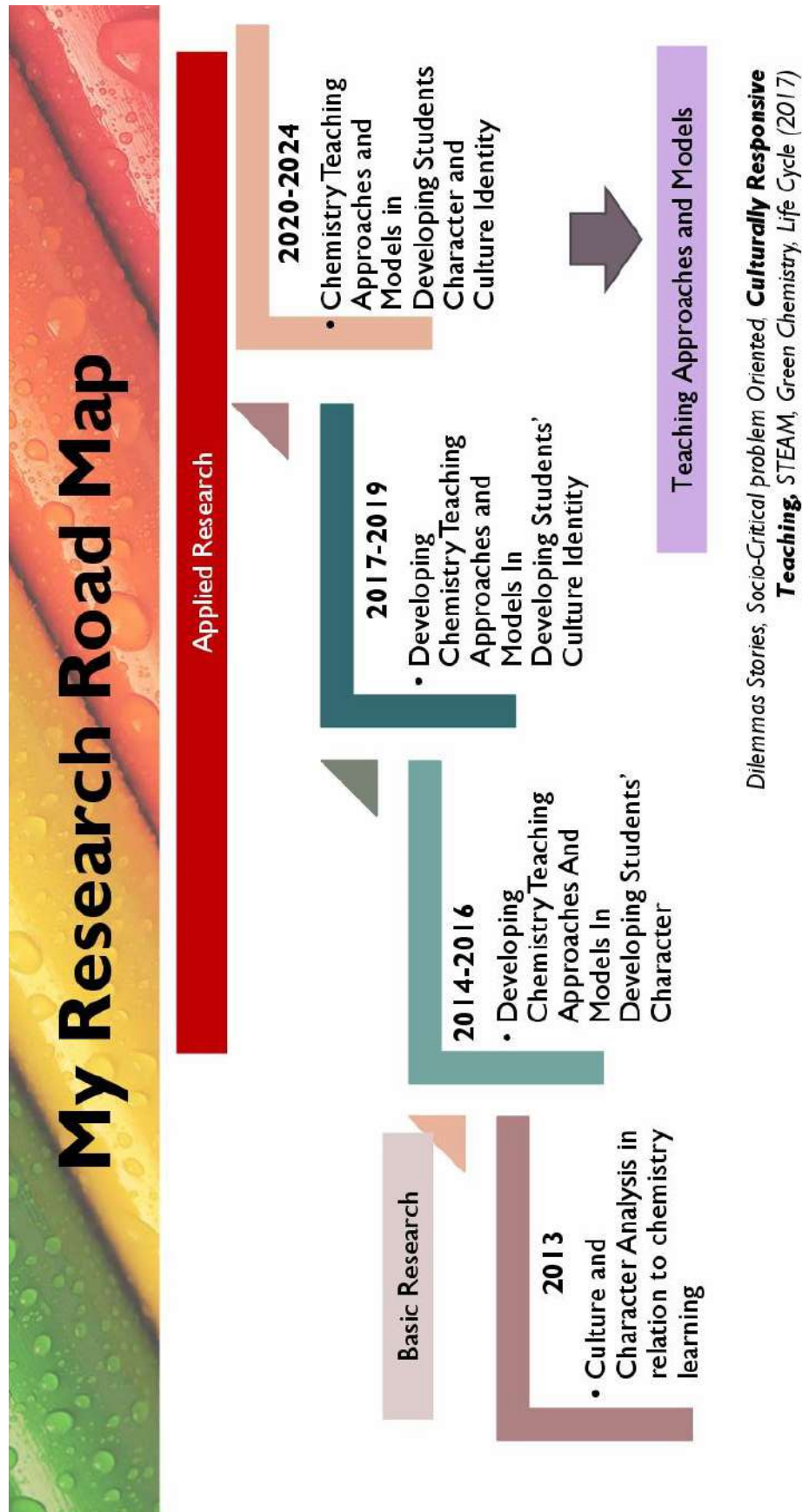






Educational Research Paradigm

Paradigm	Epistemology	Metodology	Methods	Quality Standards
Positivism Post-positivist	Scientific, Objective, Explanatory	Experiment, Correlation, Survey, Mixed-Methods	Test, Questionnaire, Interview	Validity, Reliability, & Triangulation
Interpretivism	Constructivist	Case Study, Grounded Theory, Ethnography, Practical Action Research	Interview, Observation, Reflective Journal, Document Analysis	Trustworthiness Authenticity
Criticalism	Subjective	Critical Action research	Interview, Observation, Reflective Journal, Reflections	Praxis Pedagogical thoughtfulness
Postmodernism	Pluralism	Auto/etnografi	Narrative Inquiry Interview Observation	polyvocality, verisimilitude



My Research Focus (2013-2017)



Conceptual Understanding

- Mental Model
- Mental State
- Brain-Based Learning
- Learning Cycle (8E)



STEAM



Cultural Identity

- Culturally Responsive Teaching
- Ethnochemistry



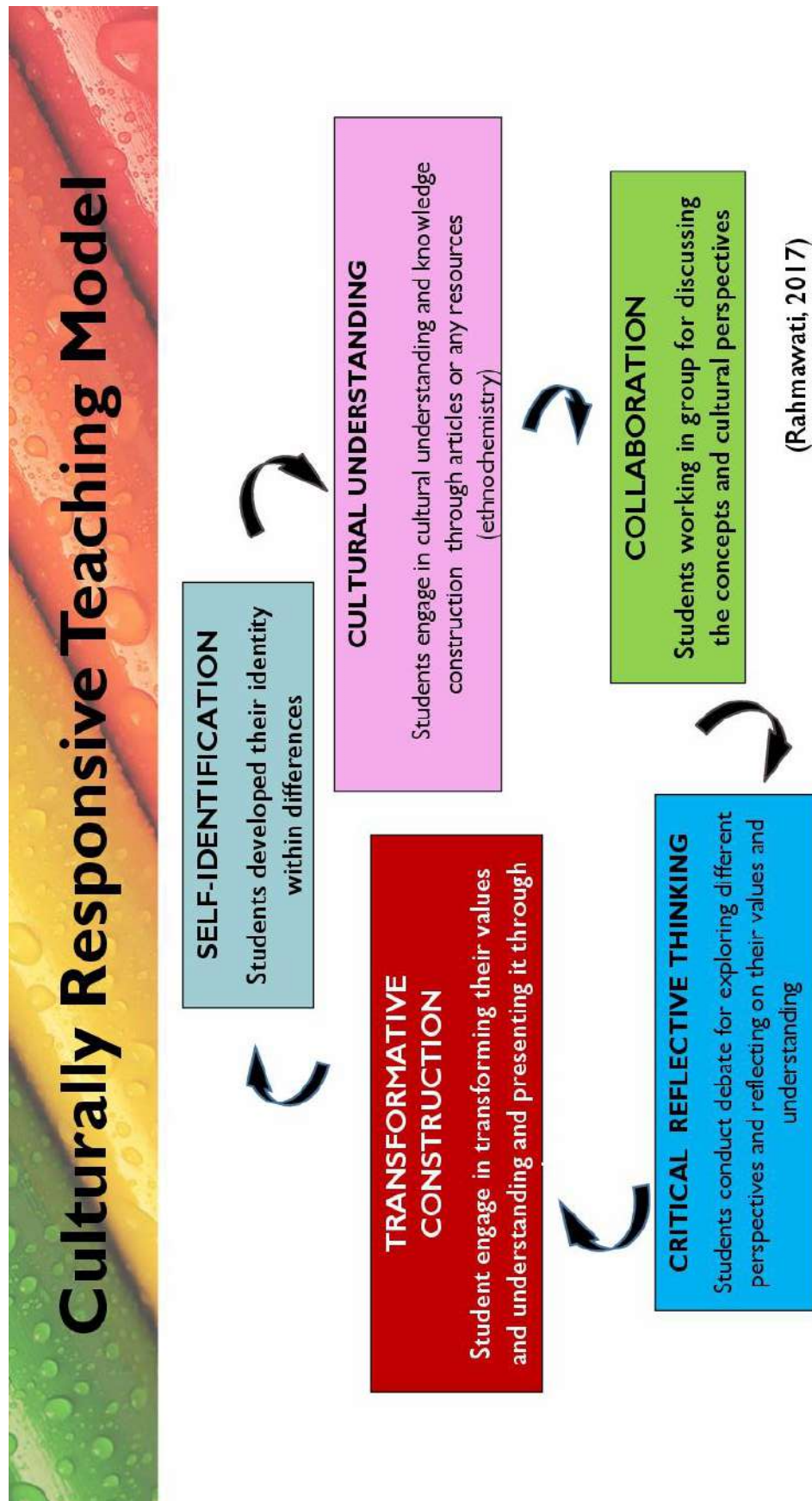
Sustainability

- Green Chemistry
- Small Scale Laboratory
- Life Cycle



Socio Critical & Emotional Learning

- Dilemmas Stories
- SEL
- Socio Critical Problem Oriented





Ethnochemistry

Green Coconut Water in Javanese Culture

Natural Balinese Vinegar

Lime, The Useful Acid

“Roti Buaya” Chemistry in Betawi

“Dewi Sri” Fertility in the Java Land

“Ngeyeuh Seuruh” Sacred Tradition of the Sundanese

Linking Dilemmas Stories and Indonesia Curricula

Dilemma Story	Description	Chemistry Topic	Outcomes	Characters Development in Curricula
1. Cigarette dilemma	Smoking Father	Buffer Solution	Students understand the function of buffer solutions in human life	<ul style="list-style-type: none"> • Environment and social responsibility • Curiosity • empathic communication • Responsibility • Collaboration • Honesty • Creativity • Tolerance of differences
2. Tawas dilemma	Purifying water	Hydrolysis	Students apply the hydrolysis concept in daily lives	
3. Mercury dilemma	Whitening skin	Heavy metals	Students analyse the effects of heavy metals	
4. Isotonic drink dilemma	Drinking isotonic fluids regularly	Electrolyte and Non-Electrolyte	Students apply electrolyte and non-electrolyte concepts in daily lives	
5. Soft drink dilemma	<ul style="list-style-type: none"> • Drinking soft drinks • Selling food with preservatives 	Acid and Base	<ul style="list-style-type: none"> • Students understand the concepts of pH in acid and base solution • Students apply the acid and base concepts in daily lives 	
6. Sodium Benzoate dilemma				
7. Battery dilemma	<ul style="list-style-type: none"> • Battery waste 	Reduction and Oxidation	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Students apply reduction and oxidation concepts in daily lives</i> 	
8. Minyak Jelantah dilemma				

Science Technology Engineering Art Mathematics

SCIENCE	TECHNOLOGY	ENGINEERING	ART	MATHEMATICS
The concept of acid and base	Aeration technology	Create aquarium	Decorate the aquarium according to the creativity of the students	Calculations in aquarium production
Testing of indicators against acidic and basic solutions	Using pH meter	Establishment of natural indicators	Display power point as presentation material	Calculations in the manufacture of solutions with a certain pH
Testing the endurance of living things	Using laptop, mobile phone, projector, powerpoint media as presentation material	Assembling the aerator	Make a creativity of the media	pH measurement



Pre-Service Teachers' Challenges in Shifting Paradigms and Being "Transformative Teachers"

8 Curriculum Images
(Schubert, 1986)

5 Ways of Knowing in
Transformative
Learning (Taylor, 2013)

1. Constructivism as a referent
2. Empowering teacher-student relationships
3. Dialectical thinking (Rahmawati, 2013)

As a pre-service teacher, conducting research in dilemma stories was really challenging. Students with cultural differences tried to solve problems within the chemistry context. I realised it's a powerful approach to develop students' emotional intelligence within our values and beliefs (Anah, student's teacher, Mei 5, 2014)

Students' Learning

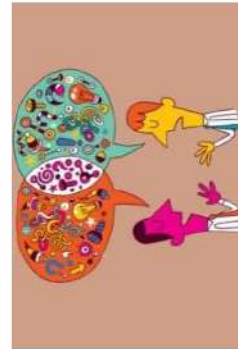
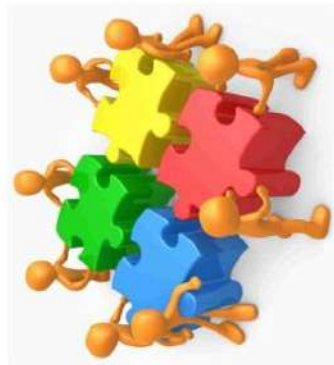
DRAMA (Role Playing)



POSTER



Students' 21st Century Skills



CONCLUDING NOTES



Transformative education has empowered the critical reflections of pre-service teachers' on values and culture in developing their teaching identity



The learning approach has developed students' 21st century skills

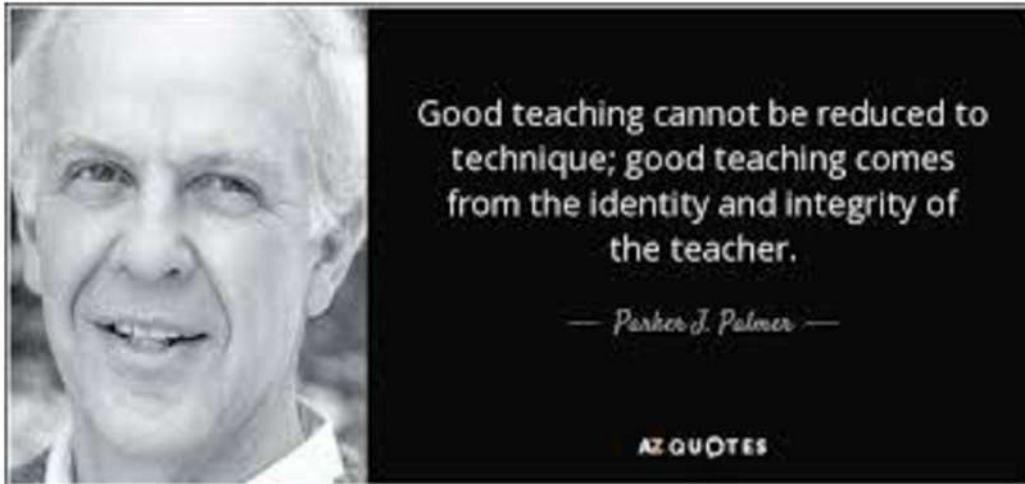


Constructivism as a referent, Empowering teacher-student relationships, Dialectical thinking for facing the challenges in implementation



In different hegemony, its important to stay for being empowered

Teaching the heart



Akhmad Sabarudin_Kimia Analitik

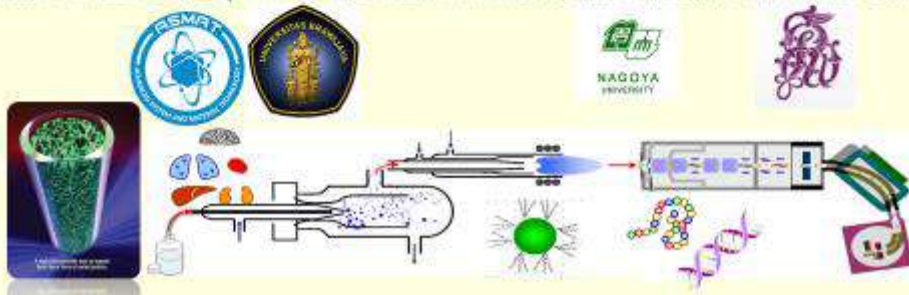
Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya (SNKP 2017), Universitas Negeri Malang,
5 November 2017

Development of Highly Efficient Interface Device for Mass Spectrometry and Organic Polymer-Based Monoliths: Application to Bioanalytical Chemistry

Akhmad Sabarudin

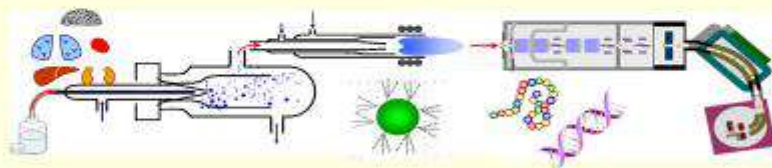
E-mail: sabarjpn@ub.ac.id

Ika O Wulandari, Septi F Raeni, Isabell Alwicher, Yuka Takasaki, Tomonari Umemura

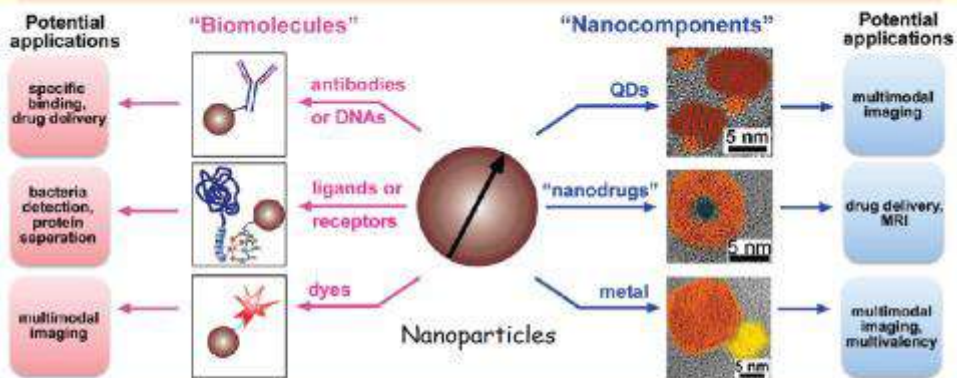


Part 1

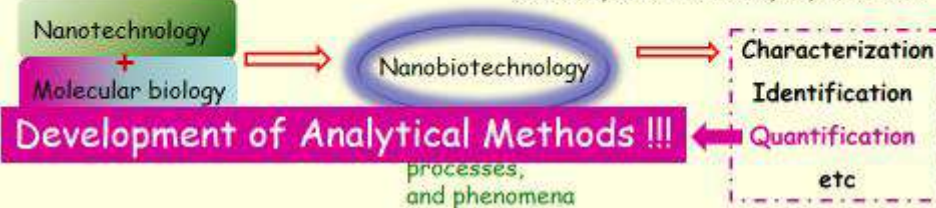
Plasma Mass Spectrometry for Biological Sample Analysis



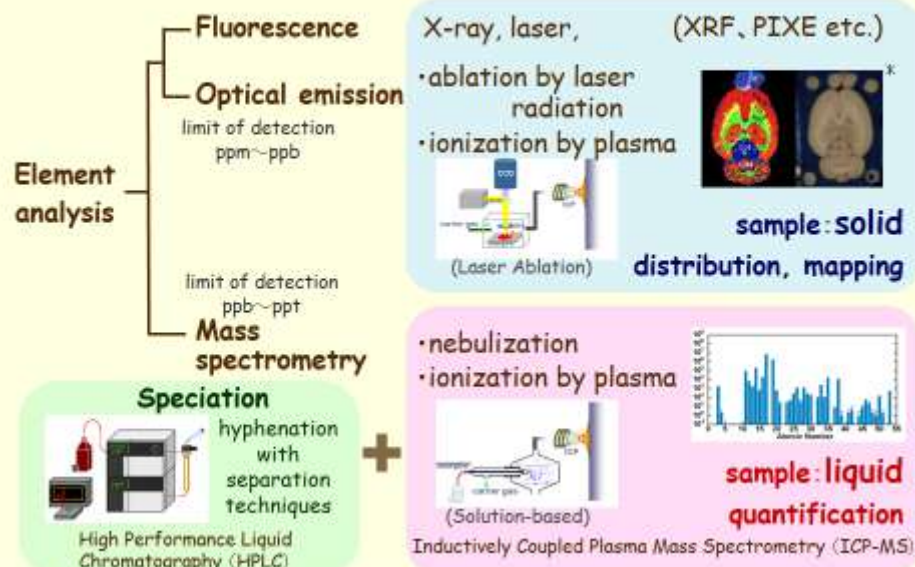
Integration of nanotechnology with molecular biology/bioscience



Gao et al, Acc. Chem. Res, 42, 1097-1107

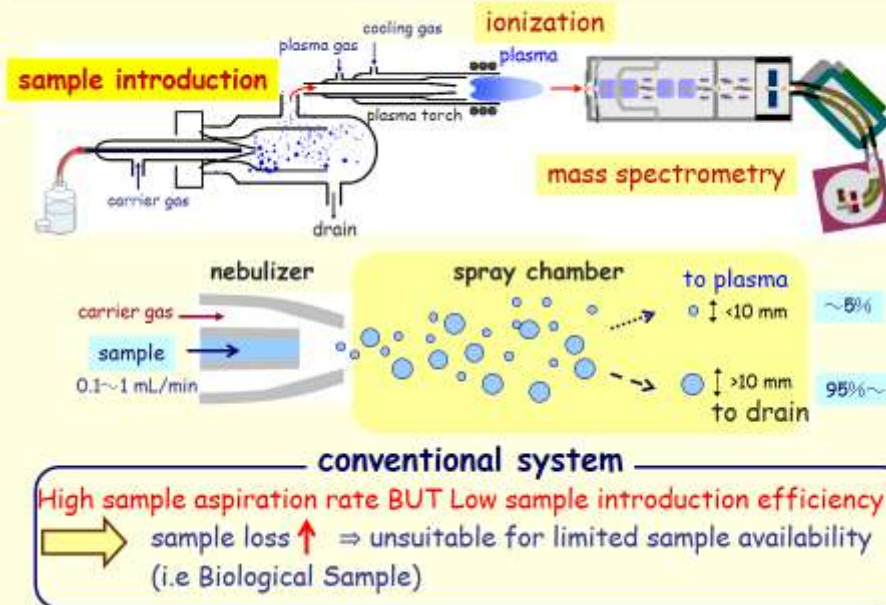


Analytical Methods for Biological Samples



* A.M. Oros-Peusquens, A. Matuschb et al., Int. J. Mass Spectrom., 307 (2011) 245-252

Sample Introduction in Typical ICP-MS



Talanta 57 (2012) 390–399

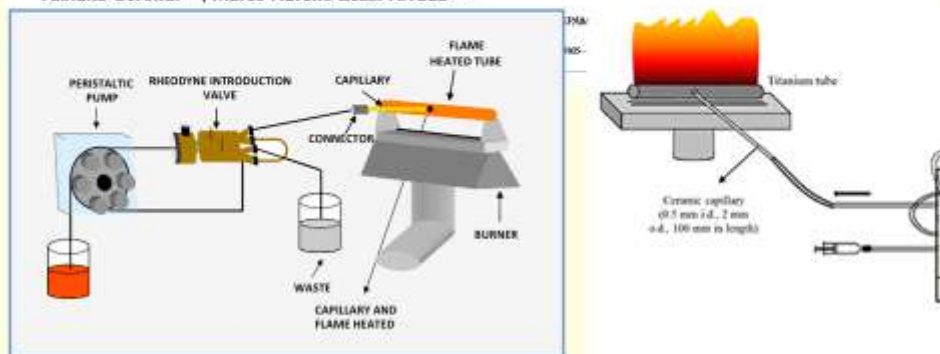
Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Talanta

journal homepage: www.elsevier.com/locate/talanta

Thermospray flame furnace atomic absorption spectrometry for determination of silver in biological materials

Fabiana Gerondi^{a,b}, Marco Aurélio Zezzi Arruda^{a,b,*}



Commercially available high efficiency nebulizer

*** sensitivity**

•micronebulizer



* nebulizer tip clogging

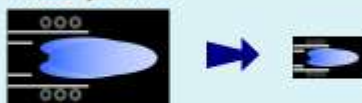
•ultrasonic nebulizer



* high memory effect
 * long washing time

*** sample consumption**

•micro plasma



* low energy
 * low efficiency
 (change of plasma form)

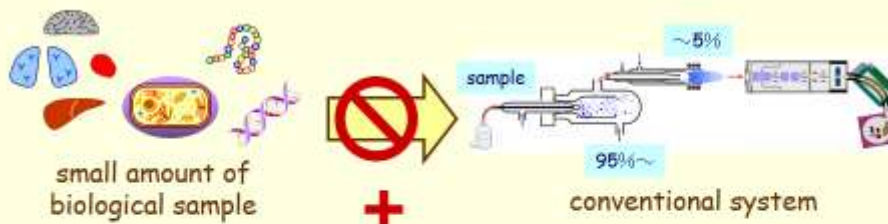
•Direct-Injection Nebulizer



5000 USD !!

* matrix effect
 * complicated handling
 (gas flow rate, pressure)

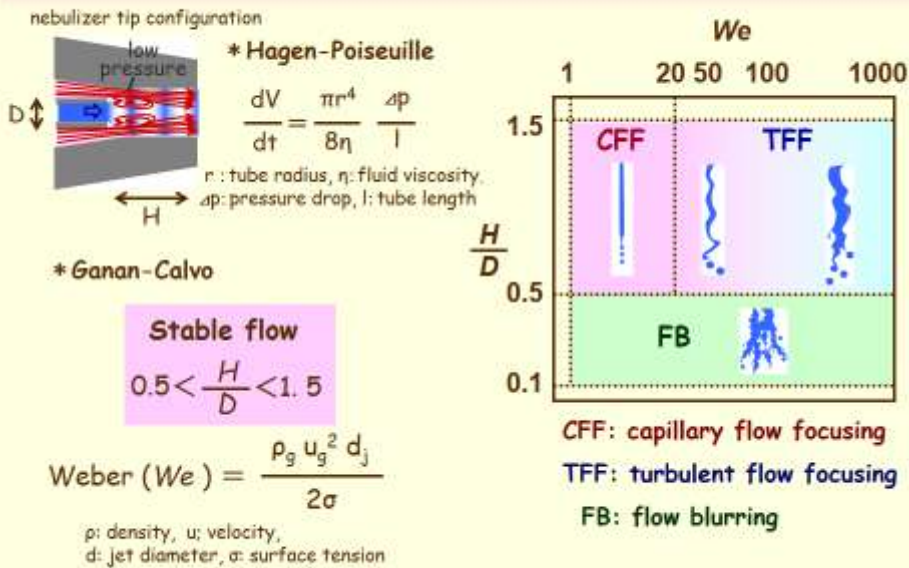
Development of Interface device?



Highly Efficient Interface Device

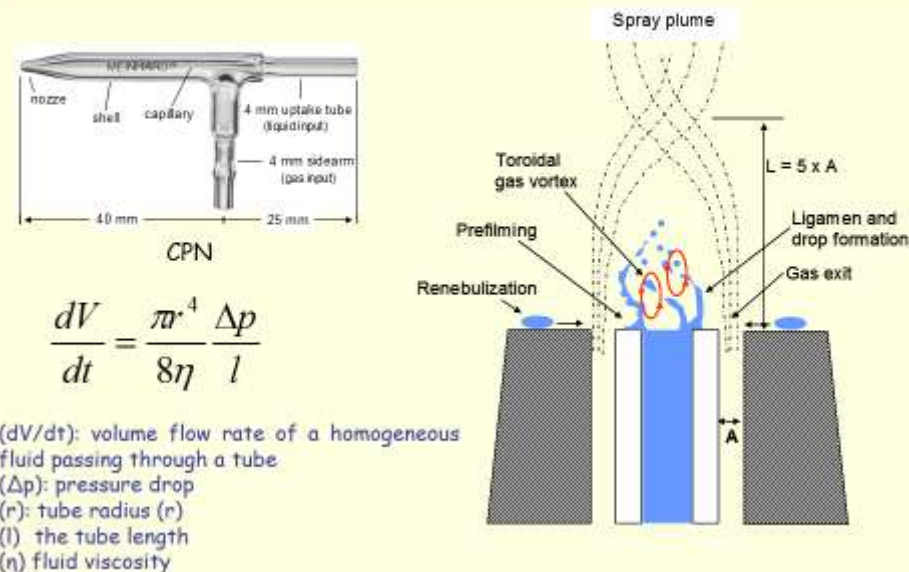
- * Low sample uptake, Total sample consumption
- * Easy handling, Salt tolerance
- * Facile combination with flow-based techniques
- * Generate fine and monodisperse aerosol droplets

Theoretical Aspects of Nebulization

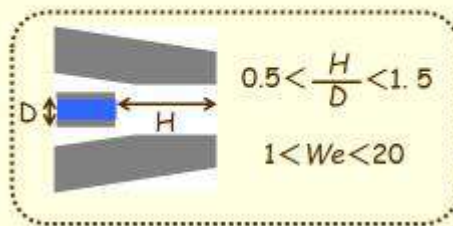


J. Rosell-Llompart, A. M. Gañán-Calvo, Phys. Rev. E, 77 (2008) 036321

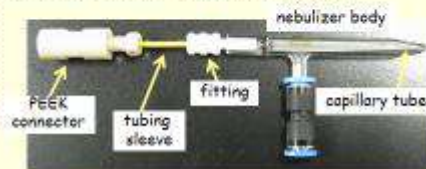
Schematic of the processes taking place at the exit of a concentric pneumatic nebulizer (CPN)



Development of New Micronebulizer



* Capillary Flow Focusing Nebulizer (home-made construction)



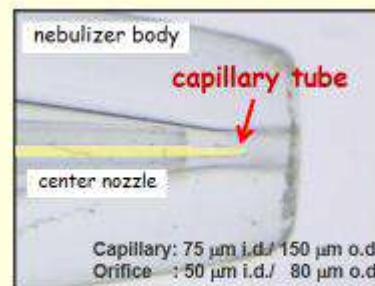
commercially available nebulizer

* Conikal (1mL/min)

$$\frac{H}{D} = 2.32, \quad We = 80.7$$

* MicroMist (100 μ L/min)

$$\frac{H}{D} = 1.75, \quad We = 25.5$$



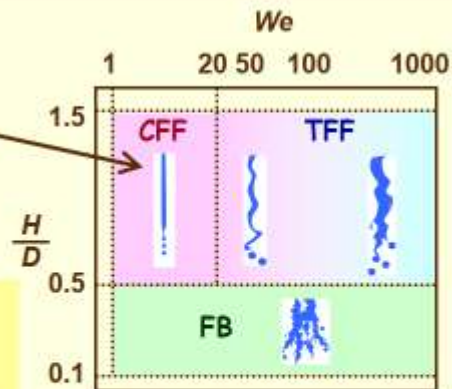
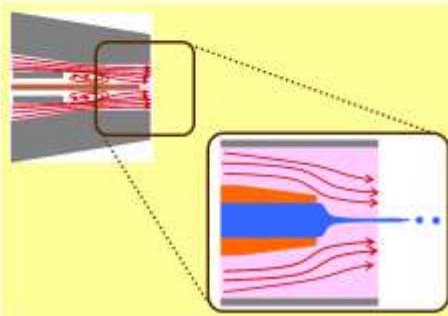
Capillary Flow Focusing Nebulizer (CFFN)

Capillary Flow Focusing Nebulizer

* CFFN (<10 μ L/min)

$$\frac{H}{D} = 1.33, \quad We = 8.08$$

capillary flow focusing



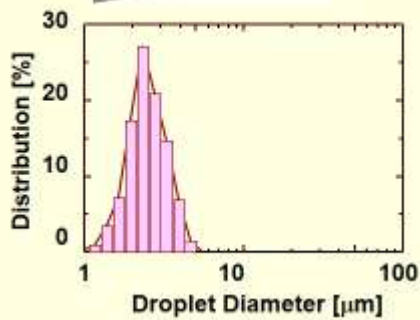
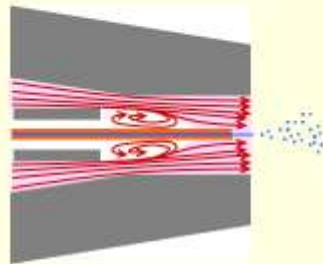
CFF: capillary flow focusing

TFF: turbulent flow focusing

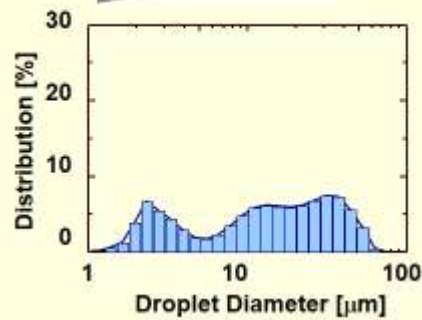
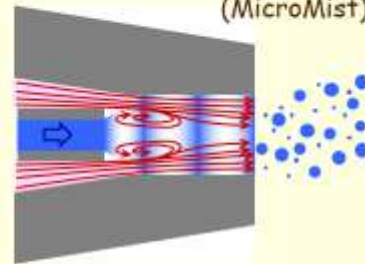
FB: flow blurring

Droplet Size Distribution of Aerosols

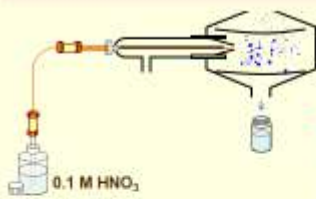
* Capillary Flow Focusing Nebulizer



* commercially available nebulizer (MicroMist)

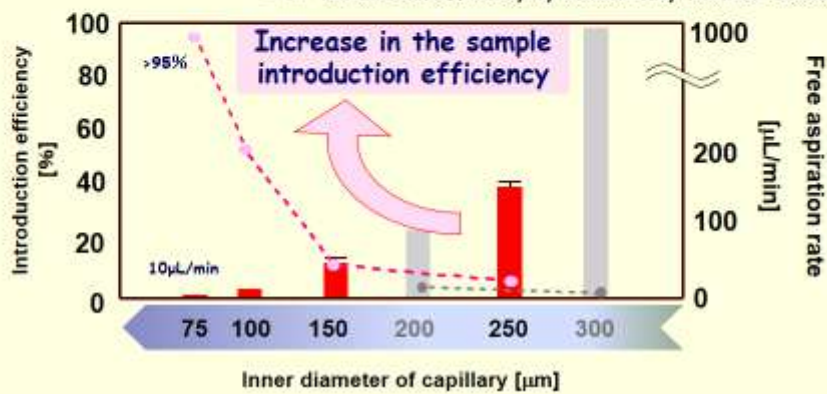


Sample Introduction Efficiency (SIE)

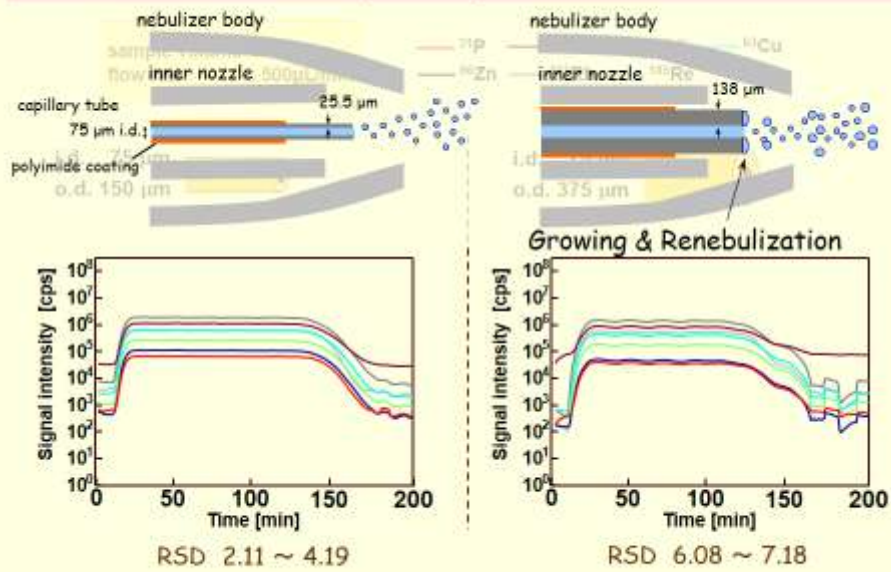


$$\text{SIE [\%]} = \frac{\text{aspirated [\mu L]} - \text{drained [\mu L]}}{\text{aspirated [\mu L]}} \times 100$$

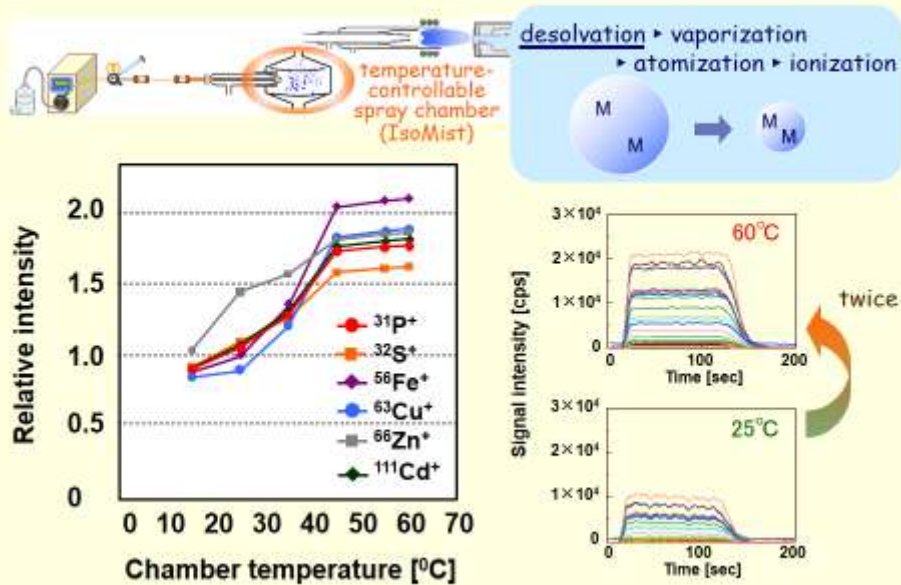
- free aspiration rate by Flow Focusing Nebulizer
- - - introduction efficiency by Flow Focusing Nebulizer
- free aspiration rate by commercially available nebulizer
- - - introduction efficiency by commercially available nebulizer



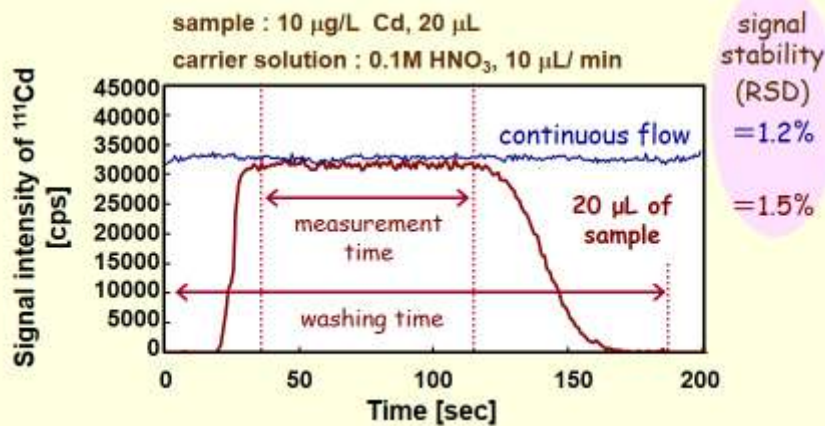
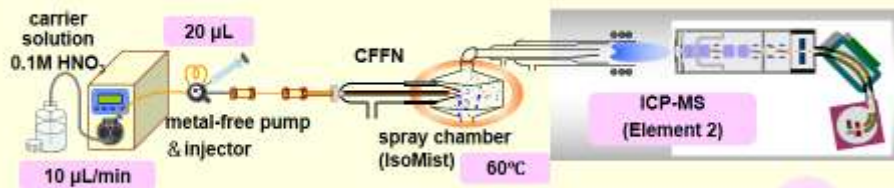
Thickness of Capillary Tube (Outer diameter)



Effect of Spray Chamber Temperature



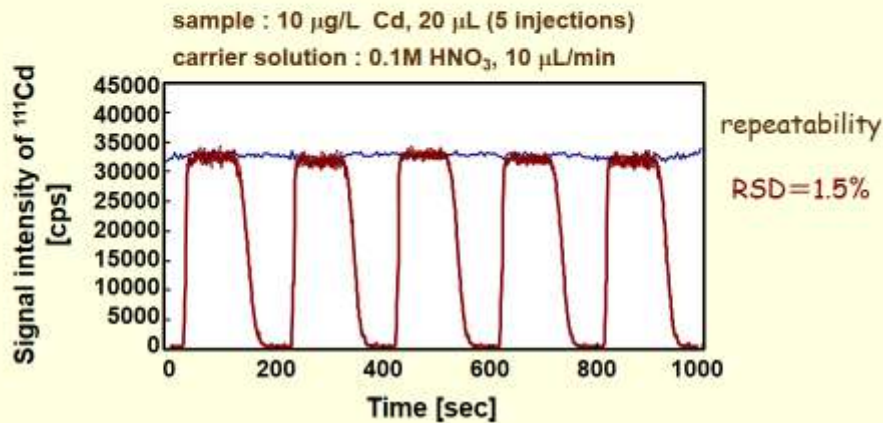
μFlow Injection System



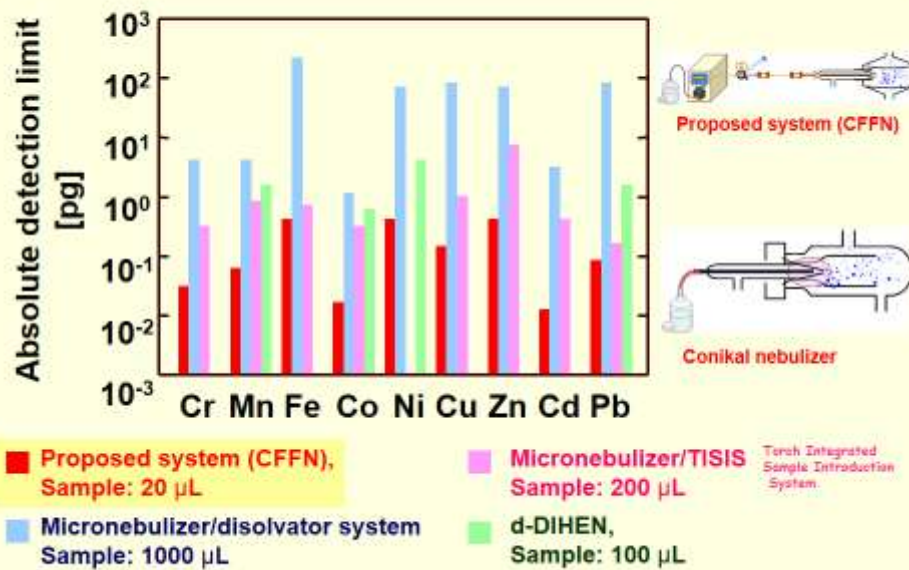
μFlow Injection System



$$\text{Dispersion coefficient (D)} = \frac{\text{signal intensity of the continuous sample introduction (C}^0\text{)}}{\text{signal intensity by the } (C^{\text{max}})\text{ loop injection}} = 1.02$$



Comparison of the Detection Limits



Validation of μ FIA-CFFN-ICP/MS

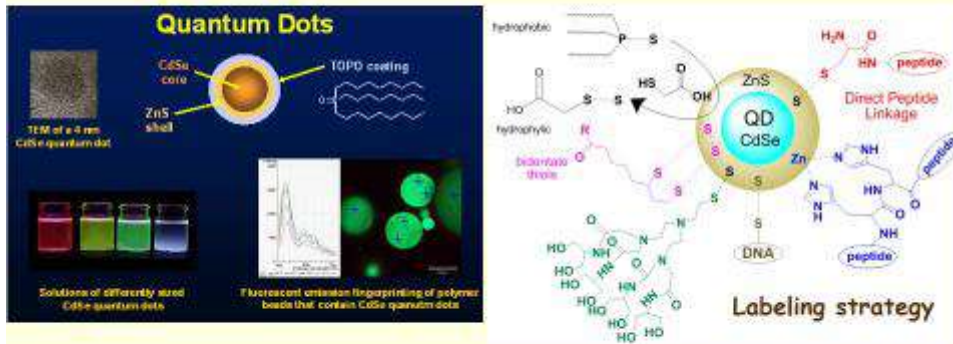
sample : NIST SRM 1577b (Bovine liver), volume : 20 μ L,
 carrier solution : 0.1 M HNO_3 , 10 μ L/min

Element	Measured value [μ g/g]	RSD [%]	Certified value [μ g/g]	Ratio*
Na	2620 \pm 30	1.0	2420 \pm 60	1.08
P	11400 \pm 100	0.9	11000 \pm 300	1.04
S	7820 \pm 70	0.8	7850 \pm 60	1.00
K	9700 \pm 120	1.2	9940 \pm 20	0.98
Ca	108 \pm 2	2.1	116 \pm 4	0.93
Mn	10.9 \pm 0.3	2.9	10.5 \pm 1.7	1.04
Fe	192 \pm 5	2.5	184 \pm 15	1.04
Co	0.243 \pm 0.011	4.6	0.25 (Information value)	0.97
Cu	172 \pm 5	2.9	160 \pm 8	1.07
Zn	137 \pm 3	2.4	127 \pm 16	1.08
Mo	3.84 \pm 0.11	2.9	3.5 \pm 0.3	1.10
Cd	0.553 \pm 0.002	0.3	0.50 \pm 0.03	1.11

* Measured value/Certified value

*** drastic downsizing of sample consumption
 without sacrificing accuracy and precision**

Quantum dots (QDs) are inorganic probes that consist of CdSe/ZnS or CdTeSe/ZnS -core/shell semiconductor nanocrystals (tiny nanoparticles) and have recently been explored as fluorescent probes for stem cell labeling.



<http://www.reade.com/products/quantum-dots-nano-dots>

analytical chemistry

University Libraries
 University of Colorado Boulder

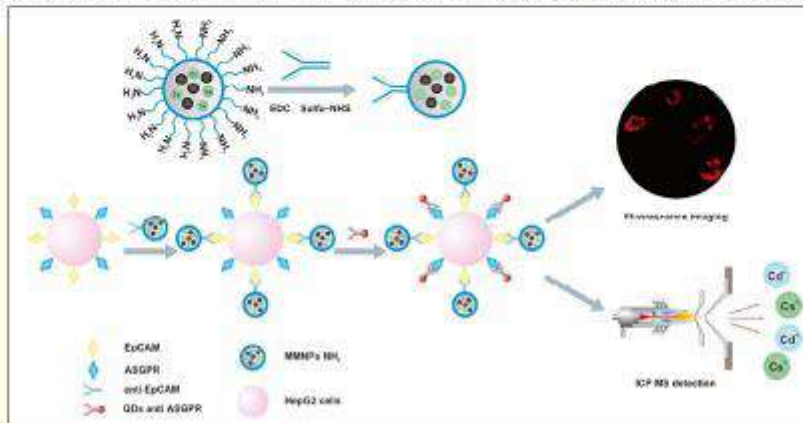
Subscriber access provided by University of Colorado Boulder

Article

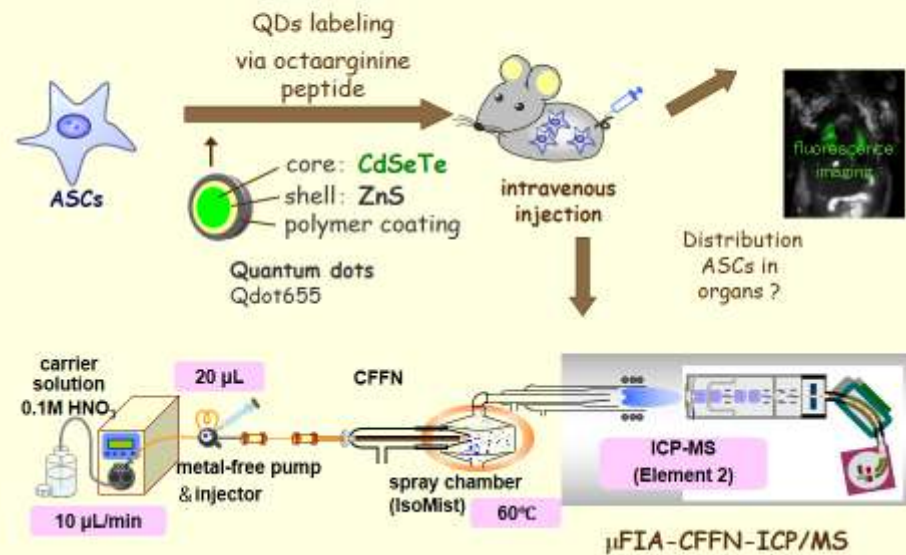
Quantum dots labeling strategy for "Counting and Visualization" of HepG2 cells

Bin Yang, Bei-Bei Chen, Man He, and Bin Hu

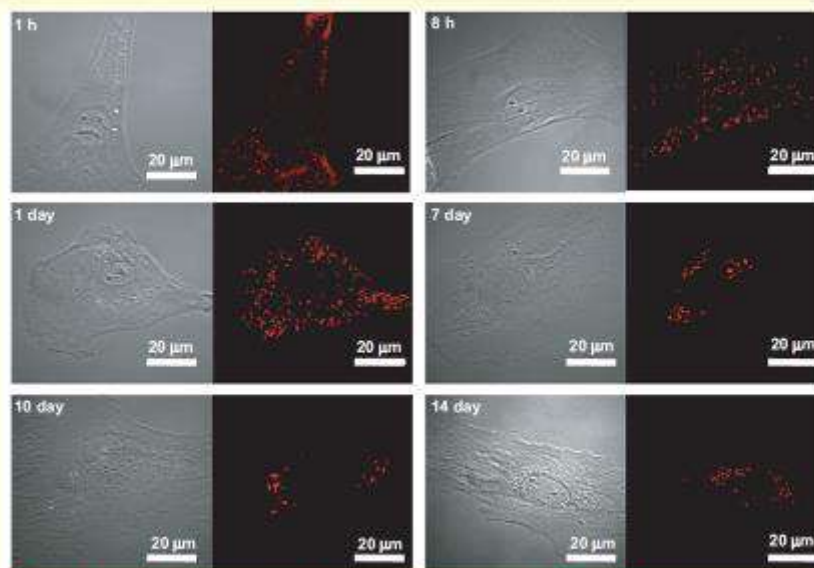
Anal. Chem., Just Accepted Manuscript • DOI: 10.1021/acs.analchem.6b04314 • Publication Date (Web): 12 Jan 2017



QDs-labeled Adipose Tissue-derived Stem Cells (ASCs)



Fluorescence stability of QDs-labeled ASCs (in-vitro)

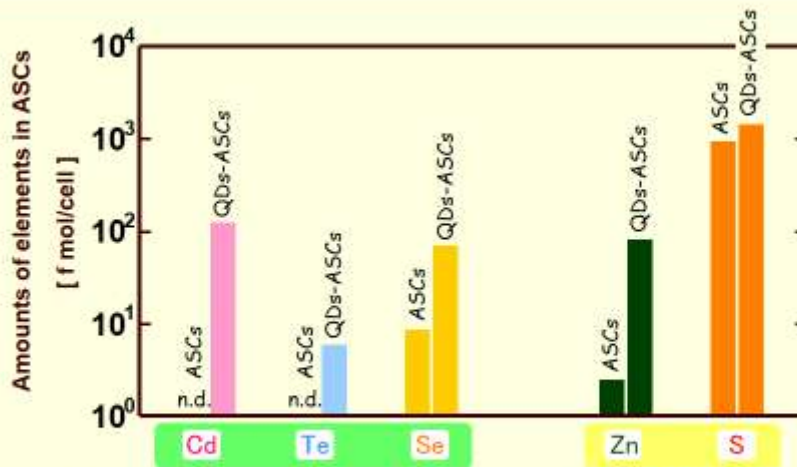


Intracellular distribution and fluorescence intensity of QDs-ASCs.
 (Data obtained by Confocal Laser Scanning Microscopy)

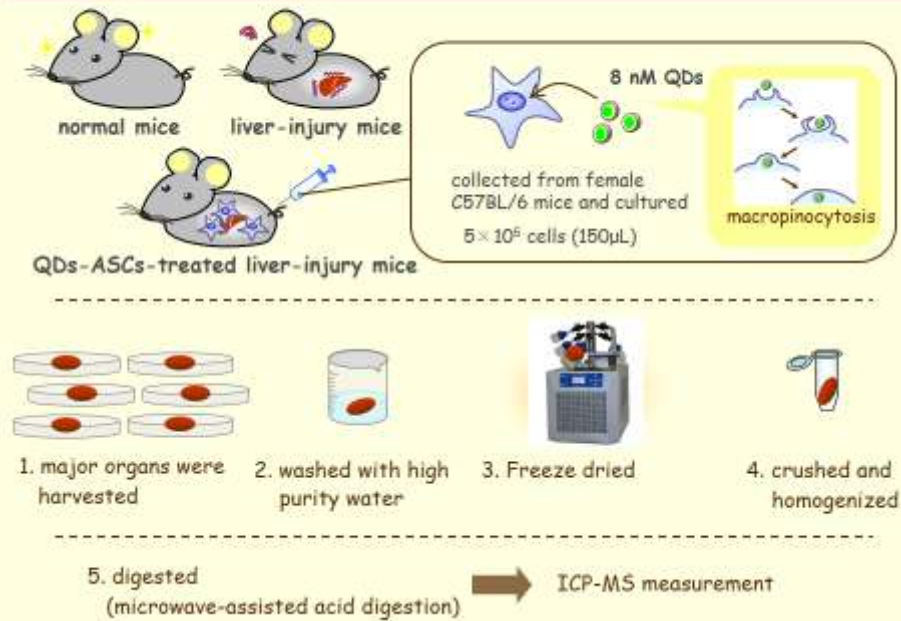
Fluorescence intensity of QDs-labeled ASCs in organs



Elemental Analysis of ASCs and QDs-ASCs by CFFN-ICP-MS

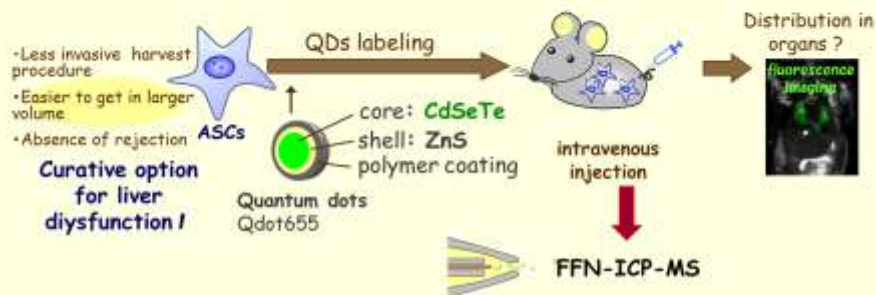


Sample Preparation for ICP-MS measurement



Microwave-assisted digestion procedures

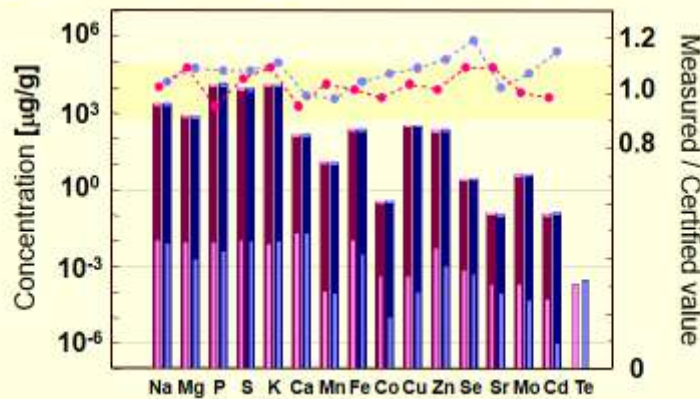
	acid volume	sample	instrument	required time
normal vessel volume 100 mL	10 mL	100 mg		heating 40 min cooling 120 min
vessel insert volume 5 mL	1 mL	10 mg	ETHOS E (1000 W)	heating 30 min cooling 60 min
micro vessel volume 1 mL	100µL	1 mg	domestic microwave oven (500 W)	heating 5 min cooling 5 min



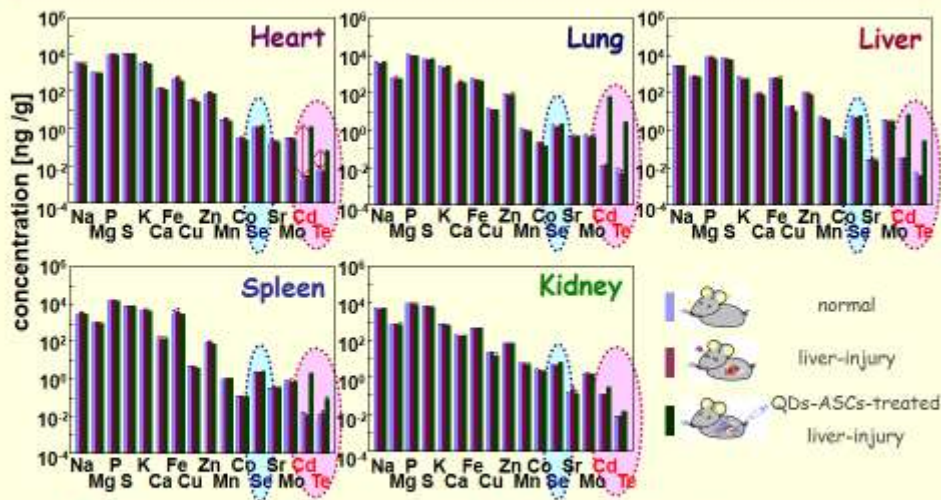
Validation of Microwave-assisted digestion procedure (limited amount of sample)

sample : NIST SRM 1577b (Bovine liver), volume : 20 μ L,
 carrier solution : 0.1M HNO_3 , 10 μ L/min

Measured value Limit of detection Measured/Certified value
 ■ [sample: 1 mg] □ [sample: 1 mg] ● [sample: 1 mg]
 ■ [sample: 10 mg] □ [sample: 10 mg] ● [sample: 10 mg]



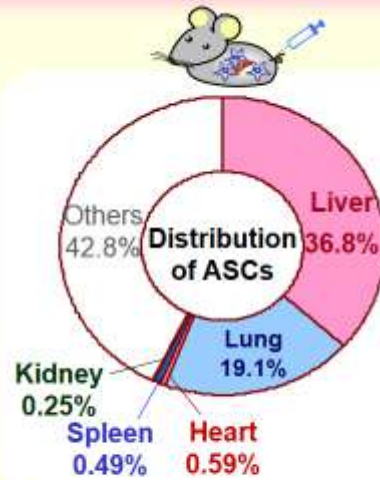
Quantification of ASCs in Mice Organs



- 16 elements including essential elements and major components of QDs were successfully determined
- the concentration of Cd and Te varied among organs

Quantification of ASCs in Mice Organs

Organs	ΔCd [pmol]	ΔTe [pmol]	Molar Ratio of $\Delta\text{Cd}/\Delta\text{Te}$
Heart	39.3	1.67	27
Lung	1270	53.2	26
Liver	2450	106	27
Spleen	32.3	1.34	25
Kidney	16.7	0.759	27
QDs-ASCs	6660	281	27

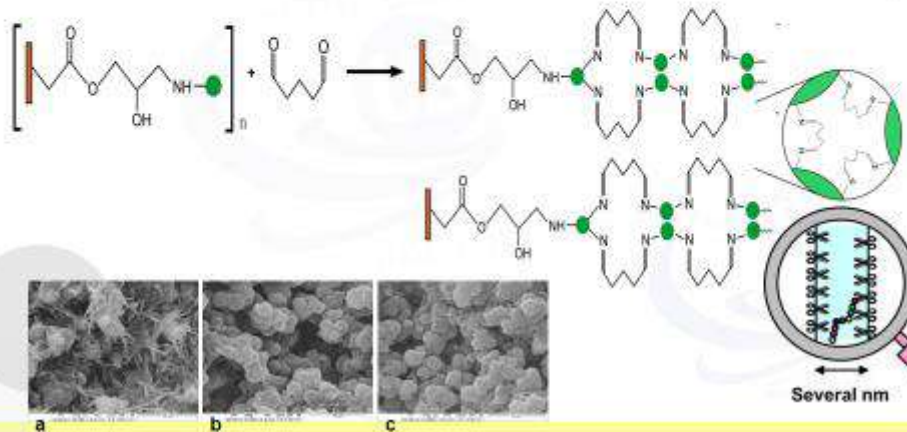


• the Δ molar ratio of Cd/Te in organs was in fair agreement with the molar ratio in QDs-ASCs

- ➔ Ratio Cd/Te can be used as an accurate tracer for ASCs
- ➔ The increments of Cd or Te in organs is proportional to the number of cells

Part 2

Preparation of Organic-based Monolithic Column for Bioanalytical Applications by Liquid Chromatography



© Monolith

Monolith Illustration

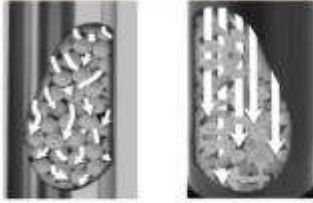
Monolith: a single continuous piece of porous material



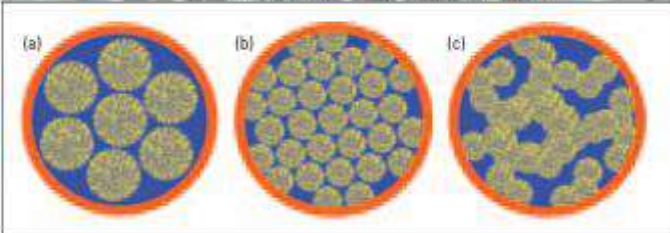
- Macropore (flow-through pores) : > 50 nm
- Mesopore (diffusion pores) : 2 - 50 nm
- Micropore : <2 nm

© Monolith

Advantages



Packed Column Monolithic Column



(a) (b) (c)

FIGURE 1. Evolution of columns from (a) highly permeable and less-efficient packed columns to (b) less-permeable and highly efficient packed columns to (c) highly permeable and highly efficient monolithic columns.

Mongolith

Advantages

- High porosity and permeability.
- Fast separation with low backpressure.
- Uniformity of bed with no end frits (stopper).
- Selectivity can be easily changed *in-situ* by copolymerization, post-polymerization, or photo-grafting.
- Porosity can be controlled by optimizing monomer, crosslinker, and porogen composition, time and temperature of polymerization.

(A) Throughpore size ~ 1µm, Skeleton size ~ 1µm, Internal diameter = 0.5 mm

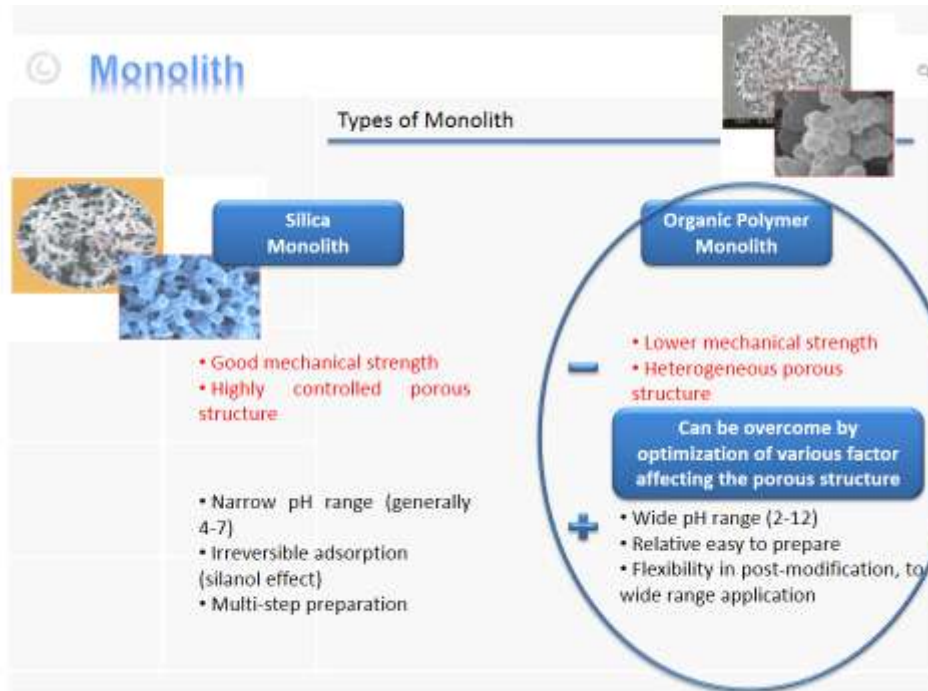
(B) Packing material diameter ~ 5 µm, Internal diameter 4.6 mm, Sample, Stopper (mm)

Mongolith

Types of Monolith

Silica Monolith

Organic Polymer Monolith

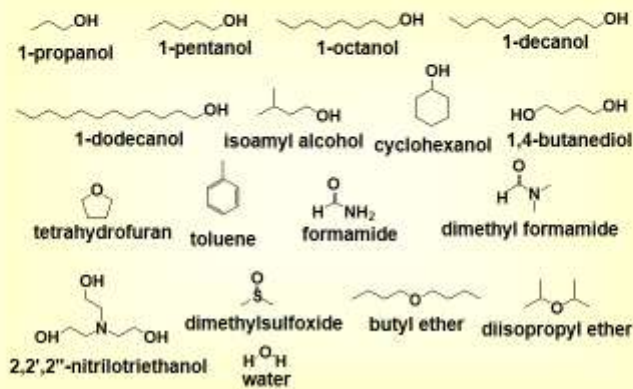


Various factors influencing porous structure

Monomer composition (ratio of functional monomer to cross-linker agent)

Porogen (solvent)

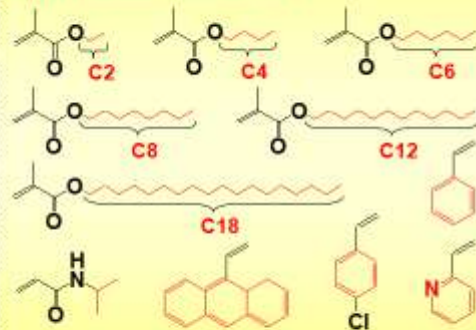
porogenic agents



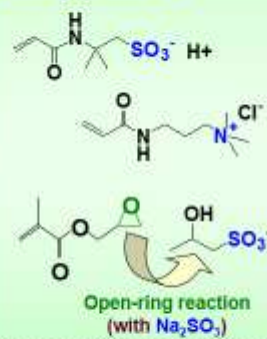
Chemical structure of functional monomers

Monomer and cross-linker

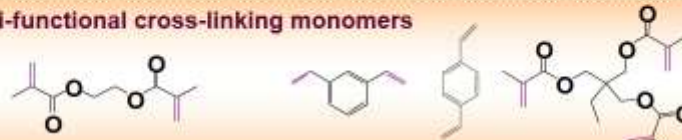
Hydrophobic monomers



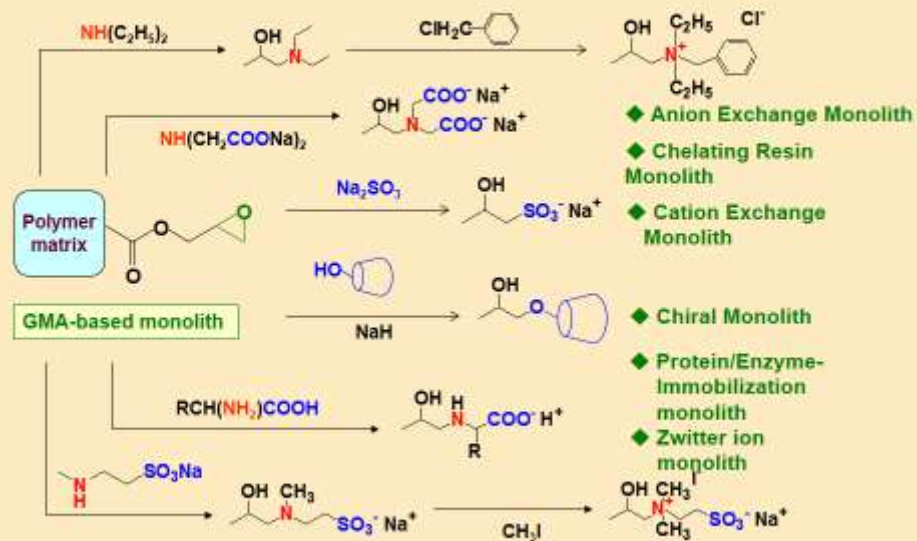
Ionic monomers



Bi-/Tri-functional cross-linking monomers




Glycidyl Methacrylate (GMA)-Based Organic Polymer Monoliths




The preparation of monolith by insitu copolymerization inside column housings

Fused silica capillary

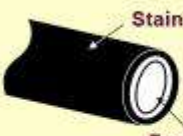


Inner diameter:
 0.050 mm
 0.075 mm
 0.10 mm
 0.25 mm
 0.32 mm
 0.53 mm etc.

Silicosteel tube




Inner diameter:
 0.25 mm
 0.51 mm →
 0.76 mm →
 1.02 mm → **Microbore**
 1.50 mm →
 (Outer diameter: 1/16-in.)



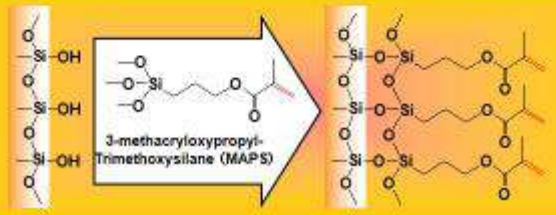
Stainless steel tubing
 Fused silica tubing

Preparation of Monolithic Column (Silanation Procedure)




Fused-silica lined stainless steel tubing

- 1 wash (aquades)
 • Filled with 0,2 M NaOH 2 x 30 min
- 2 wash (aquades 3x)
 • Filled with 0,2 M HCl 2 x 30 min
- 3 wash (aquades 3x) and acetone
 • Filled with 30% MAPS in acetone + piridin (MAPS:aseton:piridin 30:65:5)
- 4 Saved 2 x 12 h, room temp.
 • Wash with acetone
- 5 Cut to desired length
 10 cm



3-methacryloxypropyl-trimethoxysilane (MAPS)



Preparation of PEEK Tubing

a) Fill the tubing with 50% H₂SO₄ and stand for 6 h
 b) Wash with water and Acetone
 c) Fill the tubing with 2M GMA and stand for at least 2 h
 d) Wash with dichloromethane

PEEK tube: 1.0 mm.i.d

General protocol of in situ polymerization

Preparation of monomer solution

Monomer

Functional monomer : ? μL
 cross linking monomer : ? μL

(monomer concentration: ?%T, the ratio of cross-linker: ?%C)

Gamma-ray induced polymerization

porogen (a mixed solution)

Solvent A : ? μL
 Solvent B : ? μL
 Solvent C : ? μL

N₂ gas (2,2'-nitro) → **Without addition** → **Aspirated into a pretreated column** → **Irradiation for 1 h at 0°C** → **Placed in a oven for the polymerization** → **Cut to desired length**

Preparation of RP Monolithic Column (C12, LMA)

Preparation of LMA Monolithic Column

1. Monomers (% T = 35, % C = 10)

Lauryl Methacrylate (LMA)

Ethylene Glycol Dimethacrylate (EDMA)
(as a crosslinker agent, C)

2. Porogenic solvents (1-Propanol: 1,4-Butanediol = 7:4)

1-Propanol

1,4-Butanediol

Initiator (1 wt%)

2,2'-Azobis(isobutyronitrile) (AIBN)

2.7374 g (3.15 mL)
 0.3675 g (0.35 mL)
 3.3133 g (4.14 mL)
 2.3991 g (2.37 mL)
 35 mg

10 cm x 1.0 mm i.d.
 (MAPS-Silcosteel Column)

Polymerization
 (80°C → 12, 24, 36 h)

Washing with ethanol for 1 h,
 flow rate 0.02 mL/min

NOTE:

%T (v/v) = (vol. total monomers) / (vol. total monomers + solvents) x 100

%C (v/v) = (vol. crosslinker) / (vol. total monomer) x 100

Ratio of solvents : v/v

Initiator : 1 wt% respect to total monomers

Separation of Alkyl Benzene using LMA-Monolithic Column

Retention Time/ min

Conditions:

Wavelength : 214 nm

Mobile phase : acetonitrile-water (50:50, v/v)

Flow rate : 0.05 mL/min (isocratic)

Injection volume of sample: 1 µL

Temperature: 37, 40, 60°C

Uracil
(1)

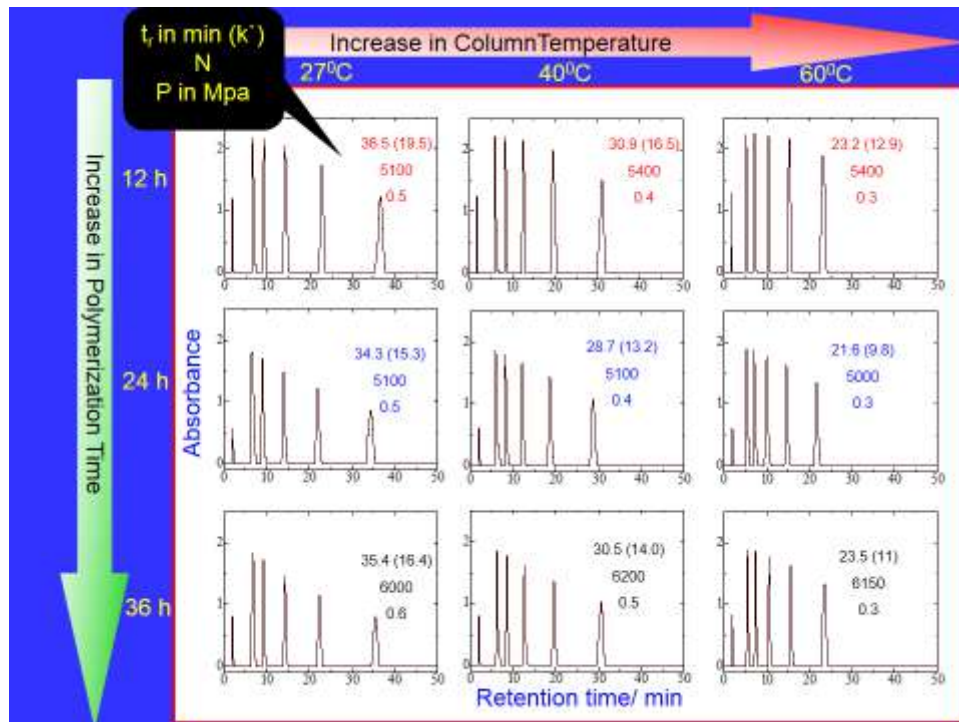
Toluene
(2)

Ethylbenzene
(3)

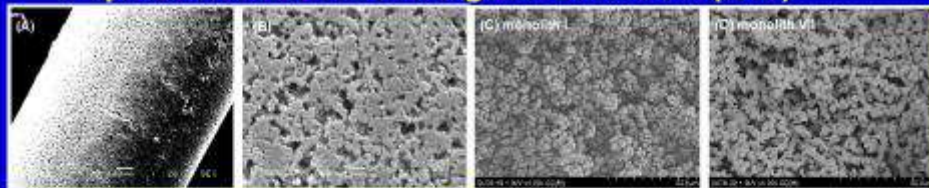
Propylbenzene
(4)

Butylbenzene
(5)

Amylbenzene
(6)



Separation of Protein using LMA Monolith (C12)



Scanning electron microphotographs of monoliths: (A) 100× magnification of monolith VII slipped out of the column tubing, (B) 1000× magnification of monolith VII near the wall surface, (C) 1000× magnification of the cross section of monolith I, and (D) 1000× magnification of the cross section of monolith VII

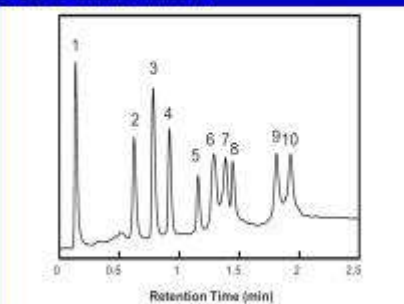
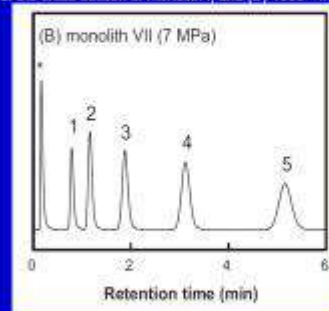


Fig. 7. Separation of 10 consecutive proteins on 10-cm-long LMA-rc11 monolithic column by gradient elution with acetonitrile. Column: monolith VII (10-cm long × 1.02 mm i.d.); mobile phase: (A) 0.05% TFA aqueous solution, (B) 40% acetonitrile in 0.05% TFA aqueous solution; linear gradient: 20–100% (B) in 4 min; flow rate: 500 µL/min; column temperature: 30 °C; UV detection at 214 nm; injection volume: 1.0 µL; peaks: (1) apertin, (2) ribonuclease A, (3) insulin, (4) cytochrome c, (5) cyprin, (6) transferrin, (7) ovalbumin, (8) myoglobin, (9) β-amylase, and (10) ovalbumin.



Separations of a test mixture of five alkylbenzenes on 10-cm-long poly(LMA/EDMA)-based monolithic columns. Peaks: (*) urecil, (1) toluene, (2) ethylbenzene, (3) propylbenzene, (4) butylbenzene, and (5) amylbenzene.

Methacrylate-based Monolith

Poly-(GMA-co-EDMA)
modified with diethylamine as anion exchanger
inside 1.02 mm i.d column

Anion Exchange Monolithic Column for Separation of DNA

1

Monomers: GMA (2902.5 mg), EDMA (945 mg) **%T = 40, %C = 25**

Initiator (1 wt%): AIBN (36 mg)

Porogenic solvents: γ -Propanol (2523.3 mg), 1,4-Butanediol (1027 mg), H_2O (450 mg)

10 cm x 1.0 mm I.d (MAPS-treated silicofeel tubing)

EDV for 24 h Thermal Polymerization

Washed with ethanol for 1 h, flow rate 0.05 mL/min

2

1 M diethylamine (DA) in methanol

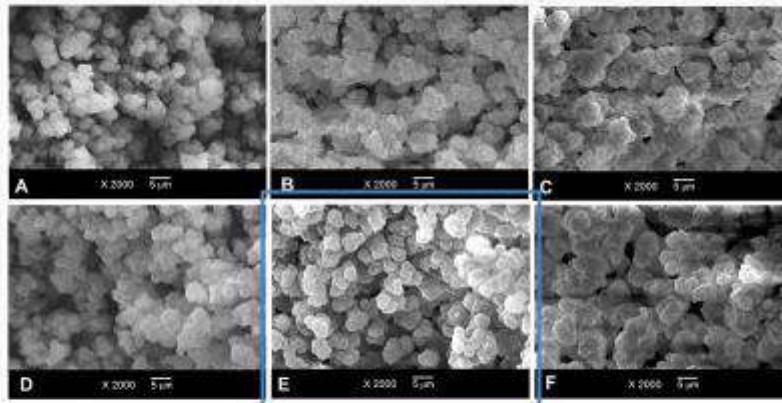
0.05 mL/min

75°C, 2 h

Washed with each ethanol and water for 1 h, flow rate 0.05 mL/min

γ -ray Polymerization

SEM images



SEM microphotographs of GMA-based anion exchange monolith at 2000 x magnification

Monolith E composition : %T 40, %C 25, Porogens ratio : 7:4:1
 (1-propanol/1,4-butanediol/water (v/v))

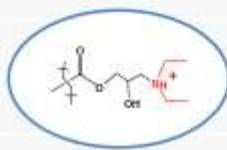
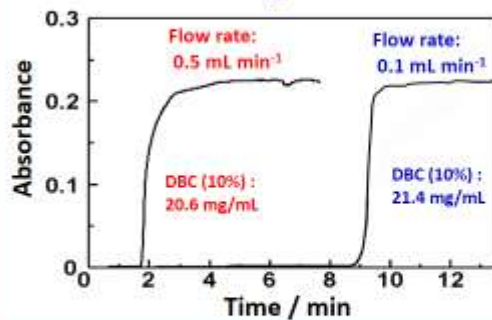
Dynamic Binding Capacity (DBC)

Calculation:

$$DBC = \frac{(V_f - V_0) \times C_0}{V_c}$$

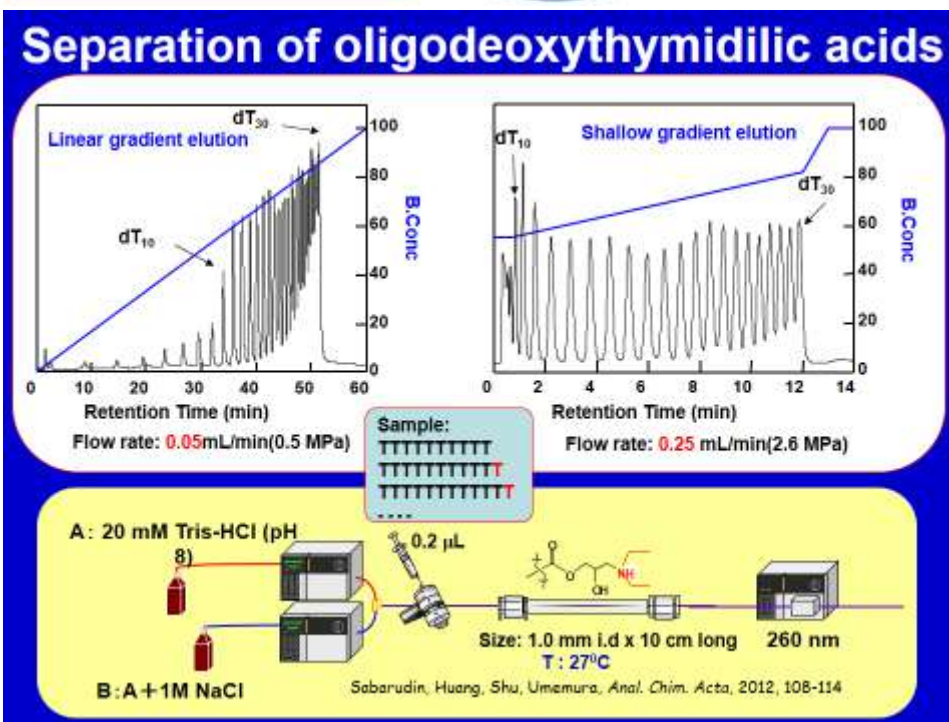
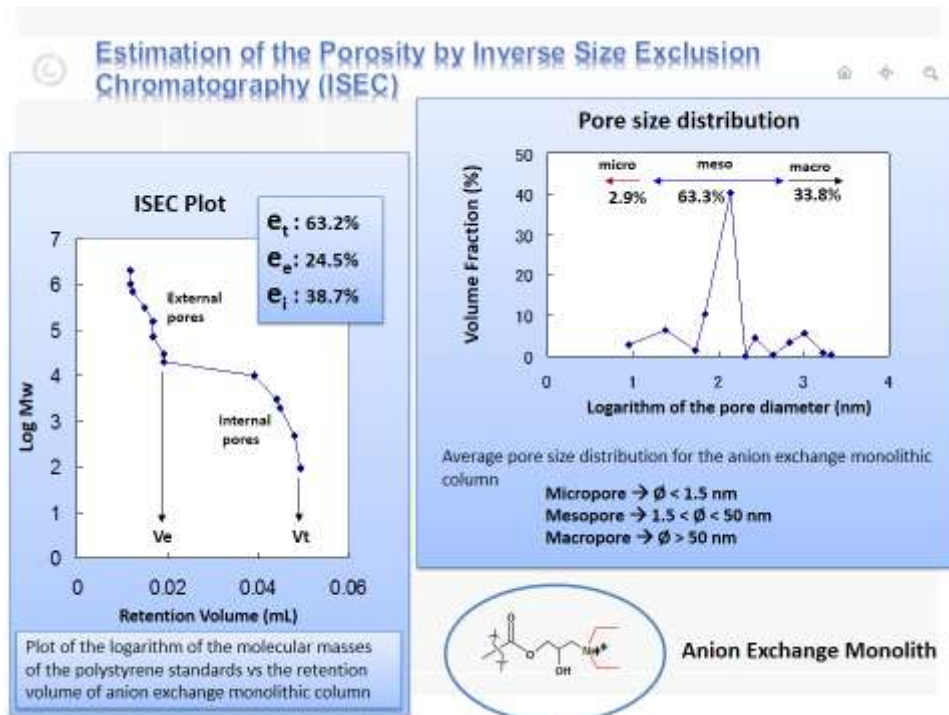
V_f : volume at 10% or 50% breakthrough
 V_0 : void volume
 V_c : total column volume
 C_0 : initial protein concentration

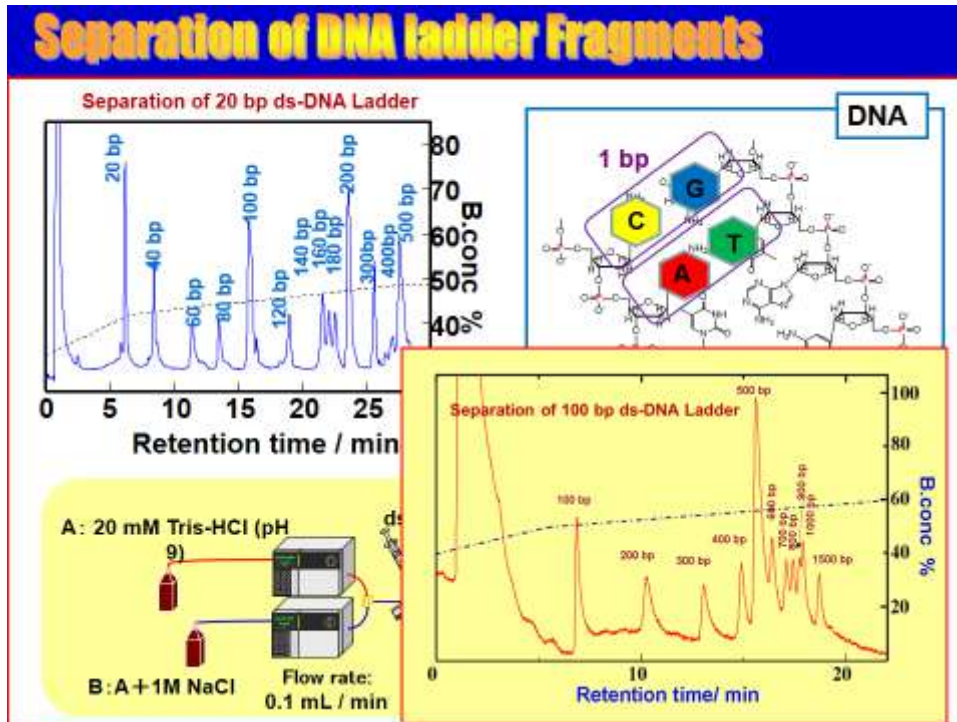
Breakthrough Curves



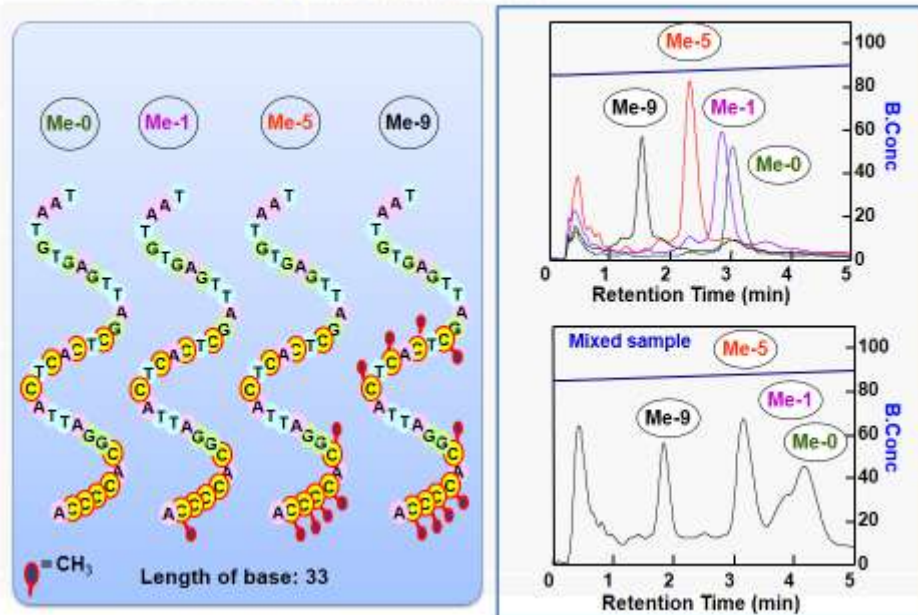
2 mg/mL BSA in
 20 mM Tris-HCl pH 7.4

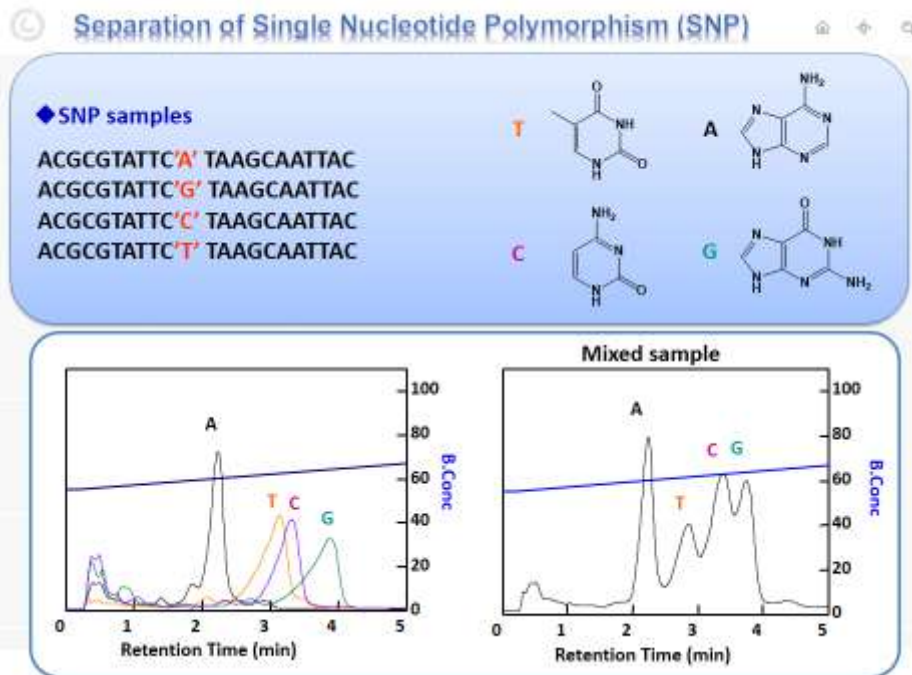






Separation of DNA methylation



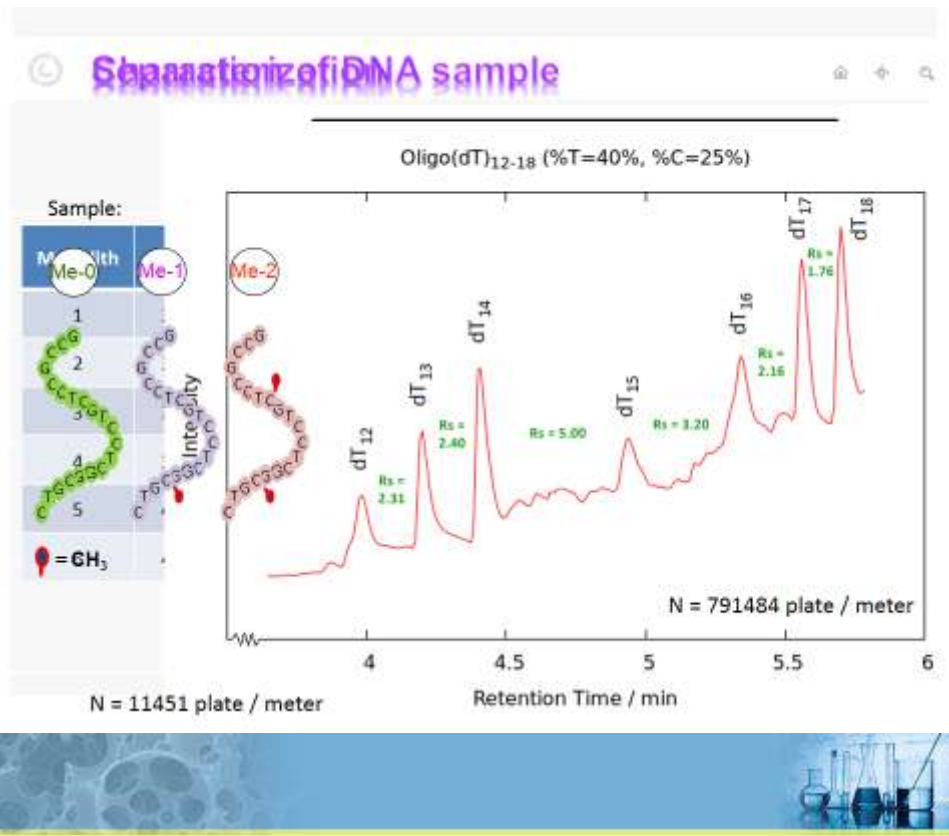


Methacrylate-based Monolith

**Poly-(GMA-co-EDMA)
modified with diethylamine as anion
exchanger
inside 0.5 mm i.d column**

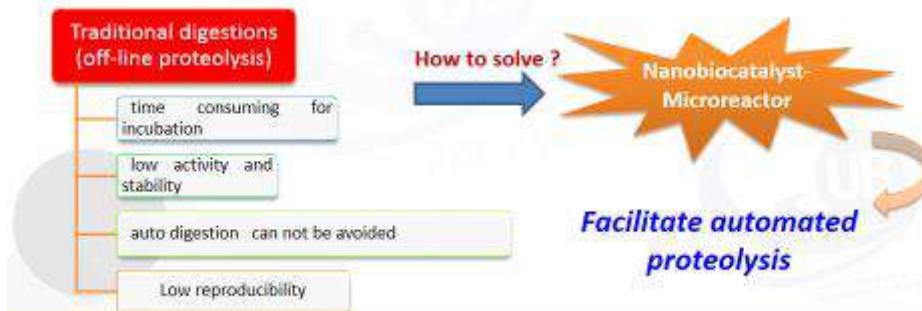
Advantages of small diameter monolithic column :

- high sensitivity especially for biological samples in small quantities
- low sample and low reagent consumption (more efficient and also environmentally friendly)
- large diameter monolith columns are less homogeneous (unequal heating across the tube diameter and growing gravitational settling effect during the exothermic polymerization process)

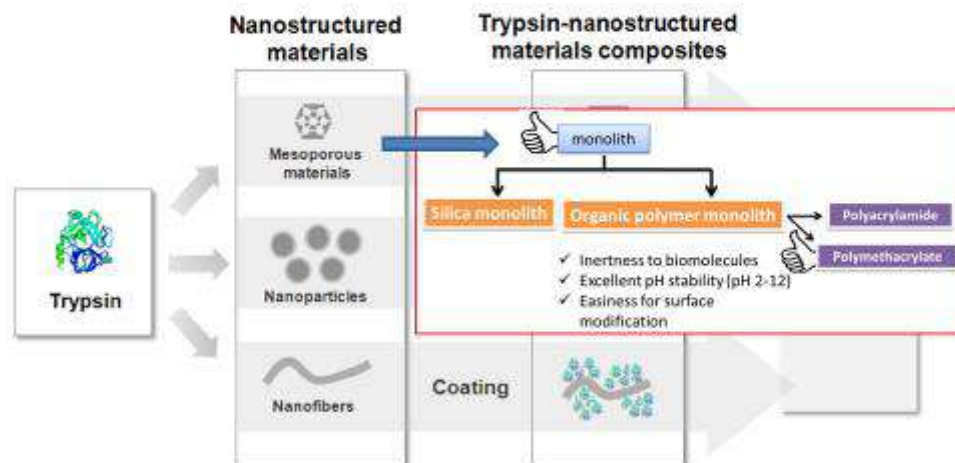


Monolithic Nanobiocatalyst for Flow-through Digestion of Protein

Nanobiocatalyst for Protein Digestion



Nanobiocatalyst for Protein Digestion



Kim et al, Proteomics, 2010,10(4):687-969
 Lee et al, Chem Eng J, 2016, in press

Preparation of Trypsin-Immobilized Monolith (TIMM and TIMM-G)

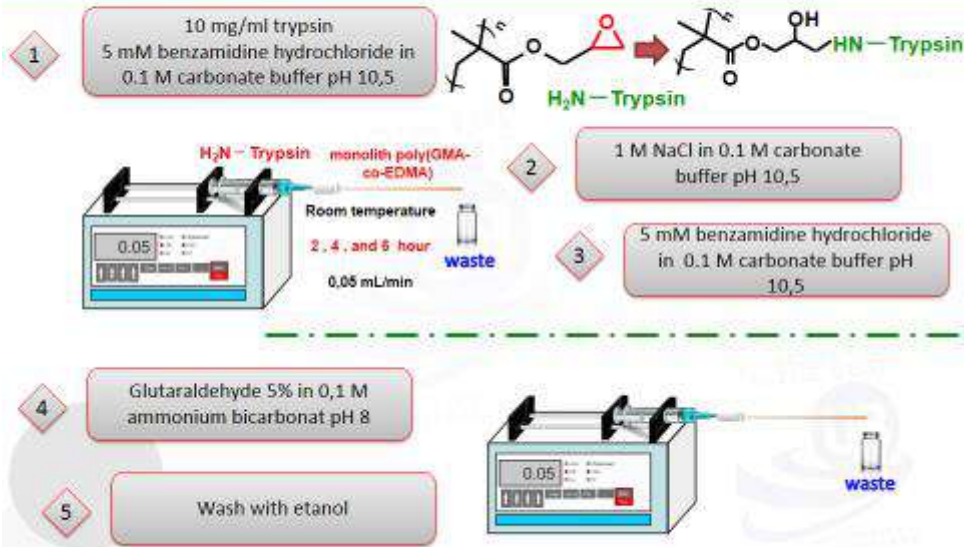
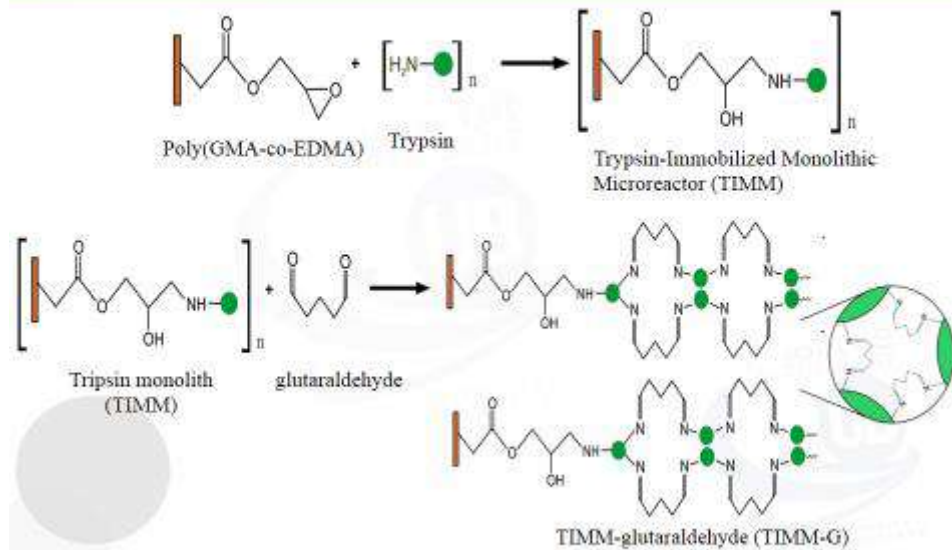
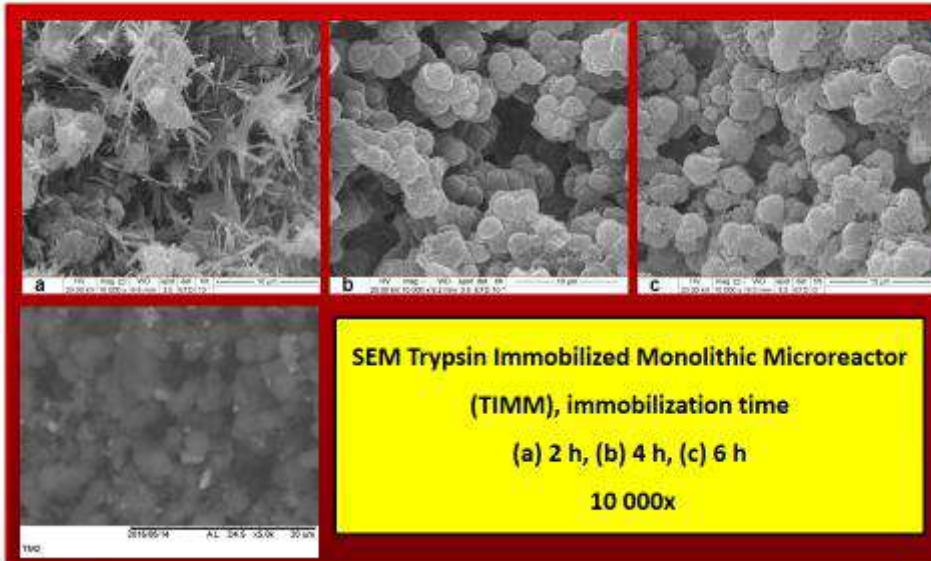


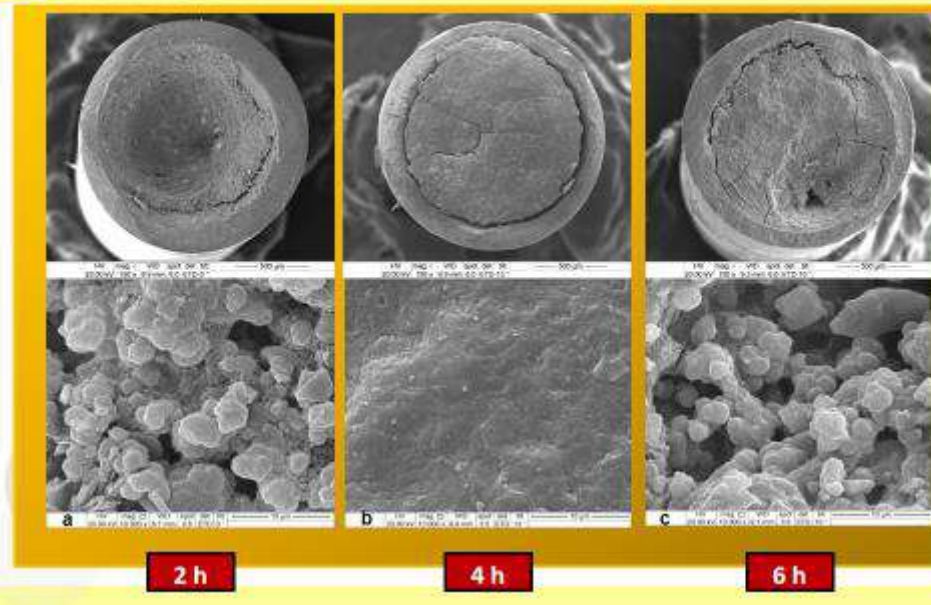
Illustration TIMM and TIMM-G

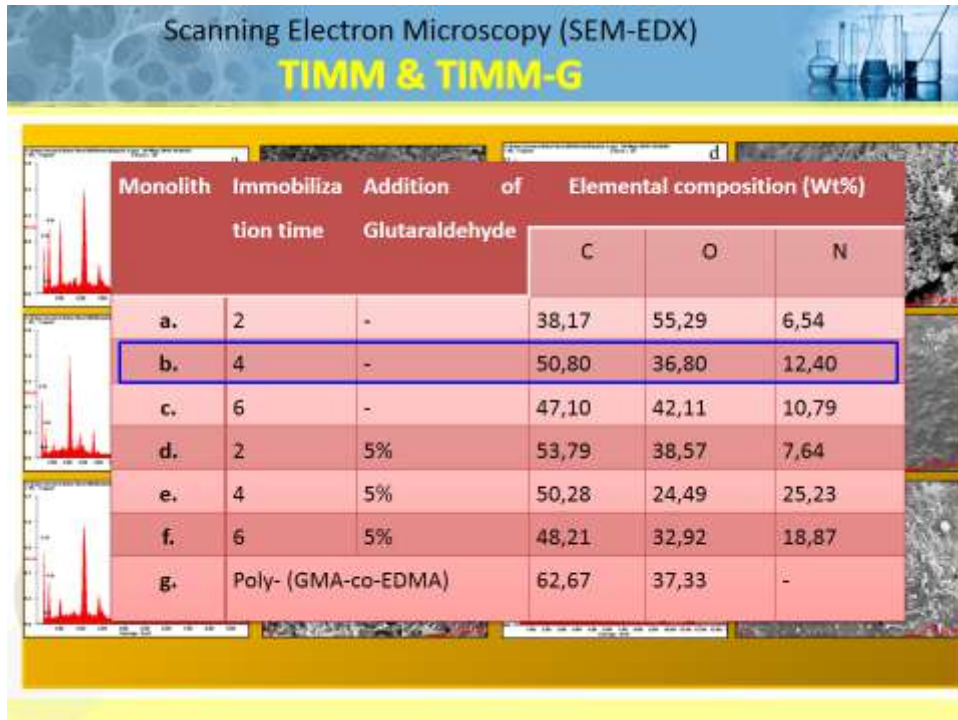


Scanning Electron Microscopy (SEM) Trypsin Immobilized Monolith Microreactor (TIMM)

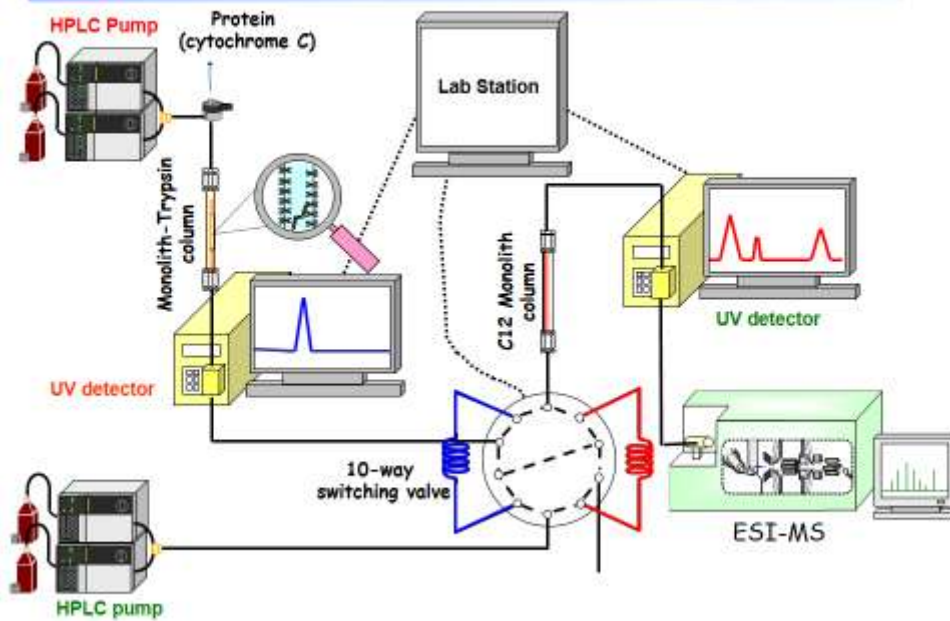


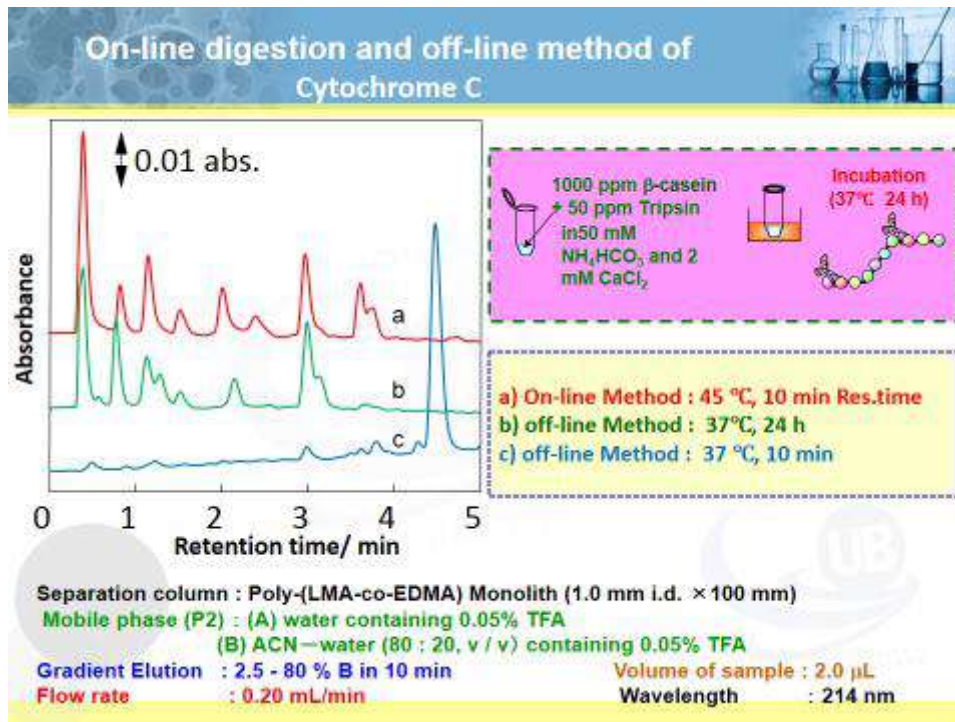
Scanning Electron Microscopy (SEM) Trypsin Immobilized Monolith Microreactor- Glutaraldehyde (TIMM-G)



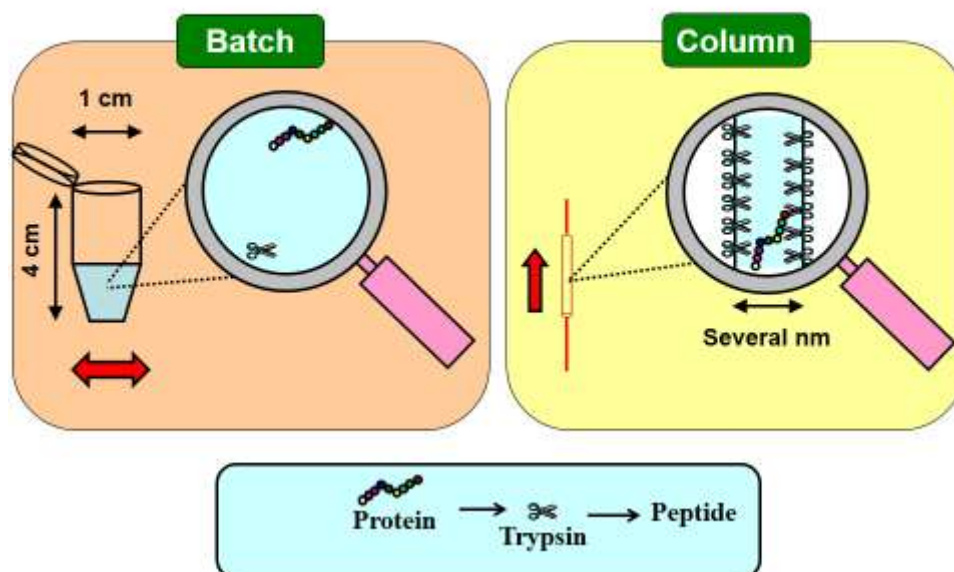


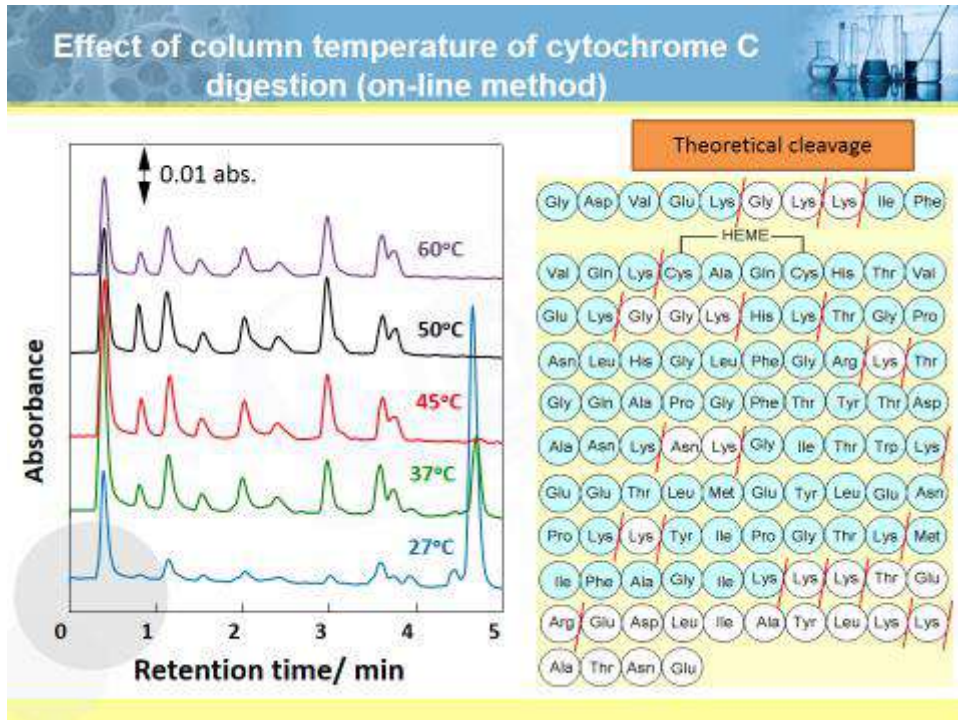
Flow-through (column method) tryptic digestion of protein



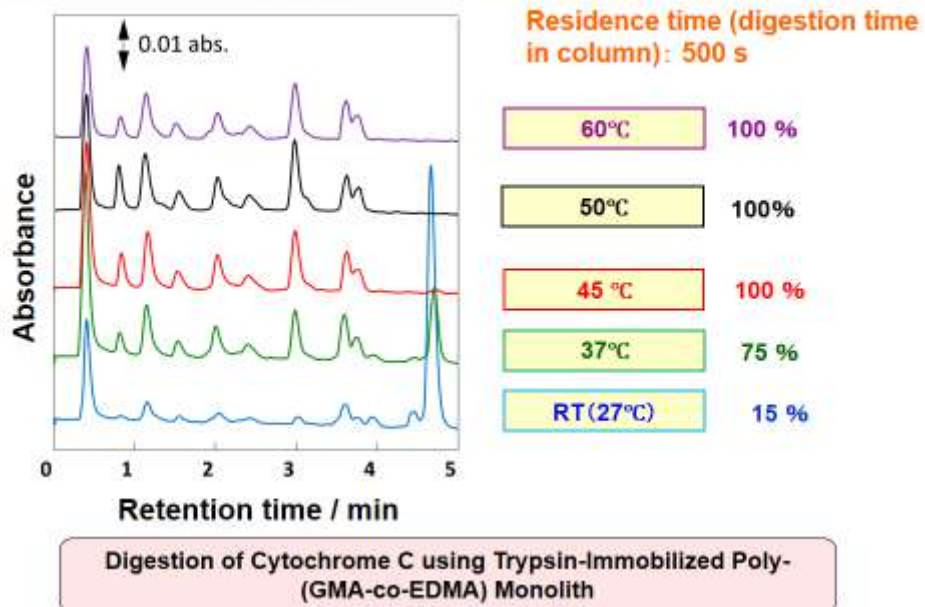


Batch and Column (flow-through) Method for Protein Digestion



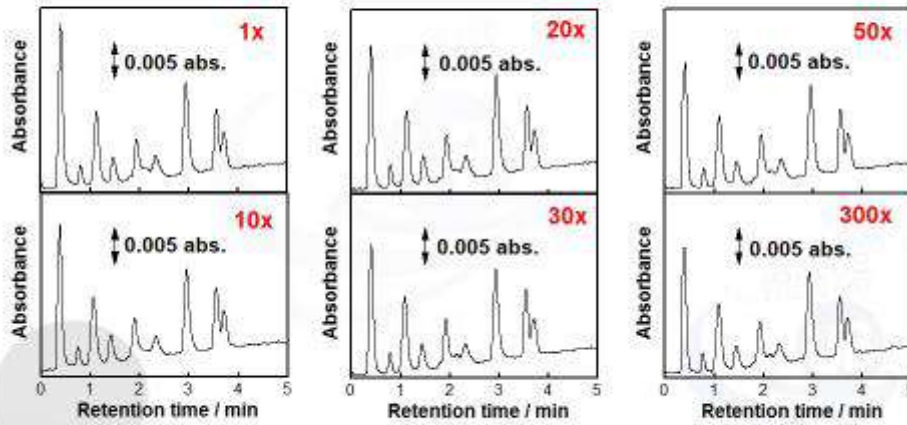


Effect of column temperature for tryptic digest of cytochrome C

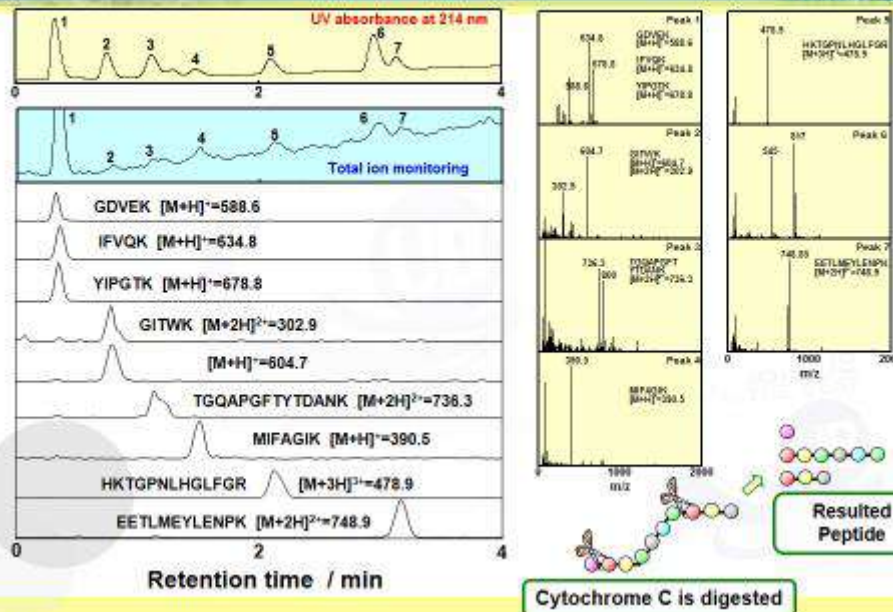


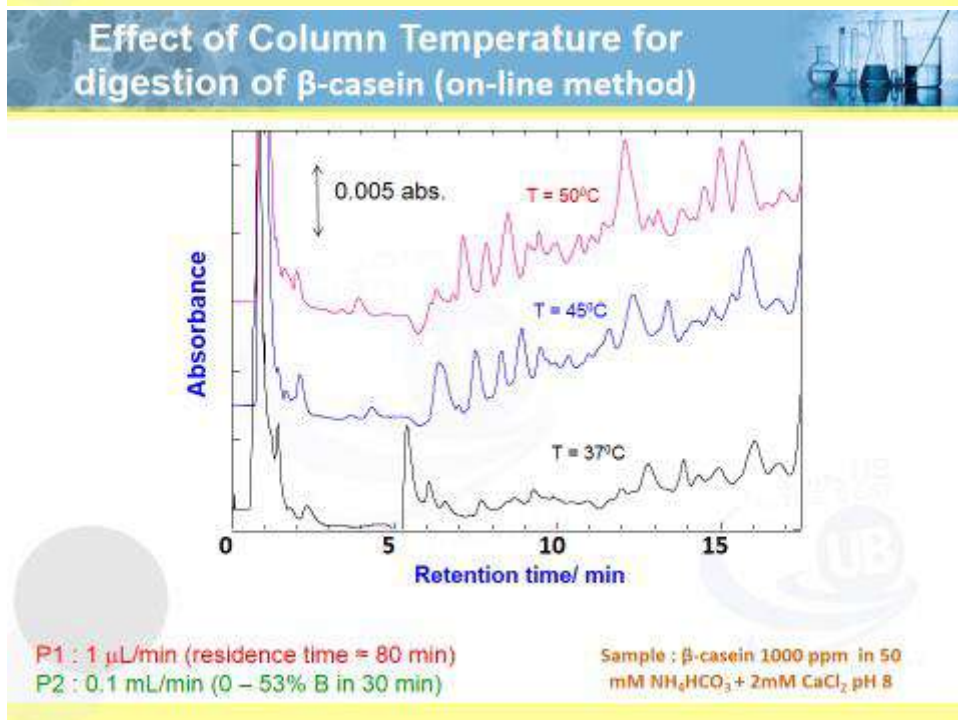
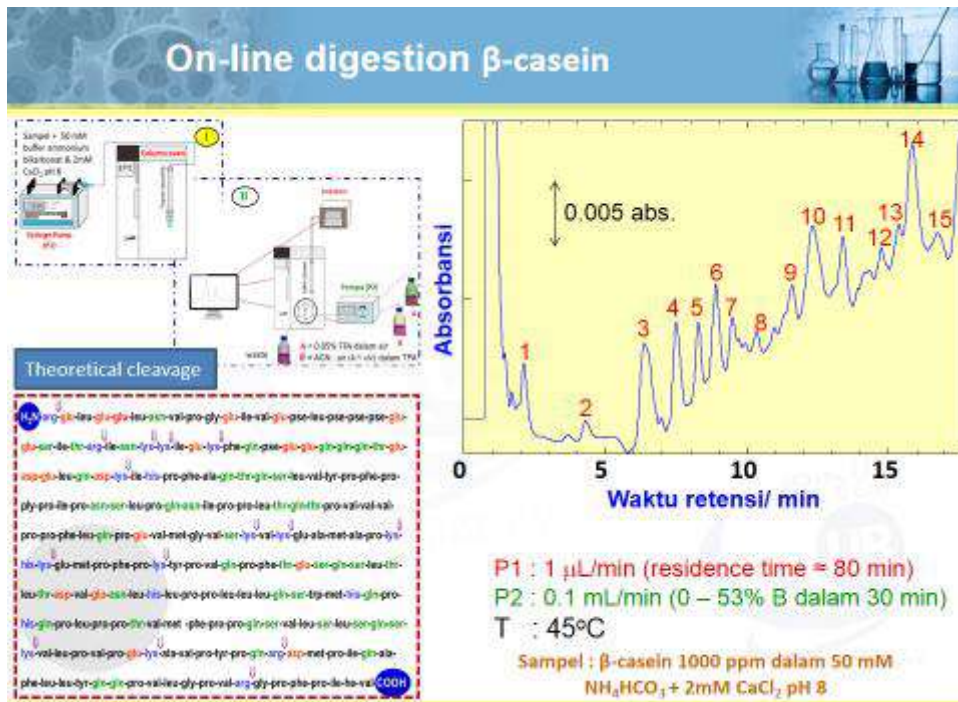
Reproducibility test of on-line digestion of cytochrome C using nanobiocatalyst-microreactor

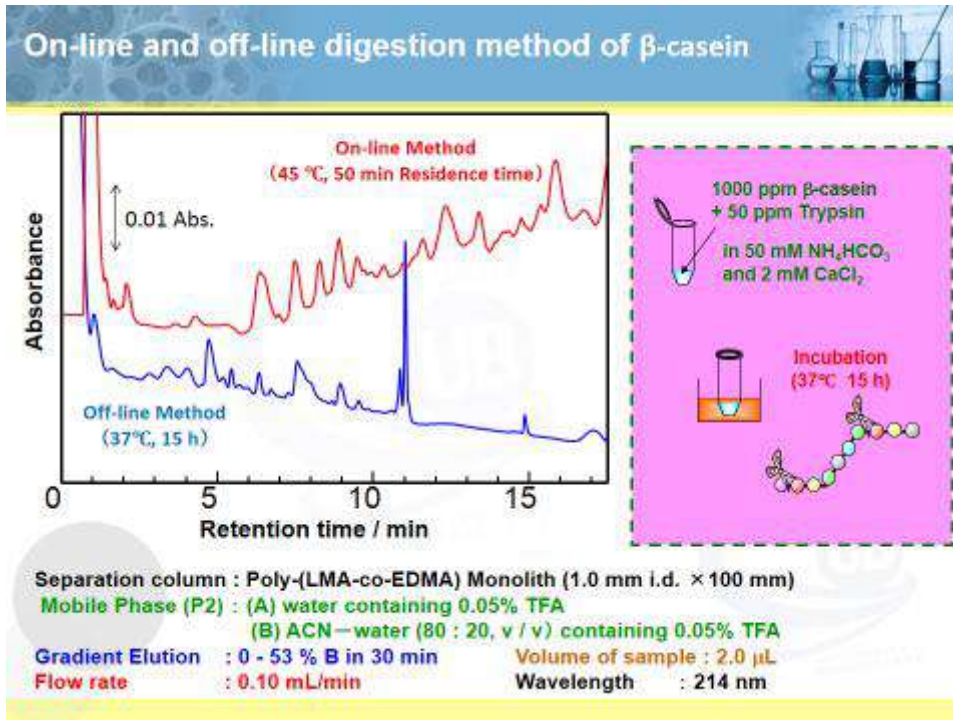
Residence time: 500 s temperature: 42°C



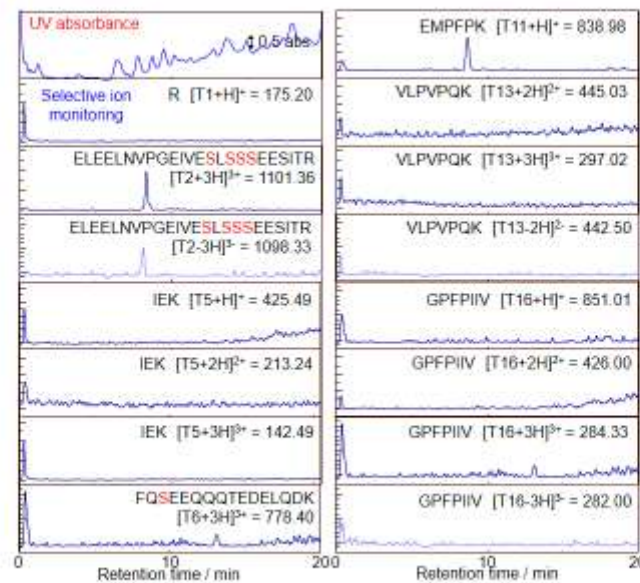
ESI-MS for Tryptic Digest of Cytochrome C







Identification of tryptic peptides of β -casein by ESI-MS

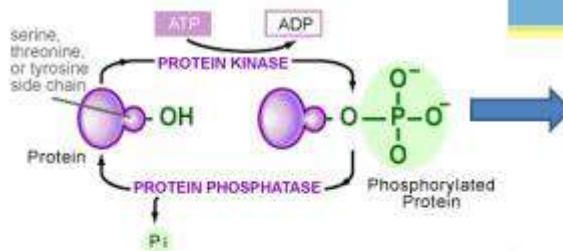


β -casein has five phosphorylated sites.
 The S symbolizes the phosphorylated serine residue.



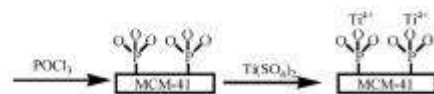
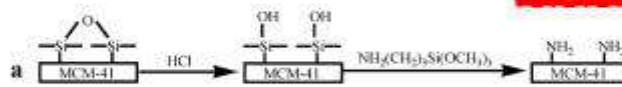
Ti⁴⁺-Immobilized Monolithic Polymer for Selective Separation of Phosphopeptides

Phosphoproteome Analysis

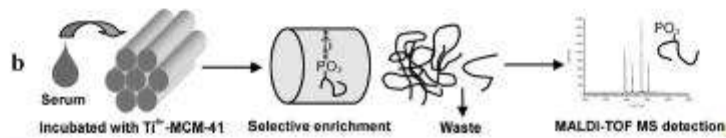


+Plays a key role in eukaryotic signal transduction
 • Abnormal phosphorylation is a cause of various diseases, including cancer (Ellinas, 2012; Wang, 2010; Jiang, 2010).

Accuracy of phosphoproteome analysis heavily depends on
1. Matrix removal
2. Enrichment step



(Hu et al., Anal. Chem., 2009, 81, 94-104)



Tube wall + **A: EGMP** + **B: Bis** + **Photoinitiator** → **Polypropylene (PP)** + **Ti⁴⁺-Monolithic adsorbent**

3 µL polymer solution

Automation ?

(Liu et al, Anal Chem, in press)

Preparation of Ti⁴⁺-Immobilized Monolithic Column

Monomer Solution

- Functional monomer
- Crosslinker
- Porogenic solvents
- Initiator (1w%)

60 °C for 12 h

GMA-co-EDMA Monolithic Column

TiCl₄ 100 mM

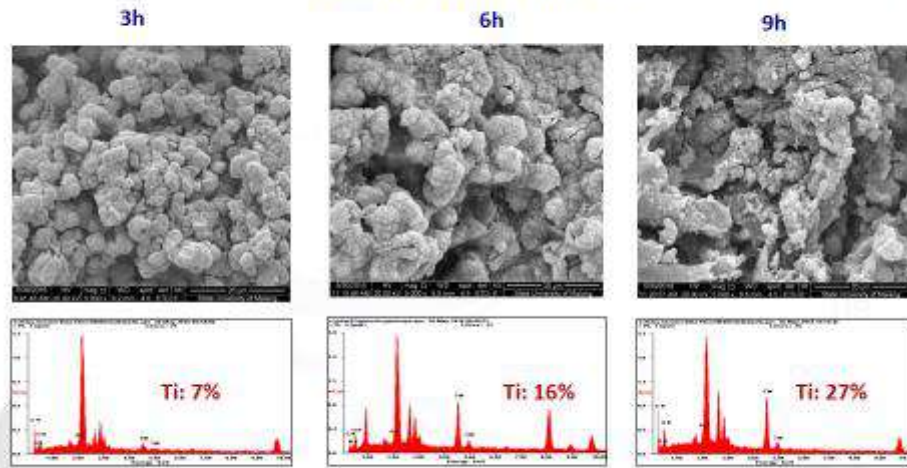
AMPA in buffer pH 8

Ti⁴⁺ Ti⁴⁺

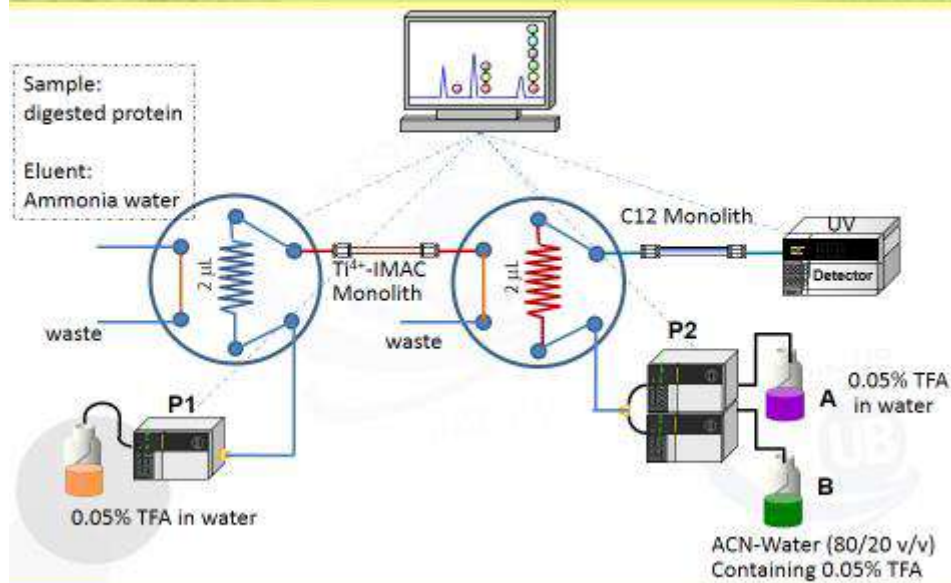
Ti⁴⁺-immobilized Monolithic Column

Scanning Electron Microscopy (SEM-EDX) **Ti⁴⁺-IMAC**

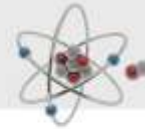
Immobilization time of Ti⁴⁺ Flow rate: 0.05mL/min



Flow-through separation and detection of phosphopeptide

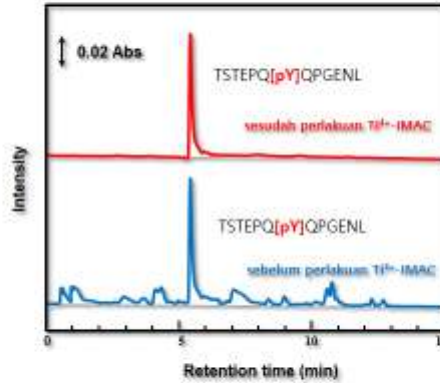


Purification of Tyrosine Phosphorylated Peptide



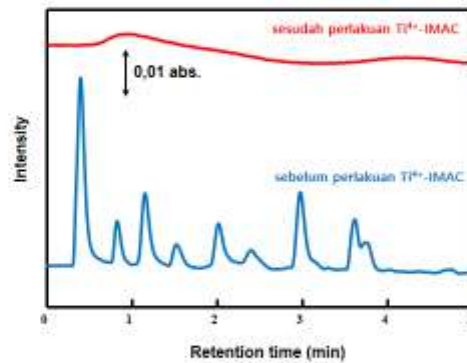
Tyrosine Phosphorylated Peptide sequence TSTEPQ[pY]QGENL

Sampel:
Chemical Peptide Synthesis
with sequence of
TSTEPQ[pY]QGENL
Purity: up to 95% ; Company:
GenScript.
Sampel solution: 1000 ppm
[pY] : phosphorylated site
tyrosin residu

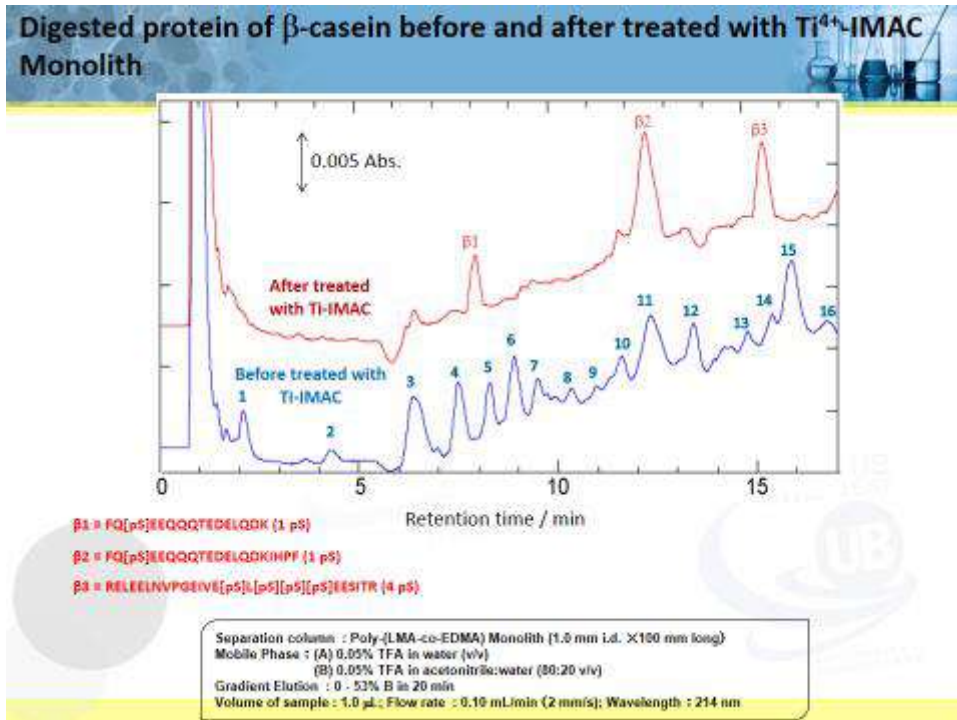


Separation column : Poly-(LMA-co-EDMA) Monolith (1.0 mm i.d. X100 mm long)
Mobile Phase : (A) 0.065% TFA in water (v/v)
(B) 0.05% TFA in acetonitrile (v/v)
Gradient Elution : 5 - 65 % B in 12.5 min, 65-95% B in 3 min, 95% - 5% B in 4.5 min
Volume of sample : 1.0 μ L; Flow rate : 0.10 mL/min (2 mm/s); Wavelength : 214 nm

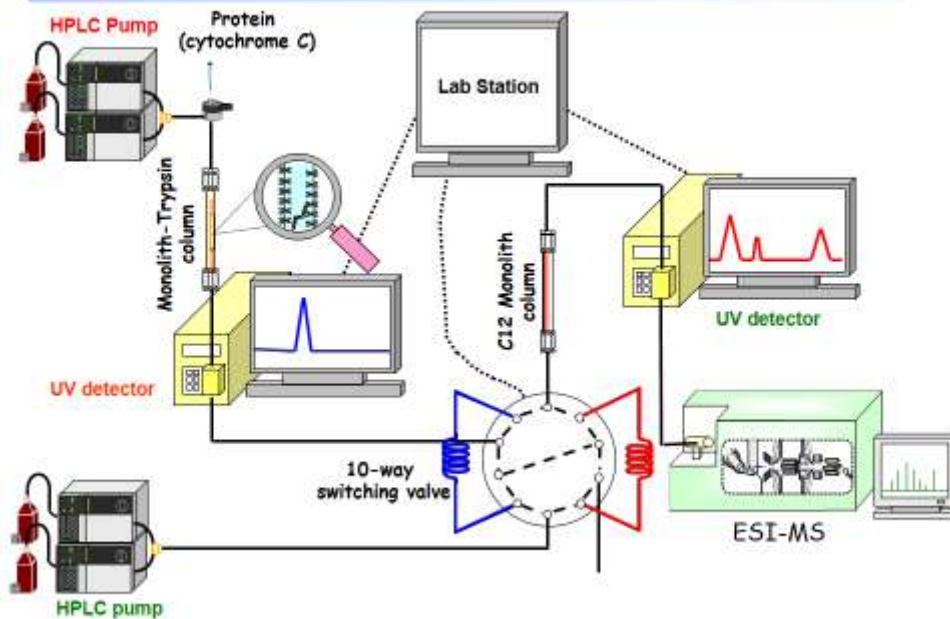
Digested protein of Cytochrome C before and after treated with Ti^{4+} -IMAC Monolith

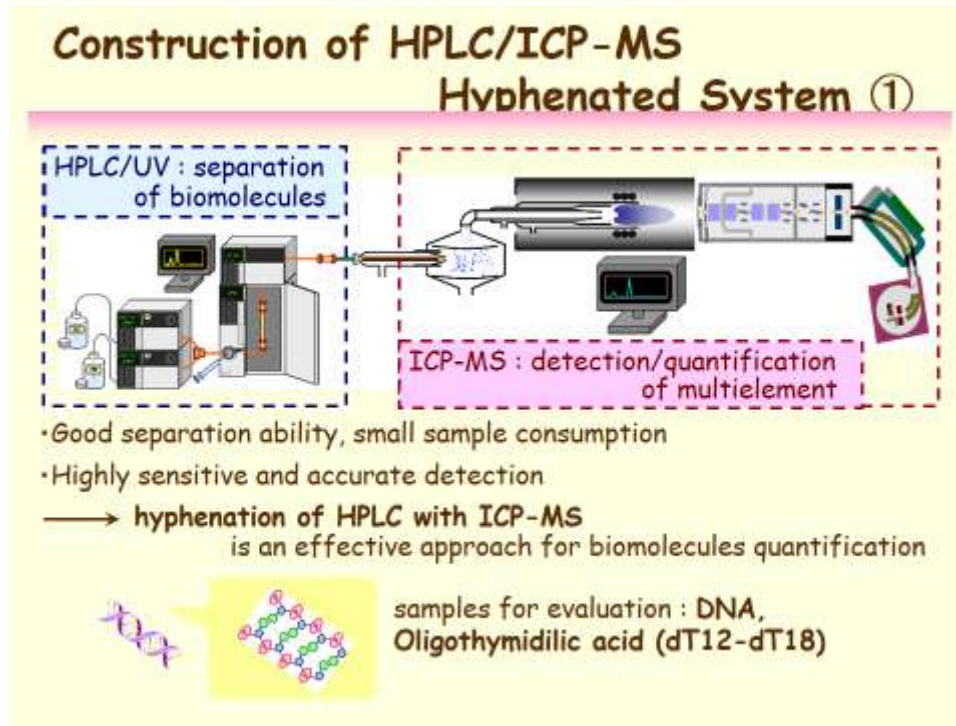
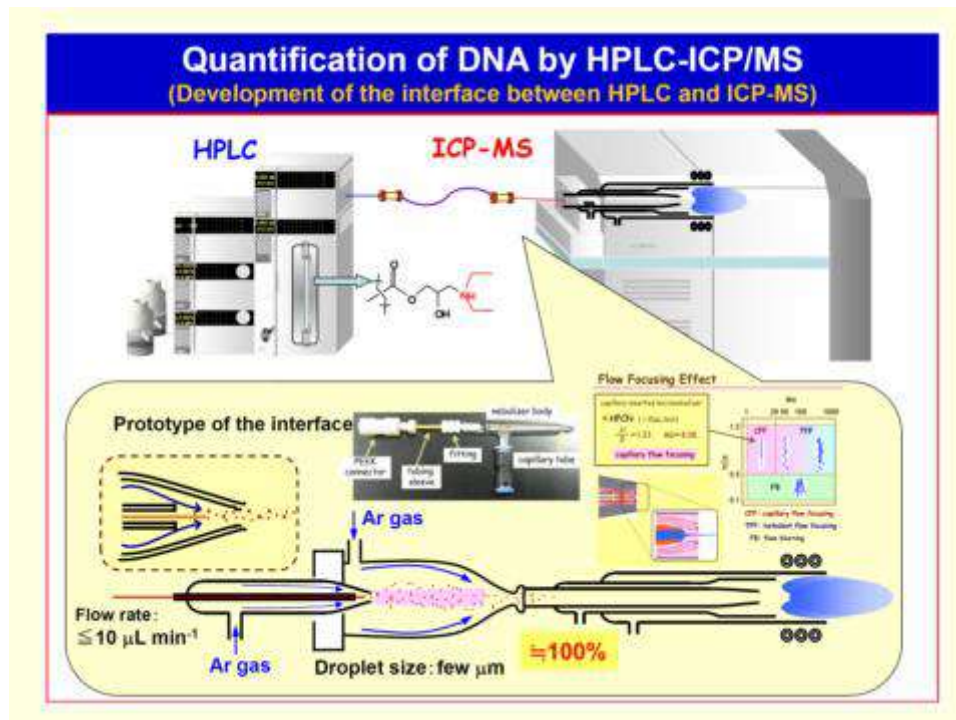


Separation column : Poly-(LMA-co-EDMA) Monolith (1.0 mm i.d. X100 mm long)
Mobile Phase : (A) 0.05% TFA in water (v/v)
(B) 0.05% TFA in acetonitrile:water (80:20 v/v)
Gradient Elution : 0 - 53% B in 20 min
Volume of sample : 1.0 μ L; Flow rate : 0.10 mL/min (2 mm/s); Wavelength : 214 nm



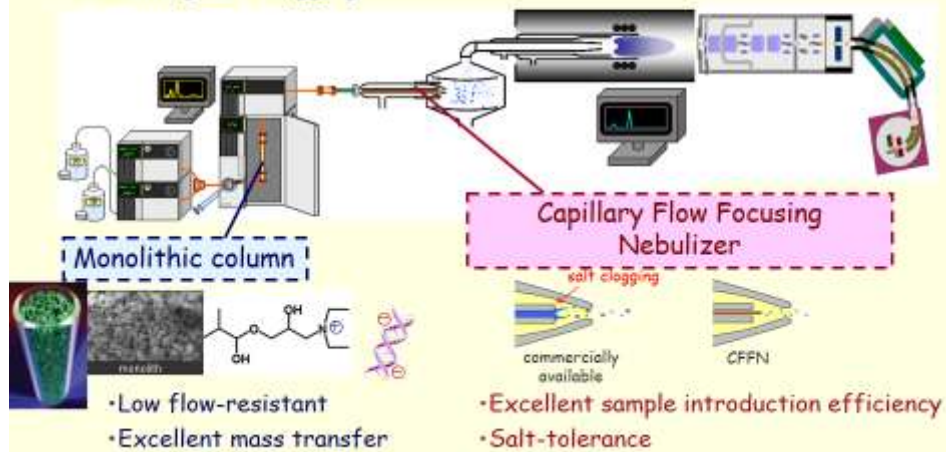
Future Work (Flow-through tryptic digestion and peptide identification)





Construction of HPLC/ICP-MS Hyphenated System ②

- keeping good resolution, sensitivity, and plasma stability
- matching the flow rate of HPLC with the aspiration rate of ICP-MS
- inhibiting salt clogging



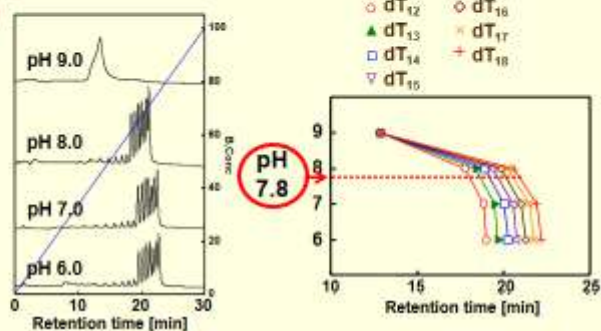
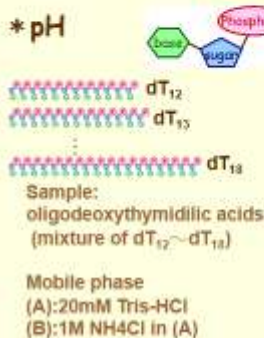
Optimization of separation parameters

* Eluent: tris-HCl (20 mM) + 1 M salt

Salt	effectiveness	sensitivity	stability
NaCl	○	decrease to 1/10	plasma instability
NH₄Cl	○	○	○



* pH



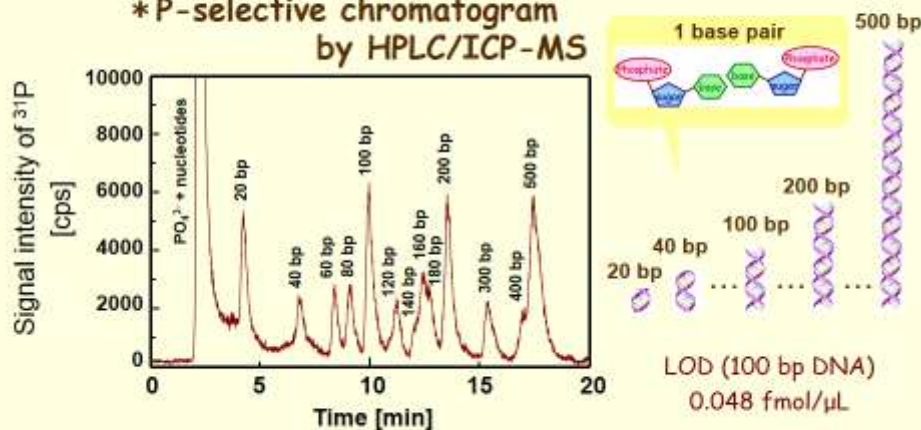
HPLC/ICP-MS Analysis of DNA Samples

sample : 20 bp DNA ladder (mixture of 20 bp ~ 500 bp)

mobile phase (A):20mM Tris-HCl (pH 7.8), (B):1M NH₄Cl in 20mM Tris-HCl

gradient : 65% - 75% B in 7 min, 75 - 80% B in 11 min, 80% B for 2 min

* P-selective chromatogram by HPLC/ICP-MS



• Separation and sensitive detection of DNA sample were successfully performed

Conclusions

- ✓ The CFFN-ICP/MS technique has considerable potential for accurate quantification of biomolecules via metallic nanoparticles labeled to the analytes
- ✓ The combination of CFFN-ICP/MS with fluorescence imaging can provide more comprehensive and valuable information in bioanalytical sciences.
- ✓ Organic polymer-based monolith can be applied not only as separation media but also as a catalyst support for flow-through protein digestion, and selective enrichment of biomolecules



Subandi_Biokimia

Obesitas dan Herbal Anti Obesitas: Studi Kasus pada Inhibitor Lipase Pankreas

Subandi
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: subandi.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Obesitas sudah menjadi masalah nasional bahkan global, yang bukan hanya terjadi pada orang dewasa tetapi juga pada anak-anak. Makalah ini membahas prevalensi obesitas di Indonesia dan dunia, resiko, penyebab serta alternatif solusinya. Dibahas juga mekanisme terjadinya penumpukan lemak tubuh serta mekanisme molekuler untuk mengatasinya. Juga dibahas salah satu obat anti obesitas orlistat yang bekerja dengan menghambat lipase pankreas. Pada akhirnya dipaparkan hasil temuan berbagai ekstrak dan isolat dari beberapa tumbuhan yang aktif dan bahkan lebih aktif dalam menghambat lipase pankreas, sehingga sangat potensial sebagai obat anti obesitas pengganti orlistat.

Kata kunci: obesitas, inhibitor lipase pankreas, isolat herbal

SNKP 2017

OBESITAS DAN HERBAL ANTI OBESITAS: STUDI KASUS PADA INHIBITOR LIPASE PANKREAS.

Oleh:

Subandi dkk.

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang
subandi.fmipa@um.ac.id

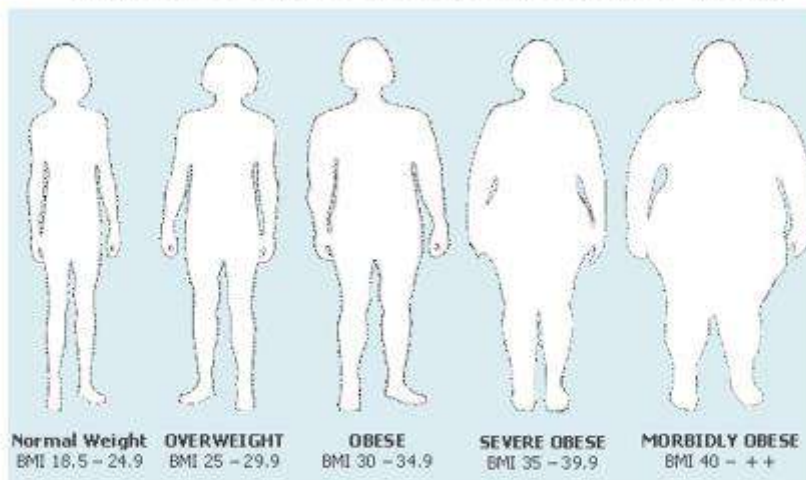
SISTEMATIKA PAPARAN

- 1) Apa itu obes
- 2) Seberapa banyak prevalensi obes
- 3) Apa saja resiko obes
- 4) Mengapa terjadi obes
- 5) Bagaimana cara mengatasi obesitas
 - a) Tindakan inti (mengendalikan asupan energi)
 - b) Tindakan samping (mencegah penyerapan lemak)
 - c) Obat-obatan yang sudah ada
 - d) Obat Herbal
 - i. Yang sudah diteliti
 - ii. Hasil Penelitian di UM

1. Apa itu obes ?

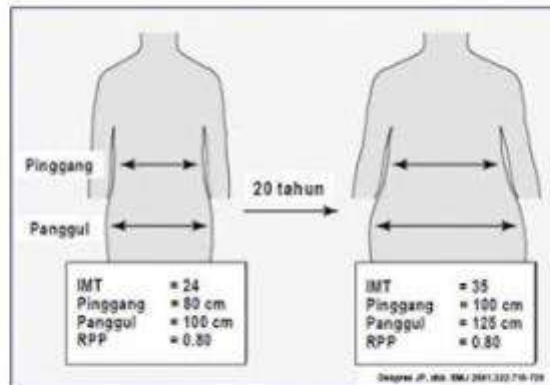


Tingkat Obesitas Berdasarkan BMI (IMT)



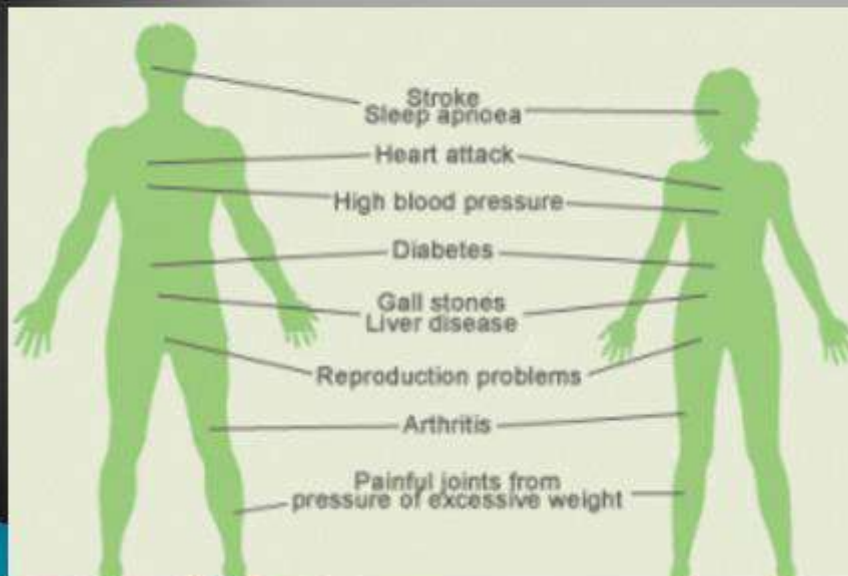
<http://www.catherineshafer.com/nodefs.html> (30 Okt 17)

Obesitas sentral/abdominal dapat diketahui melalui indikator rasio lingkaran pinggang dan panggul (RLPP).

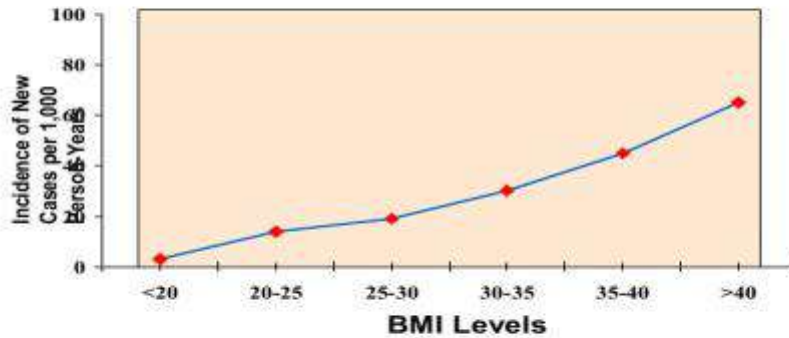


Gambar 2. Pengamatan RPP – lingkaran panggul selama 20 tahun.
Selama kurun waktu 20 tahun lingkaran pinggang dan lingkaran panggul keduanya bertambah besar, tetapi RPP tetap sedangkan ukuran lingkaran pinggang sudah berbeda sebanyak 20 cm.
Keterangan : RPP = rasio lingkaran pinggang – panggul
Despres JP, dkk. Treatment of obesity: need to focus on high risk abdominally obese patients. BMJ 2001; 322:716-720⁸

2. Healty Risks of Obesity



Obesity and Diabetes Risk

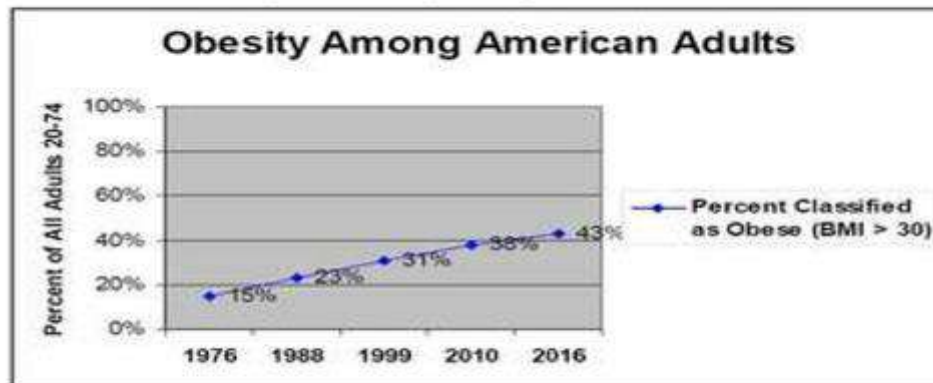


Knowler WC et al. *Am J Epidemiol* 1981

3. Seberapa banyak prevalensi obes ?

- ▶ Lebih dari 1,4 miliar orang dewasa (usia 20 th keatas) mengalami kelebihan berat badan. Di antara mereka terdapat lebih dari **200 juta pria dan hampir 300 juta wanita** mengalami obesitas. Kelebihan berat badan dan obesitas ini, menyebabkan **2,8 juta orang dewasa meninggal tiap tahun** karena munculnya berbagai penyakit kronis seperti diabetes dan penyakit jantung (WHO, 2014)

2. Seberapa banyak prevalensi obes ?



The show increases in overweight children and teens (1970-2010). For children aged 2-5 years, the prevalence increased from 5 percent to 13.9 percent; for those aged 6-11 years, prevalence increased from 6.5 percent to 18.8 percent; and for those aged 12-19 years, prevalence increased from 5 percent to 17.4 percent.

In the Nature study, the team first observed that there was a direct connection between the measures of fat mass (measured from body mass index (BMI) and fat cell volume in subcutaneous fat, which represents about 80 percent of all fat, and visceral fat.

FAKTA SEPUTAR OBESITAS DI INDONESIA

Data 2010

15,4%

orang di Indonesia menderita obesitas atau kegemukan.

32,9%

obesitas lebih banyak diderita oleh wanita.

19,7%

penduduk Indonesia berjenis kelamin pria menderita obesitas.

Sulawesi Utara merupakan provinsi dengan angka obesitas tertinggi, yaitu 24,0%.

Jumlah wanita dengan obesitas meningkat signifikan bila dibandingkan tahun 2007 (13,9%) dan tahun 2010 (15,5%)

Sebanyak 16 provinsi di Indonesia memiliki kasus obesitas diatas angka rata-rata nasional, termasuk DKI Jakarta dan Jawa Timur

Source: <https://halloobesitas.com/faktaobesitas/>

4. Mengapa terjadi obes?

Jika asupan energi lebih besar dari kebutuhan energi untuk semua aktivitas tubuh !
 (Hukum Ketetapan Massa dan Energi)

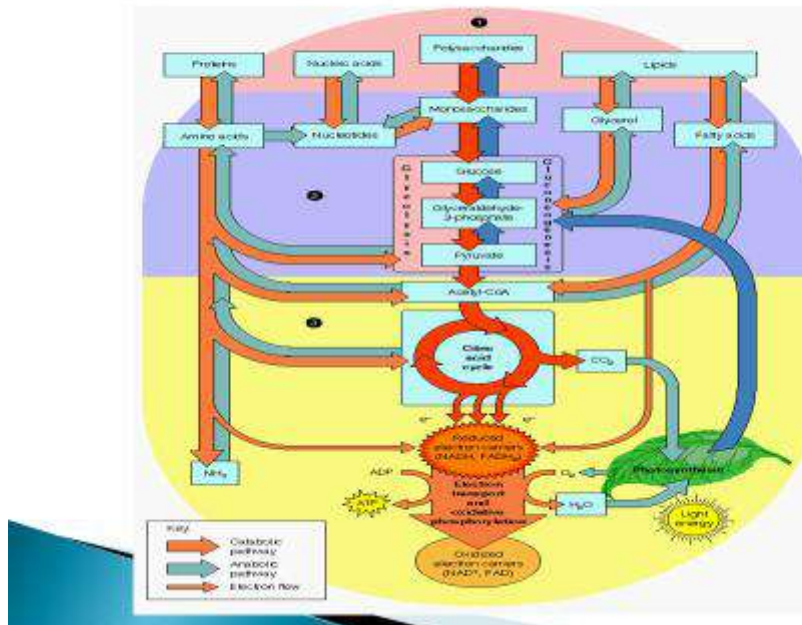
NUTRISI MAKRO



KARBO • PROTEIN • LEMAK

Perbandingan normal antara lemak tubuh dengan berat badan adalah sekitar 12–35% pada wanita dan 18–23% pada pria.(WHO, 2011)

Mengapa kita tetap menjadi gemuk meskipun Cuma makan KH ?

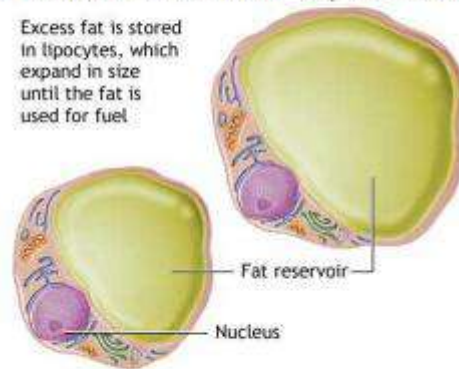


Apa ada faktor genetik?

Obesitas disebabkan oleh banyak faktor, antara lain genetik, lingkungan, psikis, kesehatan, obat-obatan, perkembangan dan aktivitas fisik (Sherwood, 2012).

► Faktor Genetik ? (25–40%)

Excess fat is stored in lipocytes, which expand in size until the fat is used for fuel

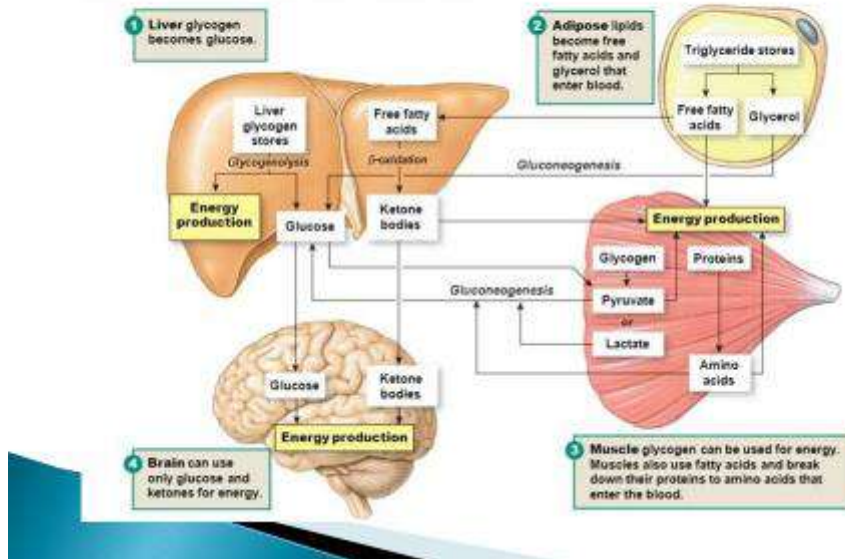


► Faktor lingkungan (pola makan dan gaya hidup) (40–75%)

5. Bagaimana Menanggulangi Obes ?

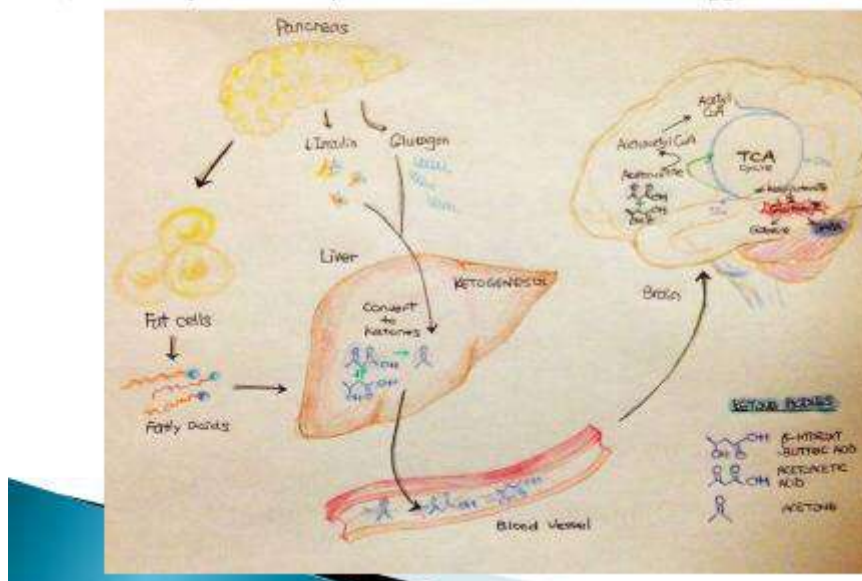
- A. Menyesuaikan antara pasokan dan pengeluaran energi (diet) Tanpa obat
- B. Mengurangi asupan makanan dengan obat
 - a) Obat pengurang nafsu makan
 - b) Obat pengurang asupan makanan/ nutrisi
- C. Operasi

Metabolisme saat Puasa



Diet Ketogenik (KH 5%, lemak 70%, Protein 25%)

(tidak dianjurkan oleh penderita liver dan antara 2 minggu sd 2 bulan)



OBAT ANTI-OBESITAS

A. Penekan nafsu makan

1. Sibutramine

Sibutramine (1), kelas phenethylamine yang bekerja sentral obat yang saat ini disetujui untuk pengobatan jangka panjang obesitas pada orang dewasa, **mengurangi asupan makanan** dengan menghambat selektif reuptake noradrenalin, serotonin dan dopamin dan stimulasi sistem saraf simpatik, yang mengakibatkan thermogenesis dan lipolisis.

Efek samping yang umum dari sibutramine adalah karena aktivasi simpatik sistem saraf seperti mulut kering, insomnia, sembelit, sakit kepala, anoreksia, hipertensi dan palpitasi (Elangbam, 2009)

2) Rimonabant

Rimonabant (3) **mengurangi asupan makanan** dengan memblokir CB1 receptors dan meningkatkan thermogenesis.

Efek samping termasuk perubahan suasana hati, mual dan muntah, diare, sakit kepala, pusing dan kecemasan (Kailla dan Raman, 2008).

3) Lorcaserin

Lorcaserin (4), selektif 5-HT_{2C}receptor agonis dikembangkan oleh farmasi Arena, memiliki sifat serotonergik dan bertindak sebagai sebuah anoreksia. 5-HT_{2C}receptors terletak diberbagai bagian dari otak, termasuk hipotalamus, aktivasi yang mengarah keproduksi proopiomelanocortin dan hasil dalam penurunan berat badan melalui hypophagia (Lam et al., 2008).

Obat jangka pendek anti-obesitas **dengan menekan nafsu makan** lainnya, tetapi penggunaannya sekarang dibatasi, karena efek sampingnya, adalah, phendimetrazine (5), diethylpropion (6), methamphetamine (7), phentermine (8) dan topiramate (9) (Elangbam, 2009).



B. Inhibitor Lipase pankreas

Orlistat

Sebuah inhibitor ampuh lambung dan lipase pankreas, orlistat (2) adalah turunan terhidrogenasi dari lipstatin, diproduksi oleh *Streptomyces toxytricini*, aktif mengurangi penyerapan lemak dari makanan.

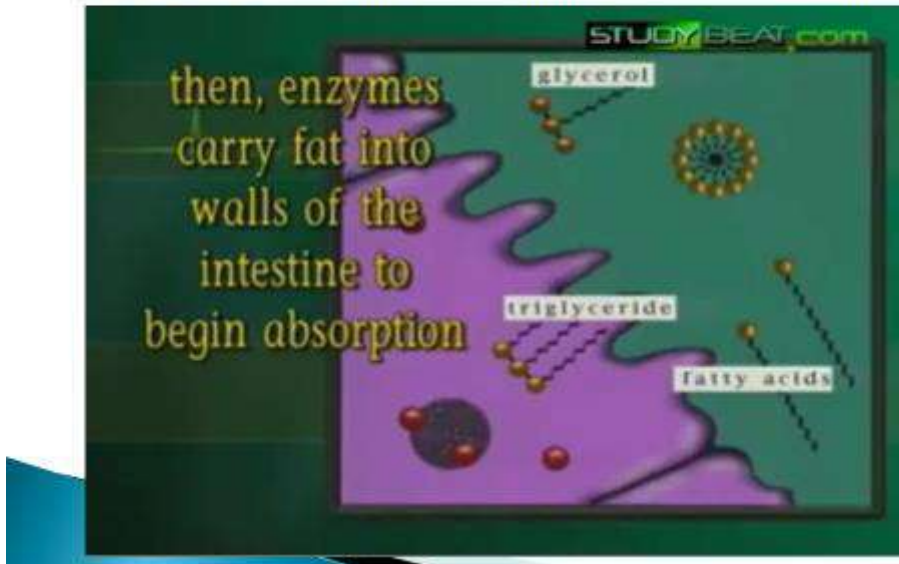
Orlistat membentuk ikatan kovalen dengan situs aktif lipase dan dengan demikian menginaktivasi untuk menghidrolisis lemak.

Efek samping termasuk: **kram perut dan kekurangan vitamin yang larut dalam lemak, fecal berminyak, perut kembung.**

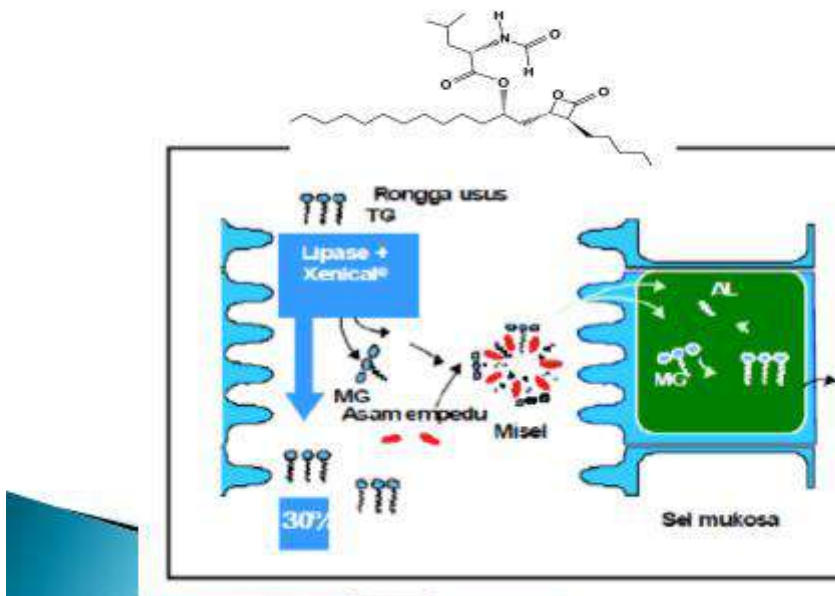
Efek samping gastrointestinal yg tidak menyenangkan membatasi kepatuhan pasien (Kailla dan Raman, 2008).

Mengapa Lipase Pankreas sebagai Target ?

Merupakan Enzim penting bagi asupan lemak kedalam tubuh

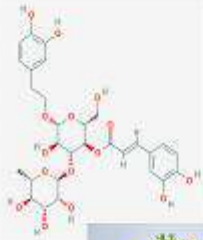


Orlistat Mechanism (Genentech, 2010)



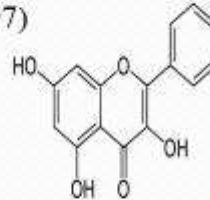
3. Golongan Glikosida

- ▶ **Acteoside** yg diisolasi dari *Cassia Auriculata* (Habtemariam, 2013)



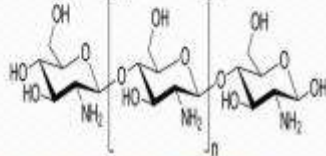
4. Golongan Polifenol

- ▶ **Galangin** yg diisolasi dari *Alpinia galanga rhizomes* atau **jahe** (Kawaguchi et al., 1997)



5. Golongan Polisakarida

- ▶ **Chitosan** yg berasal dari kitin udang (Sumiyoshi dan Kimura, 2006).



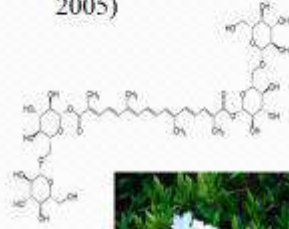
6. Golongan Saponin

- ▶ **Sessiloside** dapat diisolasi dari daun *Acanthopanax sessiliflorus* (Yoshizumiet al., 2006).



7. Golongan Terpen

- ▶ **Crocin** dapat diisolasi dari *Gardenia jasminoides* atau **bunga kacapiring** (Lee et al., 2005)



Penelitian di Jurusan Kimia UM

**HASIL EKSPLORASI
SARI, EKSTRAK DAN ISOLAT
YANG AKTIF SEBAGAI
INHIBITOR LIPASE PANKREAS**

SAMPEL MESOKARP BUAH / BIJI

Genus *Curcubaceae*



Semangka



Lagenaria siceraria
(Labu Air)



Cucumis melo (melon)



Sechium edule
(Labu Siam)



Cucumis sativus (timun)



Biji kedelai



Biji pepaya

Genus *Solanaceae*



Solanum melongena
(terong lalap)



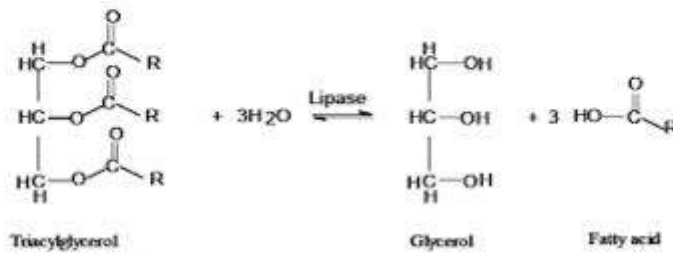
(terong ungu)



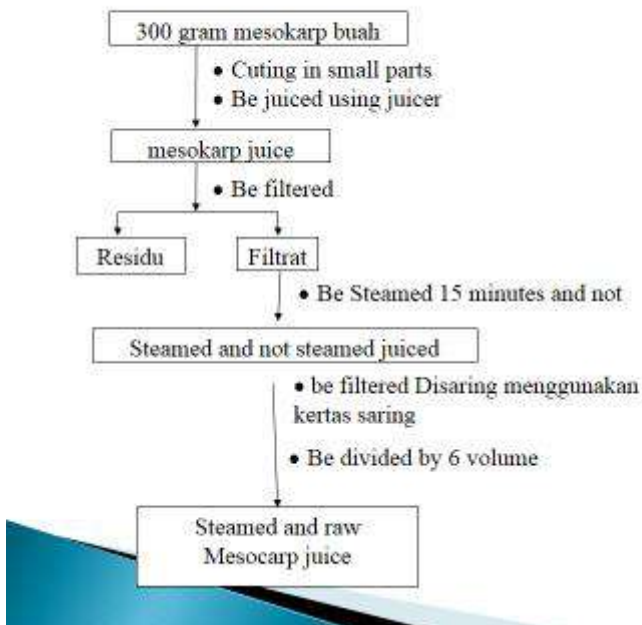
Solanum muricatum
(pepino)

METODE DAN CONTOH HASIL

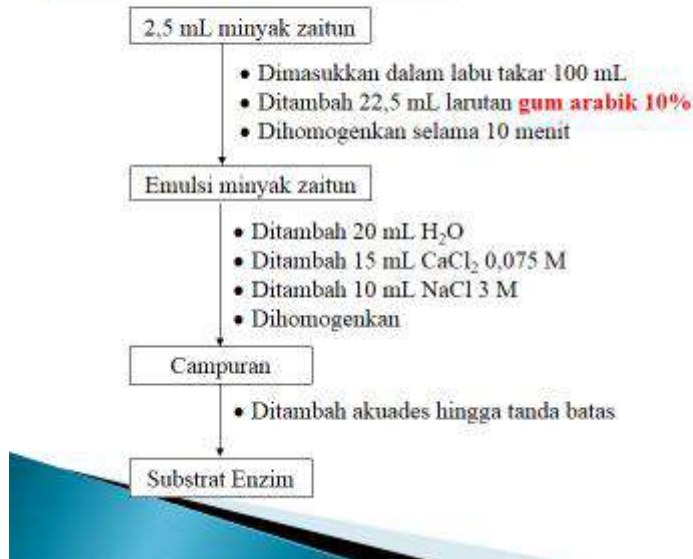
METODE TITRIMETRI



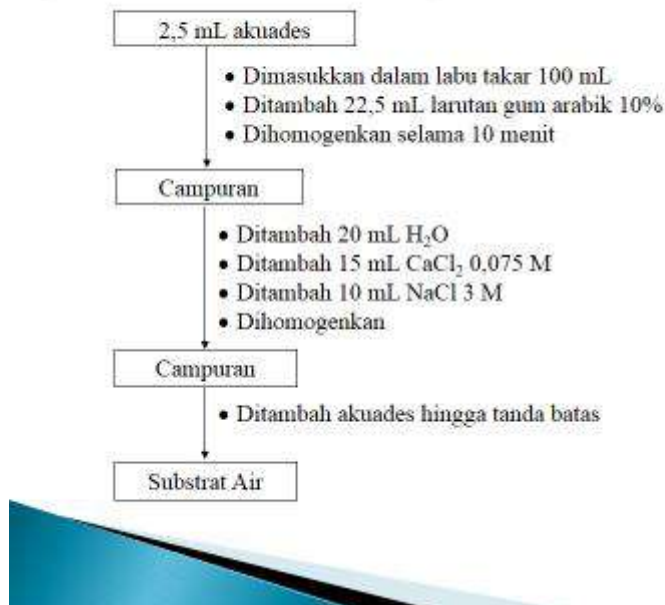
Mesocarp juice preparation



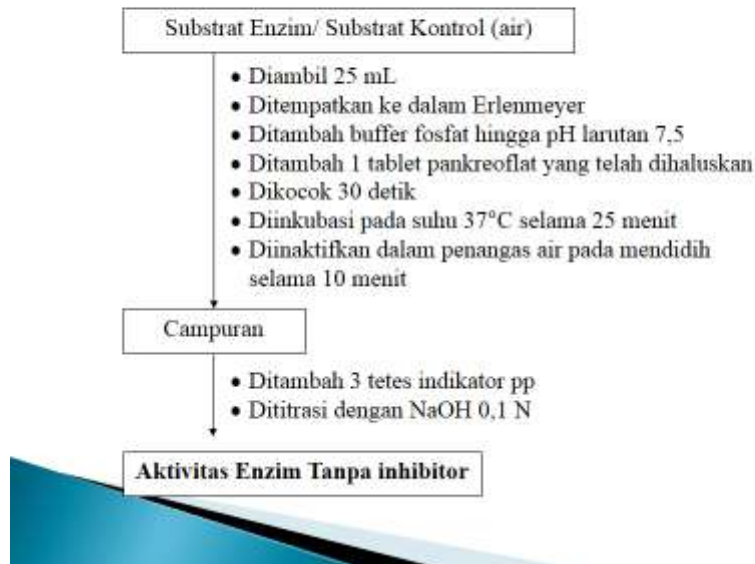
Pembuatan substrat minyak



Pembuatan substrat air



Uji aktivitas lipase pankreas



Aktivitas lipase dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Irawan, dkk . 2008)

$$\text{Aktivitas lipase} = \frac{(V_{SM} - V_{SA}) \times N_{NaOH} \times 1000}{W \times t}$$

Keterangan:

V_{SM} : Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi substrat minyak (mL)

V_{SA} : Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi substrat air (mL)

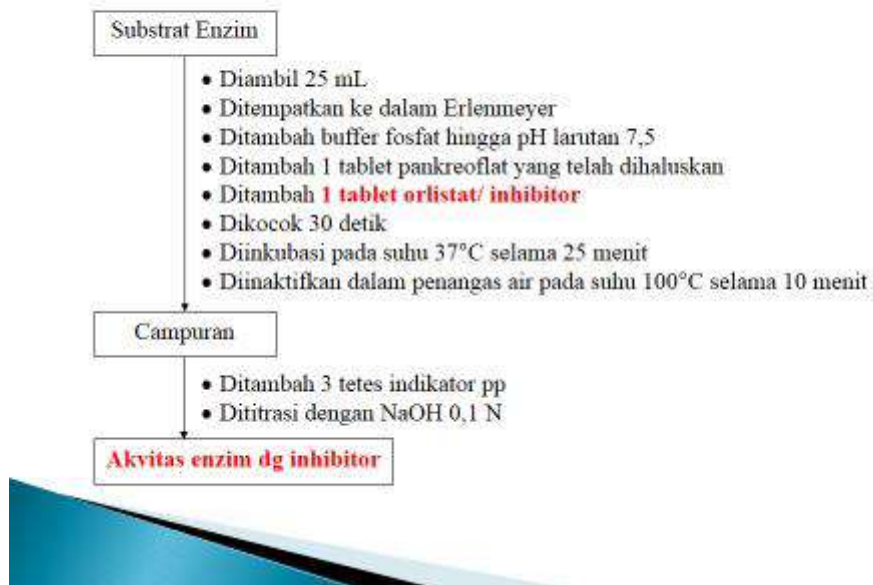
N_{NaOH} : Normalitas NaOH yang digunakan

W : Massa minyak zaitun (mg)

t : Waktu inkubasi (menit)

1000 : faktor konversi dari mol ke μmol

Uji aktivitas inhibitor thd lipase pankreas



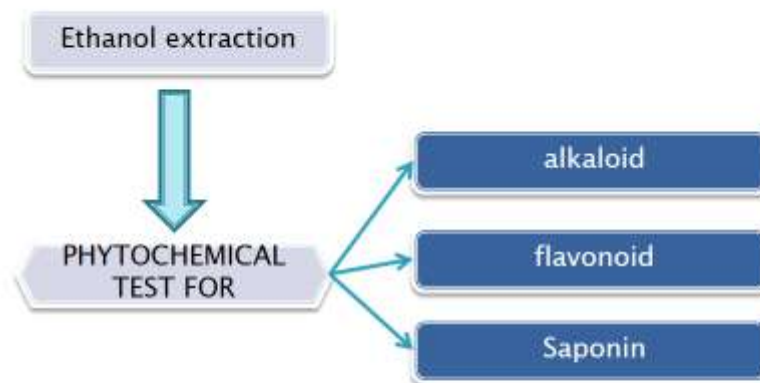
Daya inhibisi lipase oleh orlistat maupun sari mesokarp buah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

Daya inhibisi terhadap lipase

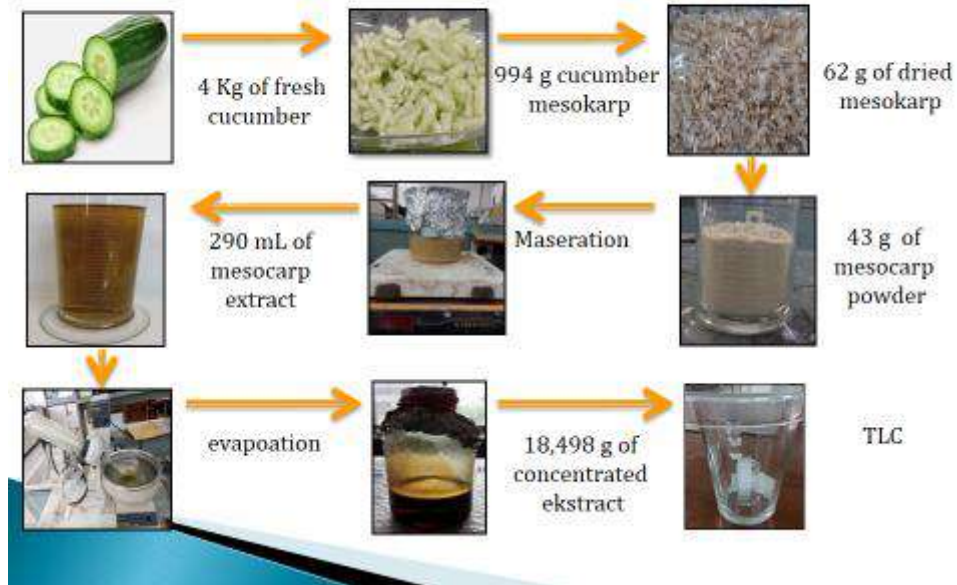
$$= \frac{\text{aktivitas lipase tanpa inhibitor} - \text{aktivitas lipase dengan inhibitor}}{\text{aktivitas lipase tanpa inhibitor}} \times 100\%$$

Daya inhibisi sari mesokarp relatif terhadap Orlistat

$$= \frac{\text{Daya inhibisi sari mesokarp}}{\text{Daya inhibisi Orlistat}} \times 100\%$$



Contoh penyiapan sampel sampai isolasi Saponin dari Mentimun

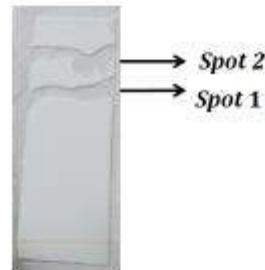


Preparative TLC

Using Methanol:Ethyl acetyc (4:1) Eluen



Under UV₃₆₅ nm



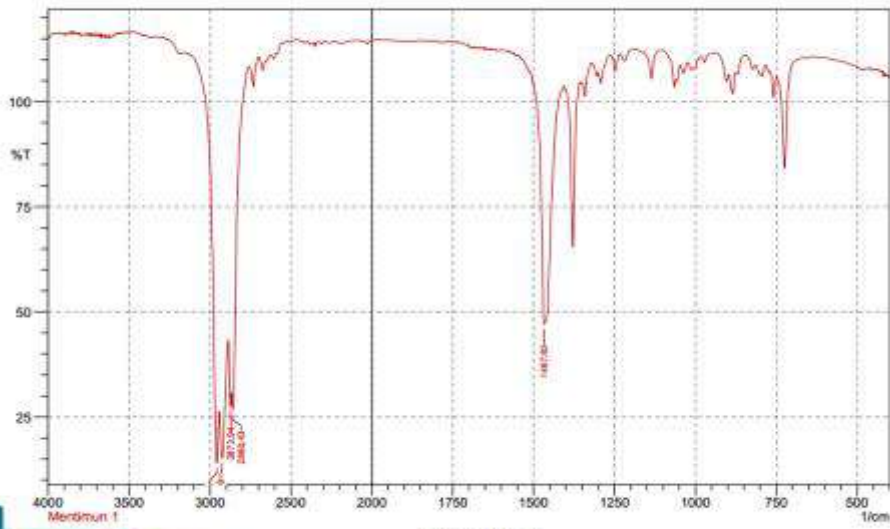
3. Saponin test



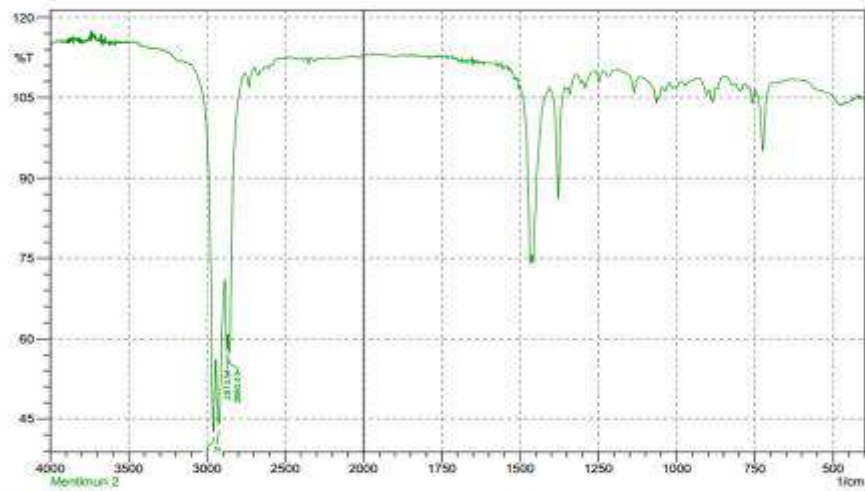
Inhibition Power of Extract, Powder, Concentrated Extracts and Saponin Isolates, against Pancreatic Lipase

No.	Sample of Inhibitor	Lipase activity ($\mu\text{Mol}/\text{min}$)	Inhibition Power (%)	Weight of Inhibitor	Inhibition power Relative to Orlistat (%)
1.	without inhibitor	2,00	0%	0	0%
2.	Orlistat	0,27	87,0%	0.12 g of	100%
3.	cucumber mesocarp juice	0,66	67,0%	50 g of mesocarp	77,1%
4.	cucumber mesocarp powder	0,72	64,0%	3.12 g of powder	73,6%
5.	Concentrated extract of cucumber mesocarp	0,56	72,0%	1.34 g of concentrated extract	82,6%
6.	Saponin isolat 1	0,77	61,5%	0.05 g of isolat	70,7%
7.	Saponin isolat 2	0,88	56,0%	0.05 g of isolat	64,4%

5. UV-Vis dan IR Spectra

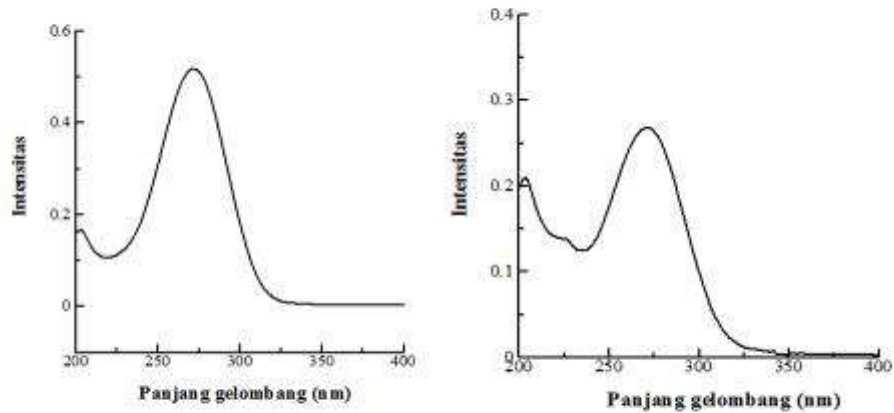


Isolate 1



Isolate 2

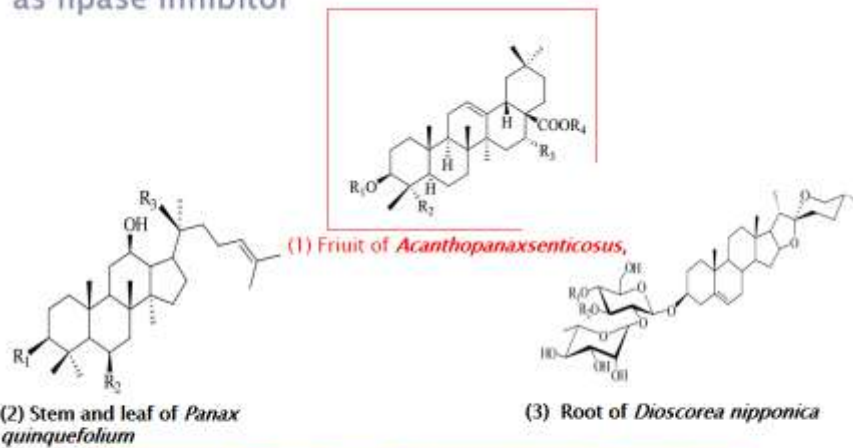
UV Vis Spectra



Isolate 1

Isolate 2

Saponin Structure Comparison of Saponin that active as lipase inhibitor


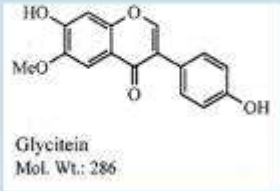

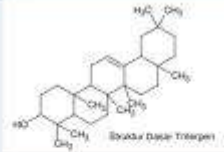



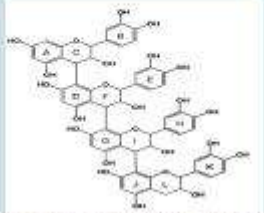

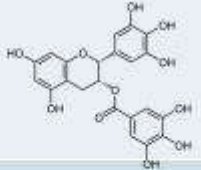

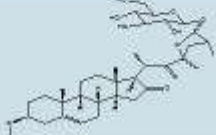
No.	Struktur Saponin dari	Cugus O-H
1.	Acanthopanax senticosus: fruit	none
2.	Panax quinquefolium: stem and leaf	available
3.	Dioscorea nipponica: root	available
4.	Isolate of cucumber mesocarp	none

Rangkuman Hasil Penelitian di UM

Ranking Sari Buah sebagai Minuman Penurun Kadar Lemak darah

No	Buah/ biji	kondisi	Inhibitory to orlistat	Metabolit Sekunder		
				Flavo- noid	Sapo- nin	Alka- loid
1	Labu Air <i>Lagenaria siceraria</i>	Non steamed	67	+	+	+
		steamed	33			
2	Labu Siam <i>Sechium edule</i>	Non steamed	29	+	+	+
		steamed	39			
3	Pepino <i>Solanum muricatum</i>	Non steamed	21	+	+	+
		steamed	76			
4	Mentimun	Non steamed	67	+	+	+
		steamed	55			
5	Terong Lalap <i>Solanum melongena</i>	Non steamed	69	+	+	+
		steamed	87			
6	Semangka	Non steamed	86,5	+	+	+
7	Tempe (ekstrak etanol)	Non steamed	86.5	+	+	+
8	Kedelai (ekstrak etanol)	Not steamed	72/ gr	+	++	+
9	'Kopi' biji Papaya	Not steamed	353	+	+	+

No.	Buah/biji	GoL	Aktivitas tld orlistat	Prediksi struktur
1	Kedelai 	Flavonoid	> 100 kali	 Glycitein Mol. Wt.: 286
2	Mentimun 	Saponin	1,7 kali orlistat	 Saponin dari Terpen
		Flavonoid		? Sedang berlangsung

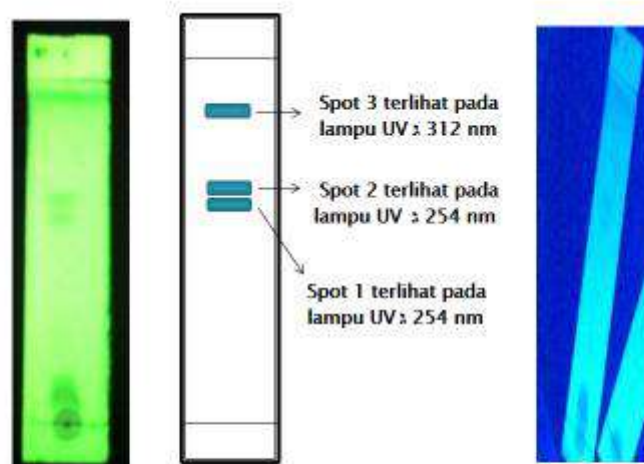
No.	Buah/biji	GoL	Bioaktivits	Prediksi struktur isolat
3	Semangka 	Flavonoid	227 kali orlistat	 (E)catechin-(E)catechin-(E)catechin-(E)catechin (E)Catechin (Mr 1154)
4	Biji pepaya 	Flavonoid	129 kali orlistat	
5	Terong ungu 	Flavonoid	23,6 kali orlistat	

Rangkuman

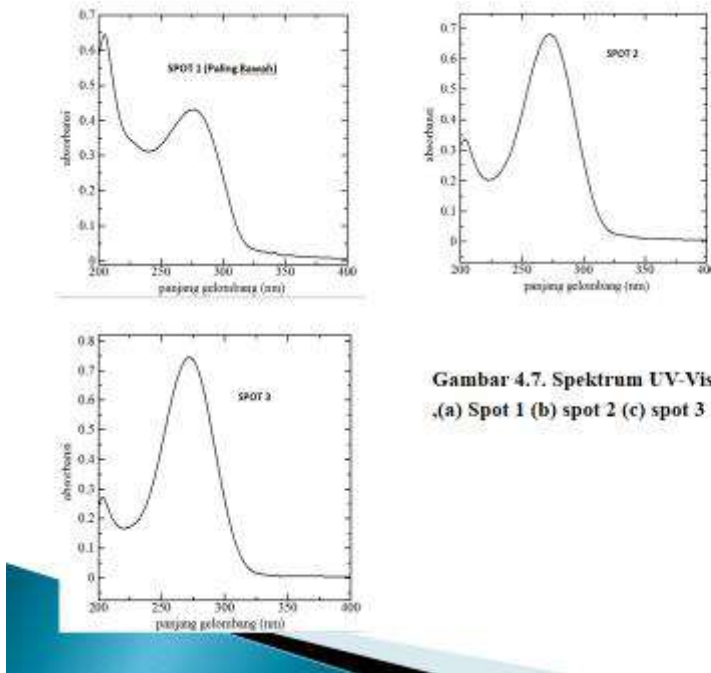
1. Obesitas merupakan keadaan dimana seseorang kelebihan bobot tubuh 20% atau lebih dibanding bobot normal, dengan indikasi $IMT > 30$
2. Obesitas sudah menjadi masalah nasional, bahkan global, karena meningkatkan resiko berbagai penyakit, seperti diabetes type 2, penyakit jantung, stroke dan lain sebagainya
3. Meskipun obesitas bisa disebabkan oleh faktor keturunan (25–4%), tetapi faktor lingkungan dan gaya hidup lebih berperan (60–75%)
4. Ada dua pendekatan khusus untuk mengatasi obesitas, yaitu pengaturan pola diet dan aktivitas fisik serta penggunaan obat2an untuk mngurangi pnyerapan lemak dan karbohidrat.
5. Salah satu obat anti obesitas yang sudah diijinkan adalah orlistat, yang bekerja dengan menghambat asupan lemak melalui inhibisi terhadap lipase pankreas
6. Telah banyak isolat herbal yg telah diuji, utamanya dari mmikroba, dan tanaman, meskipun ada yang dari hewan, dan nampaknya dapat menggantikan orlistat sebagai inhibitor lipase pankreas, yaitu golongan flavonoid, polifenol, saponin
7. Ekstrak dan isolat flavonoid dan saponin dari golongan mentimun dan terong-terongan, juga mempunyai bioaktivitas yg tidak kalah dengan orlistat

TERIMA KASIH

Production of Papaya seed Powder



Gambar 4.1 Hasil KLT dengan Eluen Metanol:kloroform:N-Heksana (1:6:3).
(a) Pengamatan Hasil KLT dengan Sinar UV_{254} nm, (b) Sinar UV_{312} nm



Gambar 4.7. Spektrum UV-Vis untuk Hasil KLT-P
 (a) Spot 1 (b) spot 2 (c) spot 3

Tabel 4.12 Hasil Analisa Spektrofometer UV-Vis

Keterangan	Spot 1	Spot 2	Spot 3
λ max (panjang gelombang maksimum)	205 nm	272 nm*	272 nm*
Absorbansi Maksimum	0,64	0,68	0,74
Lampu UV λ 254 nm	Terlihat Jelas	Terlihat Jelas	Tidak terlihat
Lampu UV λ 312 nm	Terlihat samar	Terlihat samar	Terlihat samar

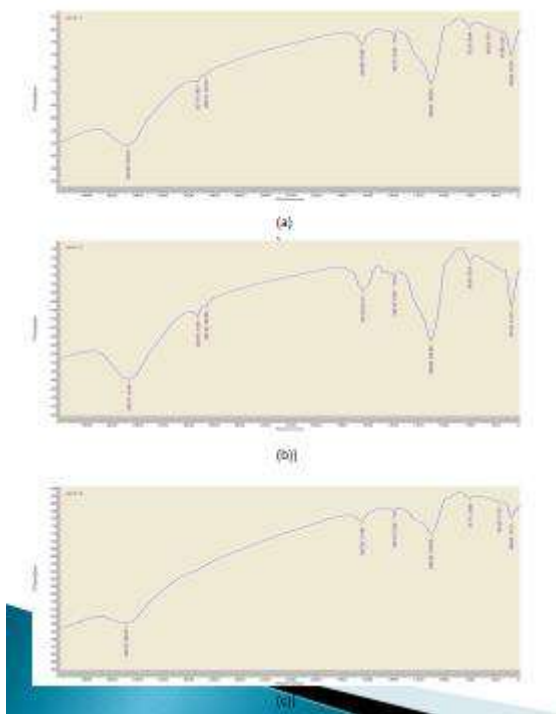
*Pola Spektra sama

KLT Preparatif



Uji Flavonoid

Sampel	Perubahan Warna	Hasil Uji
Ekstrak kental metanol kedelai	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif
Spot 1 hasil KLT-preparatif	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif
Spot 2 hasil KLT-preparatif	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif
Spot 3 hasil KLT-preparatif	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif



Gambar 4.7

- a) spektrum spot 1 hasil KLT-P,
- b) spektrum spot 2 hasil KLT-P,
- c) spektrum spot 3 hasil KLT-P

Tabel 4.12. Interpretasi Spektrum IR hasil isolat ekstrak kental metanol kedelai

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Perkiraan Gugus	Spot 1	Spot 2	Spot 3
3200-3600	Vibrasi Ulur Gugus O-H	✓	✓	✓
2800-3000	Vibrasi Ulur Gugus C-H sp ³	✓	✓	-
1600-1700	Vibrasi Ulur Gugus C=C dan C=O	✓	✓	✓
1200-1400	Vibrasi Tekuk Gugus C-H	✓	✓	✓
1000-1100	Vibrasi Ulur Gugus C-O	✓	✓	✓
700-900	Vibrasi Ulur Gugus C-H Aromatik	✓	✓	✓

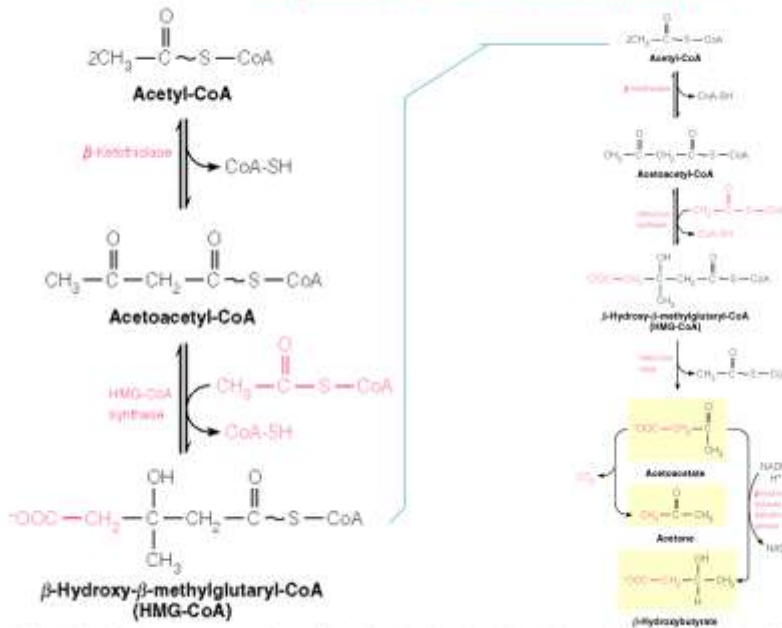
Tabel 4.10. Data Hasil perbandingan persentase daya inhibisi sari,serbuk,ekstrak kental dan isolat Hasil KLT preparatif Kedelai.

No.	Daya Inhibisi dari	Jumlah Titran NaOH 0,1 M (ml)	Daya Inhibisi Lipase (%)	Daya Inhibisi Relatif terhadap Orlistat (%)
1	Tanpa Inhibitor	20,9	0%	0%
2	1 kapsul orlistat (120 mg)	16,8	81,5%	100%
3	sari kedelai (1,07 gram kedelai)	18,4	57,2%	70,2%
4	1 gram serbuk kedelai (1,07 gram kedelai)	18,5	54,8%	67,3%
5	0,12 gram Ekstrak kental kedelai (1,07 gram kedelai)	18,5	54,8%	67,3%
6	Spot 1 Hasil KLT-P dari 10 mg (0,085 gram biji kedelai)	18,5	54,8%	67,3%
7	Spot 2 hasil KLT-P dari 10 mg (0,085 gram biji kedelai)	18,5	54,8%	67,3%
8	Spot 3 hasil KLT-P dari 10 mg (0,085 gram biji kedelai)	18,9	45,9%	56,4%

METABOLISM OF KETON BODIES

- When acetyl-S-CoA concentration is high, the **thiolase, HMG-CoA synthase, HMG-CoA lyase**, and β -hydroxybutyrate dehydrogenase can converted to yield acetoacetate and β -hydroxybutyrate.
- $2 \text{ Acetyl-S-CoA} \rightleftharpoons \text{Acetoacetyl-S-CoA} + \text{CoASH}$
- $\text{Acetyl-CoA} + \text{Acetoacetyl-CoA} \rightleftharpoons \text{HMG-CoA}$
- $\text{Acetoacetate} + \text{NADH} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \beta\text{-Hydroxybutyrate} + \text{NAD}^+$
- Acetoacetate and β -hydroxybutyrate are known as **ketone bodies** that are important in delivering energy to the brain when glucose is not available, such as during starvation.
- Acetoacetate can also undergo spontaneous decarboxylation to form **acetone**.

Biosynthesis of Ketone Bodies in the Liver



Betahidroksi butirat dan acetoasetat akan diedarkan keseluruh sel tubuh via pembuluh darah sebagai bahan bakar sel dengan menubahnya kembali menjadi asetil CoA, dan memasuki siklus TCA serta rantai fosforilasi oksidatif

Hasil Uji Kesukaan Aroma Sari Mesokarp Buah

	Mesokarp			
	Melon	Melon rebus	Mentimun	Mentimun rebus
Rerata	5,94	4,18	4,12	3,04
Interpretasi	Suka	Biasa saja	Biasa saja	Agak tidak suka

Hasil analisis variance sig 0,014 < 0,05 maka dilanjutkan ke analisis Duncan Multiple Test (DMR)

Hasil Analisis Duncan Kesukaan Warna

Sampel	N	Subset		
		1	2	3
Mentimun rebus	50	3.04		
Mentimun	50		4.12	
Melon rebus	50		4.18	
Melon	50			5.94
Sig.		1.000	.832	1.000

Hasil Uji Kesukaan Aroma Sari Mesokarp Buah

	Mesokarp			
	Melon	Melon rebus	Mentimun	Mentimun rebus
Rerata	5,36	4,14	3,16	2,28
Interpretasi	Agak suka	Biasa saja	Agak tidak suka	Tidak suka

Hasil analisis variance sig 0,133 > 0,05 maka tidak dilanjutkan ke analisis Duncan Multiple Test (DMR)

Hasil Uji Kesukaan Keseluruhan Sari Mesokarp Buah

	Mesokarp			
	Melon	Melon rebus	Mentimun	Mentimun rebus
Rerata	5,66	4,20	3,54	2,70
Interpretasi	Suka	Biasa saja	Biasa saja	Agak tidak suka

Hasil analisis variance sig 0,00 < 0,05 maka dilanjutkan ke analisis Duncan Multiple Test (DMR)

Hasil Analisis Duncan Kesukaan Keseluruhan

Sampel	N	Subset			
		1	2	3	4
Mentimun rebus	50	2.70			
Mentimun	50		3.54		
Melon rebus	50			4.20	
Melon	50				5.66
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Daya Terima Panelis terhadap Produk Sari Mesokarp Buah

Buah	Kondisi	Daya terima panelis (%)	Interpretasi
Melon	Mentah	94	Diterima
	Rebus	66	Diterima
Mentimun	Mentah	52	Diterima
	Rebus	32	Tidak diterima

Hasil Potensi Sari Mesokarp Sebagai Minuman Kesehatan

Buah	Kondisi	Efektivitas sebagai Inhibitor Lipase		Daya Terima Panelis (%)	Skor Total	Ranking
		Daya Inhibisi terhadap Lipase (%) (Tabel 4.3)	Daya Inhibisi relatif terhadap Orlistat (%) (Tabel 4.5)			
Melon	Mentah	13,58	22,45	94	130,03	2
	Rebus	17,28	28,57	66	111,85	3
Mentimun	Mentah	18,52	30,61	52	101,13	4
	Rebus	58,02	95,92	32	185,94	1

MAKALAH PEMBICARA PARALEL

Bayu Wiyantoko, dkk_Kimia Fisika

Pengaruh Aktivasi Fisika pada Zeolit Alam dan Lempung Alam terhadap Daya Adsorpsinya

Bayu Wiyantoko, Pipit Novi Andri, Dyah Anggarini
Program Studi D III Analisis Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia
Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km 14,5 Sleman Yogyakarta 55584
e-mail: bayuwiyantoko@uii.ac.id

Abstrak: Telah dilakukan aktivasi fisika pada mineral zeolit alam dan lempung alam melalui proses hidrotermal. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi mineral zeolit alam dan lempung alam teraktivasi terhadap zat warna metilen biru. Analisis kuantitatif pengujian menggunakan deret standar metilen biru yang dianalisis secara spektrofotometri UV-Visibel. Daya adsorpsi mineral zeolit alam dan lempung alam dilakukan pada variasi konsentrasi metilen biru 25, 50, 75, 100, dan 200 mg/L. Analisis kuantitatif menggunakan deret standar yang menghasilkan kurva kalibrasi $y = 0,2336x + 0,0044$ dengan nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,997. Hasil pengujian menunjukkan terdapat perbedaan kemampuan adsorpsi zeolit alam dan lempung alam setelah proses aktivasi. Untuk zeolit alam dan lempung alam memiliki kapasitas adsorpsi masing-masing 71,49 mg/g dan 28,25 mg/g, sementara zeolit teraktivasi dan lempung teraktivasi masing-masing adalah 75,77 mg/g dan 69,78 mg/g.

Kata Kunci : adsorpsi, metilen biru, zeolit, lempung, dan aktivasi fisika

Abstract: Physical activation of natural zeolite minerals and natural clays by hydrothermal process has been performed. This test aims to determine the adsorption capacity of natural zeolite minerals and natural clay activated to blue methylene dyestuffs. The quantitative analysis of the test using a standard methylene blue series was analyzed by UV-Visible spectrophotometry. The adsorption capacity of natural zeolite minerals and natural clays was carried out on variations in the concentrations of methylene blue 25, 50, 75, 100, and 200 mg / L. Quantitative analysis using standard series yielding calibration curve $y = 0.2336x + 0.0044$ with value of coefficient of determination (r^2) equal to 0.997. The test results showed that there were differences in the ability of natural zeolite adsorption and natural clay after the activation process. Natural zeolites and natural clays had adsorption capacity of 71.49 mg/g and 28.25 mg/g, respectively, while activated zeolite and activated clays are 75.77 mg/g and 69.78 mg/g, respectively.

Keywords : adsorption, methylene blue, zeolite, clay, and physical activation

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Wijaya, dkk., 2006). Salah satu zat warna yang sering digunakan adalah metilen biru, di industri sebagai pewarna kertas yang

dikombinasikan dengan zat warna lain, sedangkan di laboratorium digunakan sebagai pewarna indikator. Zat warna metilen biru menjadi perhatian besar dalam proses pengolahan limbah karena warnanya yang sulit diuraikan atau didegradasi karena memiliki gugus benzena, toksik, menyebabkan mutasi genetik dan berpengaruh pada reproduksi (Christina, dkk., 2007)

Banyak metode digunakan untuk mengurangi dampak cemaran zat warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah zat cair salah satunya dengan adsorpsi. Pengolahan limbah zat warna seperti proses adsorpsi memiliki keefektifan tinggi dalam penghilangan pewarna pada limbah cair (Wanchanthuek & Thapol 2011), Dalam proses adsorpsi dibutuhkan adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat. Salah satu kegunaan adsorben adalah untuk menyerap zat warna dalam pengolahan limbah industri tekstil (Lynch, 1990). Berkembangnya industri yang menghasilkan limbah zat warna diikuti dengan semakin tingginya kebutuhan adsorben. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu diupayakan keragaman sumber bahan baku adsorben sehingga dapat mengimbangi kebutuhan industri terhadap adsorben (Retnowati, 2005).

Beberapa tahun terakhir ini banyak dilakukan penelitian untuk pengembangan metode aktif yang murah dan sederhana serta cukup efektif untuk pengolahan limbah zat warna, yaitu menggunakan metode adsorpsi dengan pengembangan adsorbennya. Adsorben yang biasa digunakan adalah zeolit dan lempung alam karena mempunyai struktur pori terbuka dengan luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan penyerapan molekul-molekul zat warna semakin tinggi (Slamet, 2008). Adapun hasil pengujian dapat dianalisis dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Visibel. Dengan demikian penggunaan metode ini mampu memperoleh kemampuan maksimal dari adsorben zeolit alam dan lempung alam teraktivasi dalam mengadsorpsi zat warna.

METODE

Material dan Instrumen

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam, lempung alam, metilen biru dan akuades. Alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, alat-alat plastik, lumpang mortar, pengaduk magnetik (Thermolyne Cimarec 2), Neraca analitik (OHAUS), Pompa vakum (Buchi Var-V 500), Oven (Memmert), Spektrofotometer UV-Visibel (Hitachi U-2010), Shaker (Rotator shaker VRN-200 Gemmy), *Sentrifuge*.

Prosedur Penelitian

Preparasi Zeolit Alam dan Lempung Alam

Sampel batuan zeolit alam dihancurkan hingga menjadi bubuk zeolit kemudian dilarutkan dengan akuades. Larutan diaduk semalam kemudian disaring hingga diperoleh residu yang dikeringkan pada temperatur 110 °C hingga diperoleh berat konstan. Sementara sampel lempung alam dilarutkan dengan akuades, diaduk

semalam kemudian disaring hingga diperoleh residu yang dikeringkan pada temperatur 110 °C hingga diperoleh berat konstan.

Aktivasi Fisika Pada Zeolit Alam dan Lempung Alam

Sampel zeolit alam dan lempung alam dikalsinasi menggunakan tanur pada suhu 600°C selama 4 jam. Sampel zeolit alam dan lempung alam ditimbang selanjutnya disimpan dalam desikator.

Pembuatan Larutan Standar Metilen Biru

Larutan metilen biru 100 ppm diencerkan dalam labu ukur 10 mL dengan akuades. Masing masing diambil 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 mL larutan standar 100 ppm, diencerkan dalam labu ukur 10 mL menggunakan akuades sehingga diperoleh larutan standar metilen biru 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 mg/L. Absorbansi larutan standar metilen biru diukur menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang maksimum metilen biru.

Pengujian Daya Adsorpsi

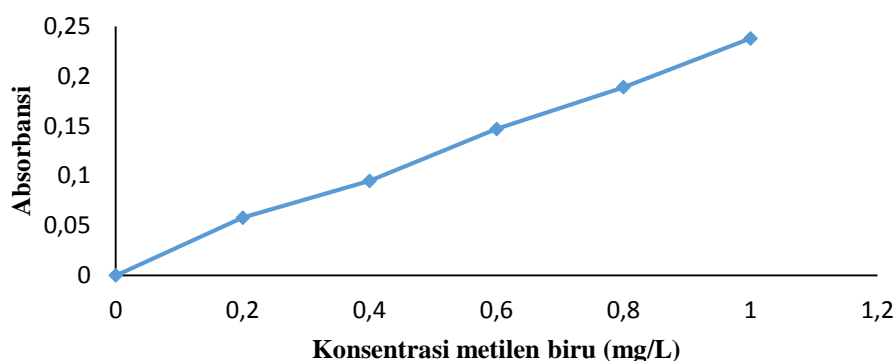
Sampel zeolit alam teraktivasi, lempung alam teraktivasi, zeolit alam, dan lempung alam masing-masing sejumlah 20 mg dikontakkan dengan larutan metilen biru pada variasi konsentrasi 25; 50; 75; 100 dan 200 mg/L. Larutan dishaker selama 24 jam kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 15 menit. Filtrat hasil pengujian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Visibel.

HASIL

Nilai absorbansi larutan standar metilen biru pada berbagai konsentrasi diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut diperoleh kurva kalibrasi standar metilen biru yang merupakan hubungan antara konsentrasi larutan standar metilen biru dengan absorbansi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Deret Standar Larutan Metilen Biru

Konsentrasi metilen biru (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,2	0,058
0,4	0,095
0,6	0,147
0,8	0,189
1	0,238

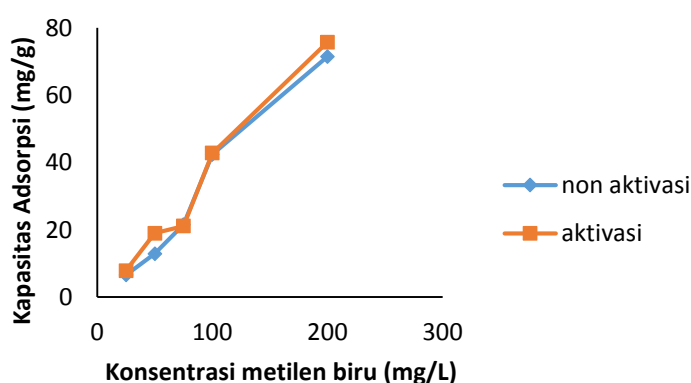


Gambar 1. Hubungan Antara Konsentrasi Larutan Standar Metilen Biru dengan Absorbansi

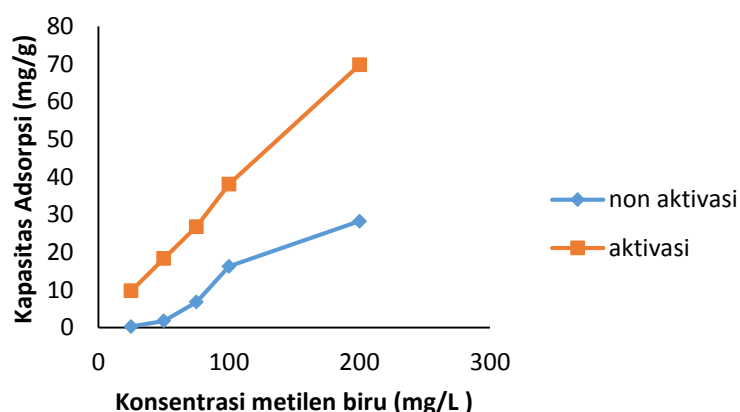
Hasil pengujian kapasitas adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben zeolit alam (non-aktivasi), zeolit alam teraktivasi, lempung alam (non-aktivasi), dan lempung alam teraktivasi dapat dilihat pada Tabel 2. Kapasitas adsorpsi zeolit alam non aktivasi dan zeolit alam teraktivasi disajikan pada Gambar 1. Kapasitas adsorpsi lempung alam non aktivasi dan lempung alam teraktivasi disajikan pada Gambar 2.

Tabel 2. Kapasitas Adsorpsi Sampel Uji

Konsentrasi metilen biru (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)			
	Zeolit alam	Zeolit alam teraktivasi	Lempung Alam	Lempung alam teraktivasi
25	6,58	7,86	0,30	9,74
50	12,90	18,98	1,78	18,34
75	21,55	21,12	6,78	26,83
100	42,38	42,81	16,27	38,10
200	71,49	75,77	28,25	69,78



Gambar 1. Kapasitas Adsorpsi Zeolit Alam Non Aktivasi dan Zeolit Alam Teraktivasi



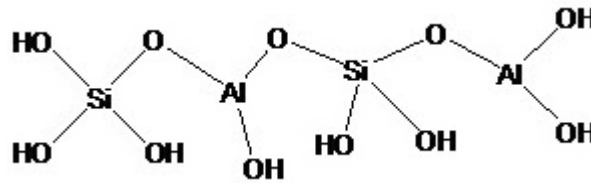
Gambar 2. Kapasitas Adsorpsi Lempung Alam Non Aktivasi dan Lempung Alam Teraktivasi

PEMBAHASAN

Penentuan kurva kalibrasi dilakukan dengan menganalisis serangkaian variasi konsentrasi larutan standar metilen biru yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 mg/L pada panjang gelombang maksimumnya, yaitu 664 nm. Kurva kalibrasi standar metilen biru yang diperoleh digunakan sebagai acuan untuk penentuan konsentrasi sampel larutan metilen biru setelah dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben zeolit dan lempung teraktivasi secara spektrofotometri UV-Visibel dengan variasi konsentrasi. Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi standar metilen biru yang diukur maka semakin besar pula absorbansi yang didapatkan. Hal ini karena pada konsentrasi semakin tinggi, tingkat kepekatan senyawa metilen biru juga semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan Hukum Lambert-Beer yang menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi suatu sampel tertentu akan mengubah absorbansi pada tiap panjang gelombang dengan suatu faktor yang konstan (Skoog, 1971).

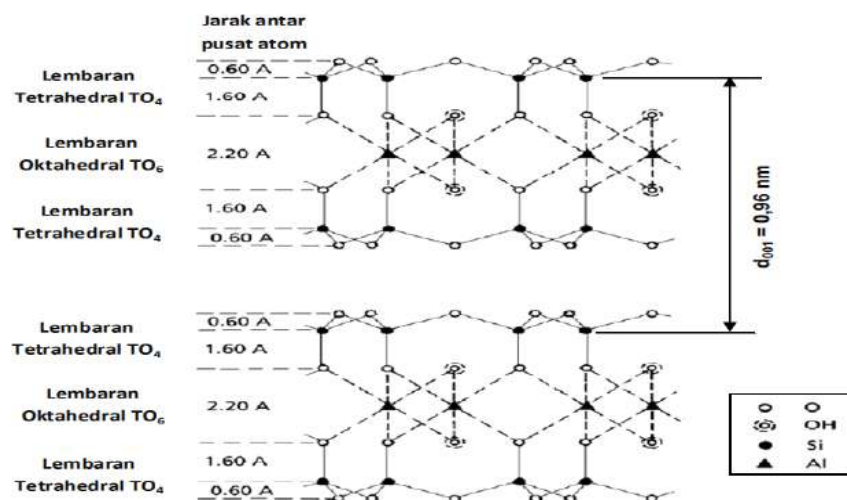
Persamaan garis kurva kalibrasi metilen biru diperoleh $y = 0,233x + 0,004$ dan koefisien korelasinya (r) adalah 0,998. Koefisien korelasi tersebut menunjukkan hubungan antara konsentrasi metilen biru dan nilai absorbansinya sudah linier. Koefisien determinasi (r^2) yang diperoleh sebesar 0,997 menunjukkan bahwa kurva kalibrasi tersebut baik untuk digunakan, karena masuk rentang nilai koefisien determinasi (r^2) yaitu nilai minimal 0,995. Persamaan garis tersebut dapat digunakan untuk menentukan senyawa metilen biru yang teradsorpsi oleh adsorben zeolit alam dan lempung alam berdasarkan pengaruh aktivasi.

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral $(\text{SiO}_4)^{4-}$ dan $(\text{AlO}_4)^{5-}$ yang saling terikat oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, umumnya adalah ion logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Cheetham, 1992). Struktur zeolit dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Kimia Zeolit Alam (Cheetham, 1992)

Lempung merupakan salah satu komponen tanah yang tersusun atas senyawa alumina silikat dengan ukuran partikel yang lebih kecil dari 2 μm . Struktur dasarnya merupakan filosilikat atau lapisan silikat yang terdiri dari lembaran tetrahedral silisium-oksigen dan lembaran oktahedral aluminium-oksigen-hidroksida yang disebut sebagai montmorilonit. Struktur lempung alam ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Kimia Lempung Alam (Utracki, 2004)

Aktivasi zeolit alam dan lempung alam secara fisika melalui beragam cara seperti pengcilan ukuran butir, pengayakan, pemanasan pada suhu tinggi yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori, dan memperluas permukaan. Aktivasi fisika dilakukan dengan cara pemanasan zeolit alam dan lempung alam pada suhu sekitar 300-400 $^{\circ}\text{C}$ baik secara kontak langsung (dengan udara panas) maupun secara kontak tidak langsung (*system vacuum exhauster*). Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit alam dan lempung alam sehingga jumlah pori-pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah (Ertan & Akicioglu- Ozkan, 2005).

Aktivasi fisika melalui pemanasan pada lempung alam diawali dengan hilangnya molekul air dan pengotor organik dengan disertai peningkatan permukaan dan terbentuknya situs-situs adsorpsi baru. Porositas-porositas baru dapat pula dihasilkan melalui delaminasi partikel lempung yang meningkatkan ketersediaan ruang antara lapis-lapis silikat untuk mengikat molekul-molekul adsorbat (Ghosh & Bhattacharyya, 2002). Penentuan adsorpsi metilen biru menggunakan zeolit alam teraktivasi dan zeolit alam tanpa aktivasi bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi yang mampu diadsorpsi oleh adsorben. Adsorpsi

dilakukan terhadap senyawa metilen biru pada pH 4 karena adsorben zeolit alam mampu mengadsorpsi secara maksimal pada pH optimum tersebut. Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan karakteristik adsorpsi dari adsorben tanpa aktivasi dan adsorben teraktivasi terhadap senyawa metilen biru pada masing masing variasi konsentrasi yang dikontakkan. Hasil ini dapat dilihat dengan adanya perubahan kapasitas adsorpsi sebelum dan setelah proses aktivasi yang nilainya senantiasa meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Pada konsentrasi metilen biru 100 ke 200 mg/L terjadi kenaikan kapasitas adsorpsi yang cukup besar, mengindikasikan kemampuan adsorben yang cukup baik untuk adsorpsi zat warna metilen biru.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan perlakuan aktivasi fisika padatan zeolit alam lebih bersih dari pengotor sehingga pori-pori zeolit alam lebih terbuka dan kemampuannya dalam mengadsorpsi metilen biru juga besar. Secara umum pada setiap rentang konsentrasi metilen biru, kapasitas adsorpsi zeolit lebih besar dibanding dengan lempung baik untuk kategori non aktivasi maupun teraktivasi. Kapasitas adsorpsi maksimal yang diperoleh untuk zeolit non aktivasi dan zeolit teraktivasi masing-masing adalah 71,49 mg/g dan 75,77 mg/g dengan konsentrasi metilen biru 200 mg/L dan massa zeolit yang digunakan sebesar 20 mg. Hasil pengujian yang ditunjukkan pada penelitian ini lebih baik dibandingkan oleh zeolit alam yang telah diaktivasi fisika dengan cara pemanasan mampu mengadsorpsi senyawa metilen biru sebesar 1,5718 mg/g dengan massa zeolit sebesar 8 mg (Sugiarti & Amiruddin, 2008).

Pada Tabel 2 juga diperlihatkan bahwa proses aktivasi memberikan perubahan karakter adsorpsi yang sangat baik pada adsorben lempung karena perbedaan kapasitas adsorpsi yang sangat mencolok dibandingkan adsorben zeolit. Lempung alam yang memiliki struktur berlapis silika alumina setelah melalui proses aktivasi dengan pemanasan pada temperatur 400 °C menjadikan jumlah kation yang dapat dipertukarkan pada ruang antar lapis lempung alam menjadi meningkat sehingga proses adsorpsi terhadap metilen menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar.

Hasil penelitian melaporkan bahwa lempung alam yang telah diaktivasi fisika dengan cara pemanasan mampu mengadsorpsi senyawa metilen biru sebesar 2,02 mg/g dengan konsentrasi adsorbat 40 mg/L (Ramadhani, 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan perlakuan aktivasi fisika padatan lempung alam lebih bersih dari pengotor sehingga pori-pori lempung alam lebih terbuka dan kemampuannya dalam mengadsorpsi metilen biru juga besar. Pada konsentrasi metilen biru yang tidak jauh berbeda, pada penelitian ini menggunakan konsentrasi 50 mg/L menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 18,34 mg/g. Hasil aktivasi lempung alam pada penelitian ini memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan yang telah dilaporkan sebelumnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut yaitu adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi dengan kapasitas adsorpsi maksimum masing masing adalah sebesar 71,49 mg/g dan 75,77 mg/g dan adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben lempung alam dan lempung alam teraktivasi dengan kapasitas adsorpsi masing masing adalah sebesar 28,25 mg/g dan 69,78 mg/g.

Berdasarkan hasil penelitian penentuan metilen biru hasil adsorpsi menggunakan zeolit alam dan lempung alam teraktivasi secara spektrofotometer UV-Visibel maka disarankan bahwa perlu dilakukan pengujian karakteristik mineral zeolit dan lempung meliputi sifat kristalinitas, gugus fungsional, luas permukaan, serta ukuran pori untuk memberikan informasi lebih lebih menyeluruh tentang sifat adsorben.

DAFTAR RUJUKAN

- Atkins. 1999. *Kimia Fisika Edisi Keempat jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Cheetham, D. 1992. *Solid State Compound*. London: Oxford University Press.
- Christina, P.M, Mu'nisatun, S., Saptaji, R., & Marjanto, D. 2007. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 340 ke V/10 mA. *JFN*: 1(1): 1978-8738.
- Ertan, A. & Akicioglu- Ozkan, F. 2005. CO₂ and N₂ Adsorption on the acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄ and H₃PO₄) Treated Zeolites A. *Adsorption*, 11: 151-156.
- Ghosh, D & Bhattacharyya, K.G. 2002. Adsorption of Methylene Blue on Kaolinite, *Appl. Clay. Sci.*, 20: 295-300.
- Lynch. 1990. *Practical Handbook of Material Science 2 th Edition*. New York: CRC Pr.
- Mahmood, T., Anwer, F., Mahmood, I., Kishwar, F., & Wahab, A. 2013. Solvatochromic Effect of Methylene Blue in Different Solvents with Different Polarity. *European Academic Research*, 1(6): 1100-1109.
- Nurmasari, R. 2014. *Kajian Adsorpsi Rhodamin B pada Humin*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Ramadhani, A. 2015. Kapasitas Adsorpsi Metilen Biru Oleh Lempung Cengkar Teraktivasi Asam Sulfat. *JOM FMIPA*, 2(1): 1-2.
- Retnowati. 2005. *Efektivitas Ampas Sebagai Adsorben Alternatif Limbah Cair Industri Tekstil*. Bogor: FMIPA IPB.
- Skoog, D.D. 1971. *Principles of Instrumental Analysis*. New York: Holt, Rinerhart and Winston, Inc.

- Slamet, E.M. 2008. *Modifikasi Zeolit Alam Lampung dengan Fotokatalis TiO₂ Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya Untuk Penyisihan Fenol*. Universitas Indonesia: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik .
- Sugiarti & Amiruddin, S.Z. 2008. Pengaruh Jenis Aktivasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zeolit pada Metilen Biru . *Jurnal Chemical*, 9: 20-25.
- Utracki, L.A. 2004. *Clay-Containing Polymeric Nanocomposites, Volume 1*. United Kingdom: Rapra Technology Limited.
- Wanchanthuek, R. & Thapol, A. 2011. Kinetic Study of Methylene Blue Adsorption Over MgO from PVA Template Preparation, *Journal of Environmental Science and Technology*, 4(5): 552-559.
- Widjajanti, E., Tutik, P.R., & Utomo, M.P. 2011. *Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga*. Prosiding Semoinar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 14 Mei.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., & Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi TiO₂- Zeolit dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Teknoin* , 11(3):199-209.

Fauziatul Fajaroh, dkk_Kimia Fisika

Pengaruh Perbandingan Komposisi Ag@Fe₃O₄ – Asam Oleat terhadap Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus* dan *Eschericia Coli*

Fauziatul Fajaroh, Sefin Nur Aisyah, Nazriati, Yahmin, Siti Marfu'ah,
Ida Bagus Suryadharna
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang,
Jalan Semarang 5 Malang 65145
e-mail: fauziatul.fajaroh.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Dewasa ini, pengembangan dan aplikasi nanokomposit menjadi kajian yang sangat menarik, karena material dalam skala nano biasanya memiliki sifat fisik dan kimia yang lebih unggul dibanding material sejenis yang berukuran lebih besar (*bulk*). Salah satu nanokomposit yang dikembangkan saat ini adalah nanokomposit Ag@Fe₃O₄. Sinergi antara partikel perak dan Fe₃O₄ memiliki sifat yang unik, salah satunya adalah sebagai zat antibakteri yang bersifat magnetis. Dalam penelitian ini dilakukan sintesis nanokomposit Ag@Fe₃O₄ dengan mengkombinasikan dua metode yaitu sintesis nanopartikel Fe₃O₄ secara elektrokimia dan sintesis nanokomposit Ag@Fe₃O₄ dengan metode reduksi. Dilanjutkan dengan mengkaji aplikasi nanokomposit ini dalam wujud dispersinya dalam asam oleat sebagai antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*, yang masing-masing merupakan bakteri gram positif dan gram negatif. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh perbandingan komposisi nanokomposit Ag@Fe₃O₄ - asam oleat terhadap daya hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*. Berdasarkan hasil penelitian, komposisi optimum fluida yang menghasilkan daya hambat tertinggi terhadap kedua bakteri adalah perbandingan massa Ag@Fe₃O₄: asam oleat 1:6. Daya hambat Ag@Fe₃O₄ - asam oleat lebih besar terhadap bakteri *Eschericia coli* daripada *Staphylococcus aureus*.

Kata kunci: Ag@Fe₃O₄-asam oleat, daya hambat, *Staphylococcus aureus*, *E-coli*

Abstract: Today, the development and application of nanocomposites is a very interesting study, because nanoscale materials have superior physical and chemical properties compared to bulk-type materials. One of the nanocomposites developed today is the Ag@Fe₃O₄ nanocomposite. The synergy between silver and Fe₃O₄ has unique properties, one of which is as a magnetic antibacterial agent. In this research, the synthesis of Ag@Fe₃O₄ nanocomposite was conducted by combining two methods, i.e synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles electrochemically and synthesis of Ag@Fe₃O₄ nanocomposite by reduction method. Followed by examining the application of this nanocomposite in the form of dispersion in oleic acid as antibacterial agent to *Staphylococcus aureus* and *Eschericia coli*, each of which is gram-positive and gram-negative bacteria. The purpose of this study was to study the effect of composition ratio of nanocomposite Ag@Fe₃O₄ - oleic acid to the inhibitory power to bacteria *Staphylococcus aureus* and *Eschericia coli*. Based on the results of the

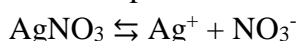
research, the optimum composition of fluid that produces the highest inhibitory power to both bacteria is the mass ratio of Ag @ Fe₃O₄: oleic acid 1: 6. The inhibitory power of Ag@Fe₃O₄ - oleic acid was greater against *Escherichia coli* bacteria than *Staphylococcus aureus*.

Keywords: Ag@Fe₃O₄-oleic acid, antibacteria, *Staphylococcus aureus*, *E-coli*

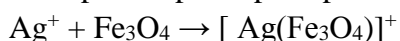
Nanopartikel magnetit mempunyai aplikasi luas pada berbagai bidang. Pada bidang industri digunakan sebagai tinta cetak, pigmen pada kosmetik dan pada penanganan masalah lingkungan yakni sebagai *magnetic carrier precipitation process* untuk menghilangkan anion atau pun ion logam dalam air dan air limbah. Nanopartikel magnetit juga dimanfaatkan dalam bidang biomedis baik secara *in vivo* (di dalam tubuh) maupun *in vitro* (di luar tubuh), misalnya sebagai agen magnetis pada aplikasi-aplikasi *biomolecule separation*, *drug delivery system*, *hyperthermia therapy*, maupun sebagai *contrast agent* pada *magnetic resonance imaging* (Cabrera, dkk., 2008).

Aplikasi nanopartikel magnetit dapat dikembangkan sebagai antibakteri apabila dikompositkan dengan logam, salah satunya adalah dengan perak. Nanokomposit Ag@Fe₃O₄ dapat disintesis dengan menggunakan prinsip reduksi. Cara ini membutuhkan peralatan, bahan yang relatif sederhana dan prosesnya relatif cepat (Lunhong, dkk., 2008). Dengan prinsip ini, proses sintesis nanokomposit Ag@Fe₃O₄ diawali dengan adsorpsi Ag⁺ pada permukaan magnetit. Kemudian dilanjutkan dengan reduksi perak (I) pada permukaan magnetit menjadi perak (0). Selain sebagai antibakteri, adanya perak pada permukaan meningkatkan kestabilan magnetit, sehingga tidak mudah teroksidasi (Lunhong, dkk., 2008). Prinsip dari sintesis nanokomposit Ag@Fe₃O₄ menggunakan prinsip reduksi dalam penelitian ini yaitu sintesis nanopartikel magnetit secara elektrokimia kemudian sintesis komposit Ag@Fe₃O₄ yang terdiri tiga tahap (Mailu, dkk., 2010):

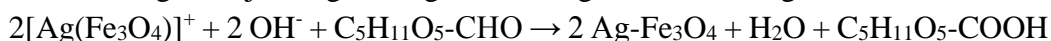
a. Pelarutan perak nitrat dalam air, sehingga terjadi disosiasi:



b. Adsorpsi ion perak pada permukaan magnetit dengan bantuan ultrasonik



c. Reduksi Ag⁺ menjadi Ag⁰ oleh glukosa dengan NaOH sebagai katalis



Sintesis magnetit dalam penelitian ini adalah sintesis dengan cara elektro-oksidasi besi dalam air (Fajaroh, dkk., 2014) dengan penambahan PEG 6000 secara *in situ*. Penambahan PEG dimaksudkan agar diperoleh partikel yang *monodisperse*, sehingga luas permukaannya meningkat. Hasil sintesis kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui karakter partikel (yang meliputi luas permukaan spesifik, ukuran dan distribusi ukuran partikel, dan kristalinitas). Nanokomposit Ag@Fe₃O₄ selanjutnya diuji potensinya sebagai antibakteri.

Bakteri yang menjadi obyek adalah *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*, karena bakteri ini mudah ditemui dalam tubuh manusia. *Staphylococcus aureus* mewakili karakteristik bakteri gram positif dan *Eschericia coli* mewakili gram negatif (Jawetz, dkk., 1996). Metode uji antibakteri yang digunakan adalah metode “difusi sumur agar” yang merupakan metode sederhana, murah, dan pengamatannya mudah. Metode “difusi sumur agar” diawali dengan membuat lubang pada agar padat yang telah diinokulasi dengan bakteri. Kemudian ke dalam lubang diinjeksikan cairan antibakteri yang akan diuji. Setelah dilakukan inkubasi selama 24 jam, pertumbuhan bakteri diamati dengan melihat ada tidaknya daerah hambatan di sekeliling lubang. Karena Ag@Fe₃O₄ hasil sintesis berbentuk padatan, maka perlu diubah dalam bentuk fluida dengan mendispersikannya dalam asam oleat dengan perbandingan massa tertentu. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh perbandingan komposisi nanokomposit Ag@Fe₃O₄ – asam oleat terhadap daya hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*.

METODE

Ada 3 tahap utama yang dilakukan pada penelitian ini: (1) Sintesis Fe₃O₄ secara elektrokimia dengan dan tanpa penambahan PEG 6000 secara *in situ* dan diikuti dengan karakterisasi XRD, SEM, BET; (2) Sintesis nanokomposit Ag@Fe₃O₄ dengan bantuan gelombang ultrasonik dan diikuti karakterisasi XRD; (3) Uji potensi nanokomposit sebagai antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*.

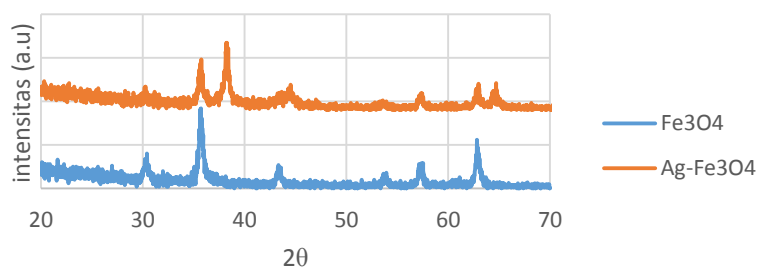
Secara lebih rinci, tahapan penelitian meliputi:

1. Sintesis nanopartikel magnetit dengan metode elektrokimia (elektro-oksidasi besi dalam air demineralisasi) dengan penambahan PEG 6000 dengan konsentrasi 0,004 M secara *in situ* pada proses sintesis
2. Pengkompositan perak dengan Fe₃O₄ menggunakan metode reduksi dengan oksidator glukosa (AgNO₃:Glukosa = 1:8) dan katalisator NaOH 0,04 M
3. Karakterisasi partikel yang dihasilkan pada tahap 2 dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared Spectrophotometry (FT-IR)*, *Brunauer-Emmett-Teller (BET)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)*, dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*.
4. Uji antibakteri dilakukan menggunakan metode “difusi sumur agar”. Ag@Fe₃O₄ didispersikan dalam asam oleat dengan komposisi bervariasi. Obyek bakteri dalam uji ini adalah *Staphylococcus aureus* dan *E-Coli*. Sebagai kontrol, juga dilakukan uji antibakteri bagi sampel-sampel: air demin, asam oleat, PEG 6000 dalam air demin, fluida magnetit dalam asam oleat, dan fluida nanokomposit Ag@Fe₃O₄ dalam asam oleat.

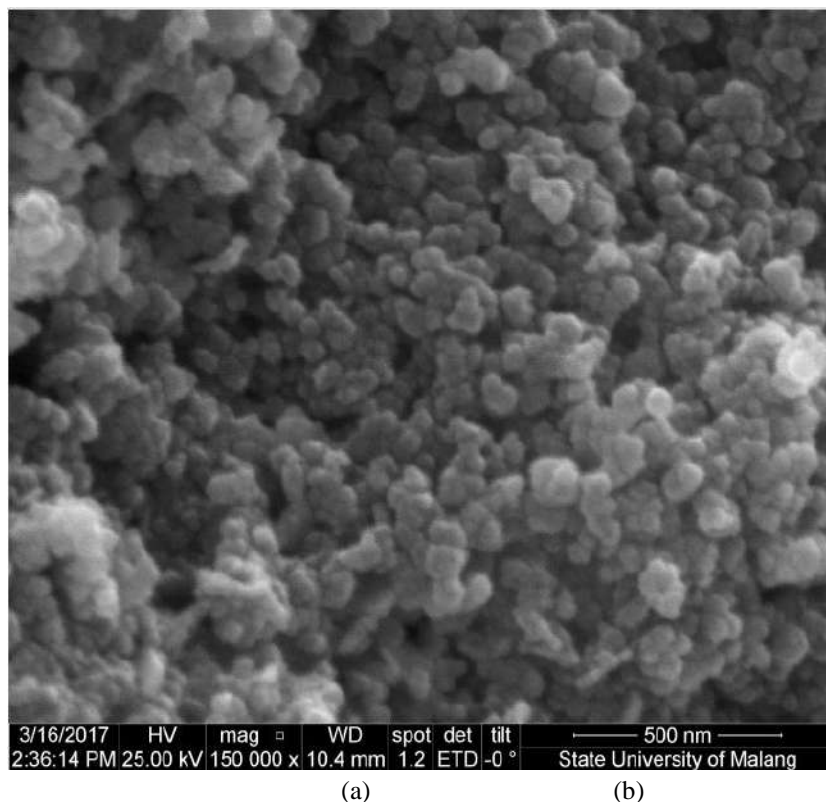
HASIL

Hasil Karakterisasi Nanokomposit

Hasil karakterisasi XRD sampai pada tahap sintesis nanokomposit Ag@Fe₃O₄ disajikan pada Gambar 1. Hasil karakterisasi SEM bagi Fe₃O₄ produk sintesis secara elektrokimia dengan dan tanpa penambahan PEG diberikan pada Gambar 2. Tabel 1 menampilkan hasil analisis BET bagi Fe₃O₄ hasil sintesis secara elektrokimia dengan dan tanpa penambahan PEG. Tabel 2 dan 3 berturut-turut menyajikan hasil uji antibakteri dan kriteria antibakteri.



Gambar 1. Hasil Analisis XRD



Fe₃O₄ dengan
template PEG

Gambar 2. Gambar SEM Ag@Fe₃O₄

Tabel 1. Hasil Analisis BET

Sampel	Luas Permukaan
Ag@Fe ₃ O ₄	391 m ² /g

Tabel 2. Hasil Uji Antibakteri

Antibakteri terhadap <i>Aureus</i>	S.	Diameter zona hambat (mm)				Rata-rata	Antibakteri terhadap <i>E. Coli</i>	S.	Diameter zona hambat (mm)				Rata-rata
		1	2	3	4				1	2	3	4	
AgNO ₃ (aq)		22,1	19,8	19,3	20,4		AgNO ₃ (aq)		19,0	19,3	18,1	18,8	
AO		4,90	5,00	4,75	4,88		AO		5,50	5,75	5,65	5,63	
Air demin		0	0	0	0		Air demin		0	0	0	0	
PEG 6000		0	0	0	0		PEG 6000		0	0	0	0	
M : AO = 1:2		6,15	5,7	6,15	6,02		M : AO = 1:2		6,40	6,45	6,45	6,43	
M : AO = 1:4		6,20	6,20	6,40	6,27		M : AO = 1:4		6,80	6,65	7,00	6,81	
M : AO = 1:6		6,9	6,75	6,6	6,75		M : AO = 1:6		7,20	7,25	7,05	7,16	
M : AO = 1:8		6,3	6,2	6,5	6,33		M : AO = 1:8		0,645	6,35	0,66	6,47	
M : AO = 1:10		6,1	6,2	6,05	6,11		M : AO = 1:10		6,25	6,4	6,35	6,33	
Ag@M:AO = 1:2		7,35	7,45	7,7	7,5		Ag@M:AO = 1:2		7,75	7,70	7,85	7,80	
Ag@M:AO = 1:4		7,95	7,95	8,05	7,98		Ag@M:AO = 1:4		8,30	8,00	8,40	8,23	
Ag@M:AO = 1:6		8,35	8,40	8,60	8,45		Ag@M:AO = 1:6		8,60	8,85	8,75	8,73	
Ag@M:AO = 1:8		7,85	7,80	7,65	7,77		Ag@M:AO = 1:8		8,00	8,30	7,95	8,08	
Ag@M:AO = 1:10		6,85	7,00	7,10	6,98		Ag@M:AO = 1:10		7,35	7,75	7,50	7,53	

Keterangan: AO = asam oleat ; M = Fe₃O₄

Tabel 3. Kriteria Antibakteri

Diameter Zona Bening (mm)	Kekuatan Hambatan Pertumbuhan
>20	Sangat kuat
10-20	Kuat
5-10	Sedang
≤5	Lemah

Sumber: Susanto (2012)

PEMBAHASAN

Hasil analisis XRD yang tersaji pada Gambar 1 dievaluasi dengan berpedoman pada kurva standar magnetit dan perak yakni *Joint Committee on Powder Diffraction Standart (JCPDS) Card No. 19-629 American mineralogist crystal structure database (AMCSD) no. 0011135*. Pola difraksi Fe₃O₄ menunjukkan adanya puncak-puncak magnetit pada $2\theta = 30,3^\circ; 35,7^\circ; 43,4^\circ; 53,8^\circ; 57,3^\circ; 62,9^\circ$ sesuai standar magnetit. Sedangkan pola XRD Ag@Fe₃O₄ menunjukkan adanya puncak magnetit pada $2\theta = 30,4^\circ; 35,6^\circ; 44,4^\circ; 53,6^\circ; 57,3^\circ; 62,9^\circ$ dan puncak perak pada $2\theta = 38,2^\circ; 44,4^\circ; 64,6^\circ$ sesuai standar. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nanokomposit Ag@Fe₃O₄ telah berhasil disintesis.

Hasil Karakterisasi SEM dengan perbesaran 150.000 kali sebagaimana tersaji dalam Gambar 2 memperlihatkan morfologi dan ukuran partikel. Tampak bahwa nanokomposit Ag@Fe₃O₄ memiliki morfologi *sferik* dengan ukuran berkisar

30-90 nm dan relatif *monodisper*. Hasil analisis BET dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa nanokomposit ini memiliki luas permukaan relatif besar, yakni 391 m²/g.

Berdasarkan Tabel 1 tampak bahwa komposisi fluida berpengaruh terhadap daya hambatnya terhadap kedua bakteri. Daya hambat optimum diperoleh dari komposisi fluida Ag@Fe₃O₄: asam oleat 1:6 untuk kedua bakteri. Komposisi asam oleat sebelum komposisi optimum ini tercapai, menunjukkan kurangnya massa asam oleat yang ditambahkan, sehingga Fe₃O₄ dan Ag@Fe₃O₄ sulit berdifusi. Sedangkan pada perbandingan massa Fe₃O₄ : asam oleat dan Ag@Fe₃O₄ : asam oleat yang lebih besar dari titik optimum, menyebabkan berlebuhnya asam oleat, sehingga yang lebih banyak berdifusi hanya asam oleat, bukan Fe₃O₄ maupun Ag@Fe₃O₄. Hal ini dibuktikan dengan bentuk zona bening yang ditimbulkan mirip dengan bentuk zona bening yang ditimbulkan asam oleat. Daya hambat fluida Fe₃O₄ dan Ag@Fe₃O₄ lebih besar terhadap bakteri *Escherichia coli* daripada *Staphylococcus aureus*, hal ini dikarenakan asam oleat berinteraksi dengan lipid pada membran luar bakteri *Escherichia coli* sehingga lebih mudah menembus dinding sel *Escherichia coli* daripada *Staphylococcus aureus*. Namun sebaliknya, larutan AgNO₃ menunjukkan daya hambat yang lebih besar pada bakteri *Staphylococcus aureus* daripada *Escherichia coli*, karena penyusun dinding sel *Staphylococcus aureus* tidak memiliki membran luar sehingga zat antibakteri mudah masuk. Dengan berpedoman pada Tabel 2, daya hambat fluida Fe₃O₄ dan Ag@Fe₃O₄ dalam asam oleat termasuk dalam kategori sedang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komposisi fluida berpengaruh terhadap daya hambatnya terhadap kedua bakteri. Daya hambat optimum diperoleh dari komposisi fluida Ag@Fe₃O₄: asam oleat 1:6 untuk kedua bakteri. Daya hambat fluida Fe₃O₄ dan Ag-Fe₃O₄ lebih besar terhadap bakteri *Escherichia coli* daripada *Staphylococcus aureus*, hal ini dikarenakan asam oleat berinteraksi dengan lipid pada membran luar bakteri *Escherichia coli* sehingga lebih mudah menembus dinding sel *Escherichia coli* daripada *Staphylococcus aureus*.

DAFTAR RUJUKAN

- Cabrera, L., Gutierrez, S., Menendez, N., Morales, M.P., & Herrasti, P. 2008. Magnetite Nanoparticles: Electrochemical Synthesis and Characterization. *Electrochimica Acta*, (53): 34-36.
- Fajaroh, F., Sutrisno, Nazriati, & Wonorahardjo, S. 2014. To Enhance The Purity and Crystallinity of Magnetite Nanoparticles Prepared by Surfactant-Free Electrochemical Method by Imposing Higher Voltage. *AIP Proceeding*. 1586:179.
- Jawetz, E., Melnick, J. L., & Adelberg, E. A. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran edisi 20*. Terjemahan Nugroho, E. & Maulani R.F. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

- Lunhong, Chunmei, Z., & Qinmin, W. 2011. One-Step Solvothermal Synthesis of Ag-Fe₃O₄ Composite as a Magnetically Recyclable Catalyst for Reduction of Rhodamine B. *Catalysis Communication*, 14: 68-73.
- Mailu, S.N., Tesfaye, T.W., Peter, M., Ndangili., Fanelwa, R., Ngece, A.A., Baleg, P., Baker, G., & Emmanuel, I.I. 2010. Determination of Atracene on Ag-Au Alloy Nanoparticles Overoxidized-Polypyrrole Composite Modified Glassy Carbon Electrodes. *Sensors*, 10: 9449-9465.
- Susanto, Sudrajat D., & Ruga R. 2012, Studi Bandungan bahan Aktif Tumbuhan Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq) sebagai Sumber Senyawa Antibakteri. *Mulawarman Scientific*. 11(2):181-90.

Sumari, dkk_Kimia Fisika

Pemanfaatan Zeolit Alam/Ni Sebagai Katalis pada Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa dengan Bantuan Ultrasonik

Sumari, Yahmin, Fauziatul Fajaroh, Funky
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: sumari.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek katalis zeolit alam/Ni pada hidrolisis selulosa menjadi glukosa dengan bantuan gelombang ultrasonik. Zeolit alam yang digunakan berasal dari Malang selatan. Zeolit alam ditumbuk dengan diayak untuk memperoleh partikel dengan ukuran 100 mesh. Partikel zeolit diaktivasi dengan cara dipanaskan pada furnace pada suhu 500°C selama 5 jam. Sebagian zeolit alam teraktivasi diimpregnasi dengan logam Ni dengan cara direfluks dengan larutan NiCl₂ selama 24 jam kemudian disaring. Residu dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 4 jam, lalu dipanaskan dalam furnace pada suhu 500°C selama 5 jam. Katalis dengan atau tanpa impregnasi Ni yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD dan BET. Katalis tersebut digunakan untuk hidrolisis selulosa yang dilakukan pada suhu 70°C selama 2 dan 4 jam dengan bantuan gelombang ultrasonik 42 kHz. Produk hasil hidrolisis dianalisis secara kualitatif menggunakan pereaksi Fehling dan secara kuantitatif menggunakan pereaksi Nelson-Somogyi melalui metode spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam Malang yang digunakan berjenis Mordenit (MOR) dengan luas permukaan 99,096 m²/g, diameter rerata pori 0,80393 nm dan volume total pori 1,992x10⁻² cc/g. Impregnasi logam Ni dapat menurunkan baik luas permukaan, tetapi meningkatkan diameter rerata pori dan volume total pori. Hasil uji Fehling menunjukkan produk hidrolisis selulosa mengandung glukosa. Hidrolisis selulosa menggunakan katalis Zeolit Alam Aktif (ZAA) menghasilkan glukosa dengan rendemen tertinggi yaitu 0,967 %w/w. Ultrasonikasi suspensi tanpa katalis dapat menyebabkan hidrolisis selulosa menjadi glukosa tetapi hasilnya jauh lebih kecil daripada hidrolisis selulosa menggunakan ZAA dan ultrasonikasi.

Kata kunci: hidrolisis selulosa, katalis zeolit/Ni, mordenit, sonikasi

Abstarct: This study aims to determine the effect of natural zeolite catalyst / Ni on cellulose hydrolysis to glucose with the help of ultrasonic waves. Natural zeolite used came from south Malang. Natural zeolite is pounded with sieves to obtain particles of 100 mesh size. The zeolite particles were activated by heating the furnace at a temperature of 500 ° C for 5 hours. Part of the activated zeolite is impregnated with Ni metal by reflux with NiCl₂ solution for 24 hours then filtered. The residue was dried in an oven at 110 ° C for 4 hours, then heated in a furnace at 500 ° C for 5 hours. The catalyst with or without Ni impregnation obtained was characterized using XRD and BET. The catalyst is used for cellulose hydrolysis conducted at 70 ° C for 2 and 4 hours with the help of 42 kHz ultrasonic waves. The product of hydrolysis was analyzed qualitatively using Fehling reagent and quantitatively using Nelson-Somogyi reagent through spectrophotometric method. The results showed that the natural zeolite of Malang

used was Mordenite (MOR) with surface area 99,096 m² / g, pore mean diameter 0,80393 nm and total pore volume 1,992x10⁻² cc / g. Ni metal impregnation can decrease both surface area, but increase pore mean diameter and total pore volume. Fehling test results showed cellulose hydrolysis product containing glucose. Cellulose hydrolysis using Active Natural Zeolite catalyst (ZAA) produced glucose with the highest yield of 0.967% w/w. Ultrasonication of the suspension without catalyst could cause cellulose hydrolysis to glucose but the result was much smaller than cellulose hydrolysis using ZAA and ultrasonication.

Keywords: cellulose hydrolysis, zeolite / Ni catalyst, mordenite, sonication

Selulosa merupakan biopolimer terbarukan yang keberadaannya sangat melimpah. Poliglukosa ini dapat diperoleh dari limbah biomassa dengan cara hidrolisis. Melimpahnya limbah biomassa di Indonesia, yang merupakan sumber glukosa, yang mencapai kurang lebih 148 juta ton per tahun (ZREU, 2000), memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber utama glukosa. Lebih jauh penggunaan bahan baku selulosa pada sintesis glukosa ini tidak berkompetisi dengan bahan makanan dan merupakan sumber daya alam terbarukan.

Kebutuhan glukosa setiap tahun makin meningkat karena pemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia yang semakin luas maka produksi glukosa dengan bahan baku selulosa semakin menarik untuk dikaji. Glukosa ini merupakan bahan baku sintesis vitamin C melalui *Reichstein process*, asam sitrat, asam glukonat, asam polilaktat, sorbitol, dan bioetanol yang merupakan bahan bakar energi terbarukan (Schenck, 2006)

Selulosa tersusun atas monomer glukosa yang apabila dihidrolis dapat terurai menjadi glukosa sebagai produk utama dan sebagian lainnya berupa oligosakarida. Beberapa metode hidrolisis dikembangkan para ahli antara lain metode enzimatik, metode hidrotermal, metode hidrotermal dengan katalis asam kuat, metode hidrotermal dengan bantuan ultrasonik.

Yeh dkk. (2010) mempelajari efek ukuran partikel selulosa terhadap persen yield glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa. Ketika ukuran selulosa diperkecil sampai ukuran submikro kemudian dilakukan fermentasi dengan enzim cellulase selama 10 jam dihasilkan persen yield glukosa hingga 60%. Namun demikian perlakuan awal penggilingan hingga ukuran submikro perlu waktu lebih lama dan juga memerlukan peralatan yang memadai. Demikian juga menjaga kondisi pH dan suhu fermentasi selama 10 jam juga membutuhkan pengawasan ekstra.

Metode hidrotermal dengan berbagai variasinya juga telah berhasil menghidrolisis selulosa menjadi glukosa (Minowa, dkk., 1998; Sasaki, dkk., 1998; Ehara & Saka, 2005; Kamio, dkk., 2008; Zhao, dkk., 2009; Sumari, dkk., 2014). Metode ini memiliki kelebihan ramah lingkungan, prosesnya cepat, dan separasi produk glukosa dari reaktan lain mudah karena pereaksinya hanya air. Tetapi kendalanya adalah proses hidrotermal yang saat ini dikembangkan beroperasi pada

tekanan dan suhu tinggi (25 atm dan suhu di atas titik kritis air). Oleh karena itu, masih perlu dilakukan rekayasa metode hidrolisis selulosa menjadi glukosa sehingga proses tersebut lebih mudah dan diharapkan diperoleh yield yang tinggi.

Di lain pihak, Setiadi dan Pertiwi (2007) melaporkan bahwa zeolit alam Malang memiliki kandungan mordenit yang cukup tinggi yaitu sebesar 44,1%. Sifat zeolit sebagai katalis ditunjukkan dengan ukuran pori-pori dan volume kosong yang besar. Keuntungan yang didapatkan bila menggunakan zeolit sebagai katalis adalah mempunyai waktu pemakaian yang lebih panjang bila dibandingkan dengan bahan katalis lainnya (Harapan, 2006). Katalis zeolit HZSM-5 dapat digunakan untuk hidrolisis selulosa menjadi 5-Hydroxymethylfurfural (Kakasaheb, dkk., 2014). Namun demikian katalis zeolit khususnya HZSM-5 harganya mahal. Katalis ini terdapat dipasaran internasional memiliki harga Rp 5.600.000/ kg (1 USD= Rp 13.000) dan jumlahnya terbatas, hanya dapat dibeli maksimal 5 kg untuk setiap order. Oleh karena itu, adanya zeolit alam di Malang meskipun tidak murni perlu dieksplorasi dan diteliti untuk keperluan hidrolisis selulosa dengan cara memodifikasinya.

Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa ultrasonikasi polimer mampu memperkecil ukuran selulosa (Sumari, dkk., 2013). Penelitian sejenis juga menunjukkan bahwa ultrasonikasi dapat menurunkan viskositas intrinsik atau berat molekul makromolekul (Zhou, dkk., 1997; Ostlund & Striegel, 2008, Mohod & Gogate, 2010; Goodwin, 2010). Dengan demikian pemanfaatan ultrasonik diharapkan dapat membantu meningkatkan efektivitas proses dan mempermudah dan mempercepat reaksi hidrolisis selulosa menjadi glukosa serta diperoleh yield yang lebih tinggi. Pada penelitian ini selulosa dihidrolisis menggunakan katalis zeolit alam yang diaktivasi secara fisika dan ketika proses hidrolisis disertai proses ultrasonikasi. Melalui kombinasi penggunaan katalis dan bantuan ultrasonikasi ketika hidrolisis diharapkan proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa bisa berlangsung. Proses hidrolisis yang dilakukan pada tekanan dan suhu ruang ini diharapkan menjadi pijakan awal proses hidrolisis yang lebih *feasible* untuk dilanjutkan pada proses hidrolisis dengan skala yang lebih besar.

METODE

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah mortar, pastle, ayakan 100 mesh, corong, kertas saring, oven, furnace, instrumen XRD (pananalytical, type: e'xpert pro), instrumen BET (quantachrome instruments version 10.01), cawan krusibel, pH universal, spektrofotometer, instrumen ultrasonik (Bransonik 1510), kondensor, selang, labu alas bulat, gelas kimia 25 mL, 50 mL, 75 mL, 100 mL dan 500 mL, pipet tetes, magnetik stirrer, gelas ukur 5 mL dan 100 ml, botol semprot 250 mL, Erlenmeyer 100 mL dan 250 mL, thermometer 100oC dan 200oC, spatula, kaca arloji, batang pengaduk, neraca analitik, sendok, mantel, sentrifuge, tabung reaksi, kertas saring, kertas saring whattman, labu takar 25 mL, 50 mL, 100 mL, dan 500 mL.

Bahan

Bahan yang diperlukan adalah zeolit alam asal Malang, air demineralisasi, akuades, dengan bahan kimia berderajat p.a selulosa mikrokristalin, serbuk nikel klorida, gas nitrogen, asam sulfat pekat 96%, natrium karbonat anhidrat, garam roschella, ammonium molibdat, natrium sulfat anhidrat, tembaga (II) sulfat pentahidrat, natrium hidroksida, tembaga sulfat, natrium sitrat, natrium arsenat, glukosa anhidrat, dan.

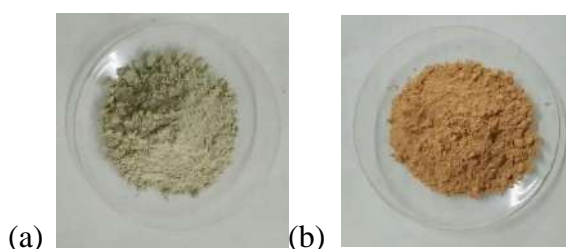
Prosedur

Penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu 1) penumbukan, pengayakan, aktivasi, dan karakterisasi katalis zeolit alam aktif, 2) impregnasi Ni dan karakterisasi katalis zeolit alam aktif/Ni, 3) hidrolisis selulosa tanpa katalis, dengan katalis zeolit alam aktif, dan dengan katalis zeolit alam aktif/Ni, 4) Analisis produk hasil hidrolisis selulosa. Hidrolisis selulosa dilakukan menggunakan bantuan ultrasonik dengan variasi jenis katalis dan waktu ultrasonikasi. Karakterisasi katalis dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* dan *Brunauer Emmet Teller (BET)*. Produk hasil hidrolisis selulosa dianalisis secara kualitatif menggunakan pereaksi Fehling untuk mengetahui terbentuknya glukosa dan dianalisis secara kuantitatif menggunakan pereaksi Nelson-Somogyi melalui metode spektrofotometri untuk mengetahui rendemen glukosa (%w/w) yang dihasilkan.

HASIL

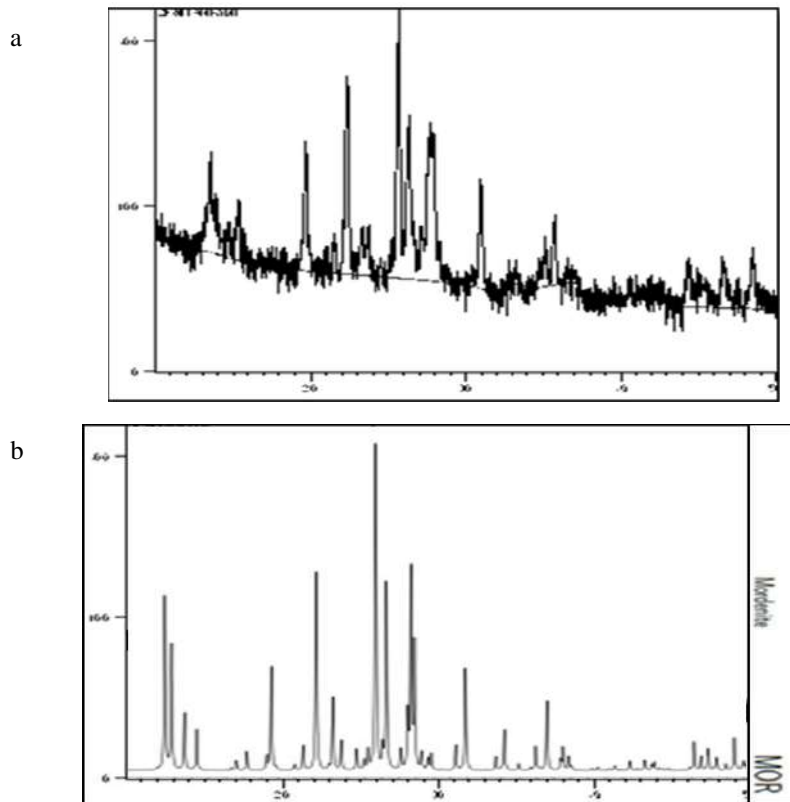
Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam yang telah mendapatkan perlakuan kalsinasi mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Zeolit Alam Ukuran 100 Mesh Sebelum Kalsinasi (a) dan Sesudah Kalsinasi (b)

Hasil Difragtogram X-Ray Diffraction (XRD) zeolit alam dibandingkan dengan difragtogram zeolit alam standar yang ada pada *Joint Committee for Powder Diffraction Standard (JCPDS)* ditunjukkan pada Gambar 2. Data posisi 2θ dan d -spacing untuk kedua jenis zeolit alam dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. (a) Profil Difraktogram Zeolit Alam (b) Profil Difraktogram Zeolit Jenis Mordenit (MOR) (Treacy & Higgins, 2001)

Tabel 2. Posisi 2θ dan d-spacing Zeolit Alam Aktif Malang Dan Zeolit Mordenit

Zeolit Alam Aktif Malang		(Jenis Zeolit Mordenit (MOR))	
Pos. 2θ	d-spacing [Å]	Pos. 2θ	d-spacing [Å]
13.5304	6.54440	13.45	6.584
15.3274	5.78095	15.30	5.791
19.6883	4.50923	19.61	4.527
21.4775	4.13746	21.45	4.142
22.3403	3.97959	22.20	4.004
23.6968	3.75475	23.64	3.764
25.7064	3.46561	25.63	3.476
26.3572	3.38149	26.25	3.395
27.7013	3.22040	27.67	3.223
27.9471	3.19263	27.87	3.201
30.9656	2.88795	30.89	2.894
35.7339	2.51277	35.61	2.521
44.3743	2.04150	44.13	2.053
46.6091	1.94869	46.58	1.950
48.4777	1.87785	48.45	1.879

Hasil karakterisasi zeolit alam aktif dan Zeolit alam aktif/Ni menggunakan metode Brunauer Emmet Teller (BET) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Karakterisasi Katalis dengan BET

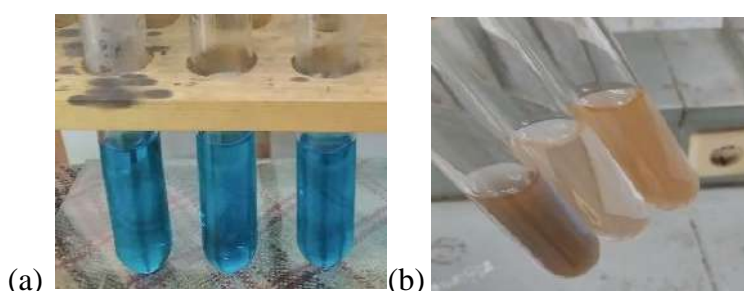
Katalis	Luas permukaan (m ² /g)	Diameter rerata pori (nm)	Volume Total pori (cm ³ /g)
ZAA	99,096	0,804	1,992x10 ⁻²
ZAA/Ni	23,250	3,373	1,256x10 ⁻¹

Keterangan:

ZAA : Zeolit alam aktif
 ZAA/Ni : Zeolit alam aktif/Ni

Hidrolisis Selulosa dengan Zeolit

Produk hidrolisis selulosa dianalisis secara kualitatif dengan pereaksi Fehling seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Produk Hasil Hidrolisis dengan Pereaksi Fehling Sebelum Pemanasan (A) dan Setelah Pemanasan (b)

Secara lebih rinci hasil uji secara kualitatif dan kuantitatif filtrat produk hidrolisis dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Uji Secara Kualitatif dan Kuantitatif Produk Hasil Hidrolisis Selulosa

Jenis katalis	Massa katalis (g)	Waktu (jam)	Perubahan warna dengan Fehling		Absorbansi (A)
			awal	akhir	
TK	0	2	Biru	Merah bata	0,015
	0	4	Biru	Merah bata	0,106
ZAA	3,028	2	Biru	Merah bata	0,362
	3,029	4	Biru	Merah bata	0,438
Ni-ZAA	3,037	2	Biru	Merah bata	0,215
	3,048	4	Biru	Merah bata	0,293

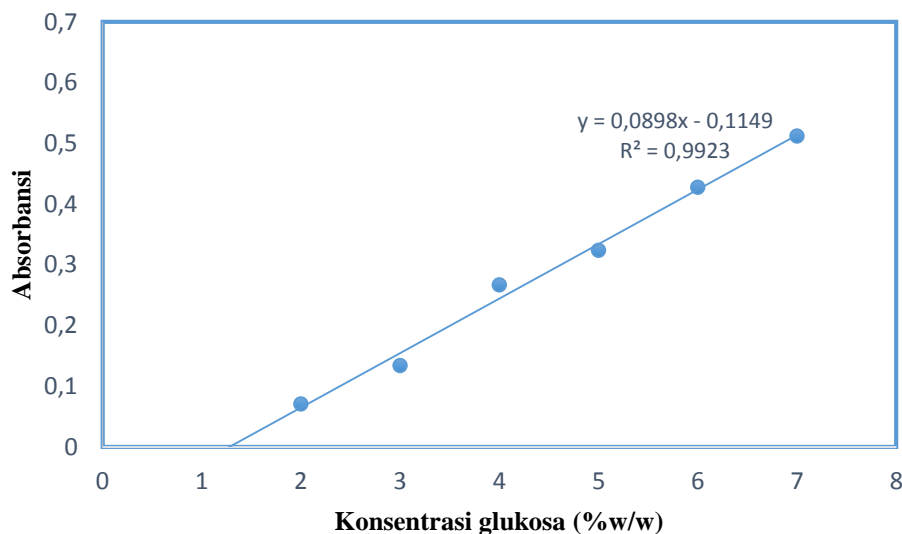
Keterangan:

TK : Tanpa katalis
 ZAA : Zeolit alam aktif
 ZAA/Ni : Zeolit alam aktif/Ni

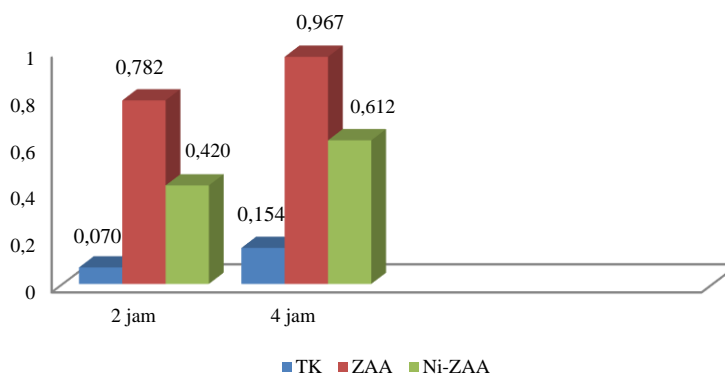
Rendemen produk hasil hidrolisis selulosa yang berupa glukosa dihitung dengan cara mengkalikan data absorbansi filtrat produk hidrolisis pada grafik Absorbansi larutan glukosa standar yang direaksikan dengan pereaksi Nelson-Somogyi. Grafik absorbansi larutan glukosa standar sebagai fungsi konsentrasi (%w/w) ditunjukkan pada Gambar 5.

Dengan mengkalikan data absorbansi masing-masing filtrat produk hidrolisis pada grafik larutan glukosa standar maka dapat ditentukan konsentrasi glukosa produk

hidrolisis tersebut. Hasil perhitungan rendemen glukosa pada hidrolisis selulosa sebagai fungsi katalis dan waktu ultrasonikasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Absorbansi Larutan Glukosa Standar pada Berbagai Konsentrasi



Gambar 6. Grafik Hasil Rendemen Glukosa (%w/w) sebagai Fungsi Waktu dan Jenis Katalis pada Hidrolisis Selulosa

PEMBAHASAN

Preparasi dan Karakterisasi Zeolit

Proses aktivasi zeolit melalui pemanasan pada suhu tinggi menyebabkan pelepasan air sehingga ukuran pori dan luas permukaan pori-pori zeolit bertambah dengan meningkatkan kemampuannya sebagai katalis merujuk Firdaus dkk. (2013), proses aktivasi menurut Junaidi (2012) dapat menaikkan daya serap dan daya tukarnya.

Analisis zeolit alam menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dimaksudkan untuk mengetahui struktur zeolit. Setelah membandingkan dengan beberapa jenis difraktogram zeolit yang ada pada JCPDS, menunjukkan bahwa zeolit alam yang digunakan pada penelitian ini mempunyai kemiripan dengan jenis zeolit Mordenit

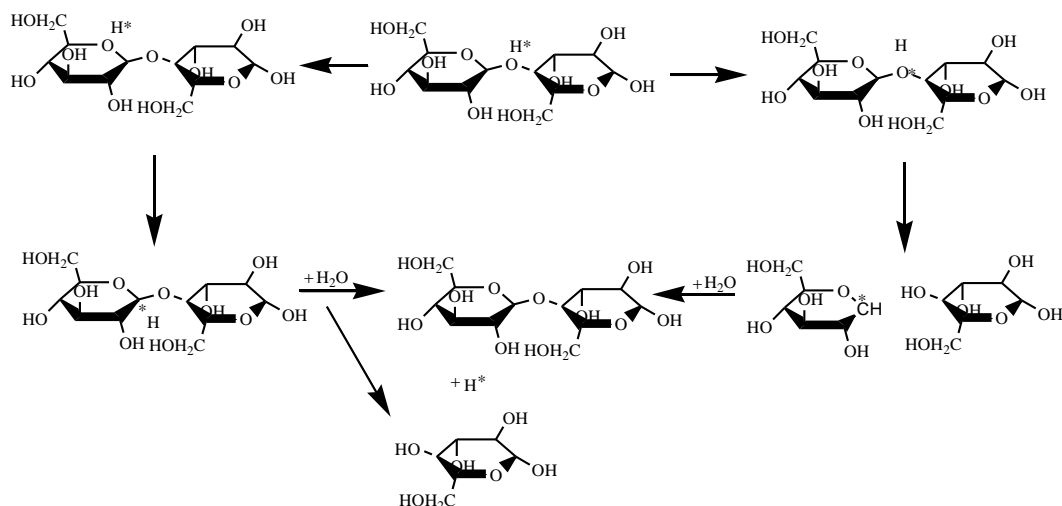
(MOR) seperti terlihat pada Gambar 2. Berdasarkan kedua gambar difragtogram zeolit alam aktif dan difragtogram zeolit alam jenis Mordenit (MOR) menunjukkan bahwa difragtogram dari zeolit alam aktif mempunyai bentuk yang hampir mirip dengan difragtogram jenis zeolit alam yaitu Mordenit (MOR) sesuai dengan posisi 2θ dan d-spacing pada setiap sudutnya. Hal ini didukung data posisi 2θ dan d-spacing dari zeolit alam yang menunjukkan kemiripan angka jika dibandingkan dengan posisi 2θ dan d-spacing yang ada pada jenis zeolit Mordenit (MOR). Berdasarkan Tabel 2 di atas, semua sudut 2θ dan d-spacing kedua zeolit menunjukkan kemiripan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa zeolit alam aktif yang digunakan pada penelitian ini merupakan zeolit alam berjenis Mordenit (MOR). Zeolit Mordenit (MOR) ini merupakan zeolit yang stabil terhadap asam maupun panas (Junaidi, 2012).

Karakterisasi katalis zeolit alam aktif dilakukan dengan menggunakan metode Brunauer Emmet Teller (BET). Dari Tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa katalis zeolit alam aktif mempunyai luas permukaan yang lebih besar ($99.096 \text{ m}^2/\text{g}$) dibandingkan dengan zeolit alam aktif/Ni ($23.250 \text{ m}^2/\text{g}$). Tetapi sebaliknya diameter rerata pori ZAA (0.804 nm) menunjukkan lebih kecil dibandingkan dengan diameter rerata pori zeolit alam aktif/Ni ($3,373 \text{ nm}$). Demikian juga volume total pori ZAA ($1,992 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{g}$) menunjukkan lebih kecil daripada volume total pori ZAA/Ni ($1.256 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{g}$). Dengan demikian dapat dikatakan, bahwa dengan adanya logam Ni yang diimpregnasikan menyebabkan diameter pori dan volume total pori makin besar tetapi sebaliknya menurunkan luas permukaannya.

Hidrolisis Selulosa Menggunakan Zeolit

Hasil analisis pada gambar 3 menunjukkan adanya perubahan warna dari biru menjadi merah bata. Hal ini menandakan bahwa produk hasil hidrolisis selulosa mengandung glukosa. Mekanisme reaksi yang diusulkan ini dengan asumsi mirip dengan mekanisme pemutusan ikatan glikosidik sebagaimana yang diusulkan oleh Sasaki dkk. (1998). Dengan terbentuknya glukosa dari hidrolisis selulosa dapat diprediksikan pemutusan ikatan glikosidik melalui penangkapan ion hidrogen. Mekanisme reaksi hidrolisisnya seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 6 menunjukkan bahwa katalis ZAA memberikan rendemen tertinggi. Impregnasi Ni pada ZAA justru menurunkan rendemen glukosa yang diperoleh. Bila dihubungkan dengan karakteristik katalis, menunjukkan bahwa luas permukaan katalis zeolit lebih berperan dalam mempercepat reaksi daripada diameter dan volume total pori. Impregnasi Ni menurunkan luas permukaan katalis ZAA (Tabel 3), ternyata menyebabkan penurunan proses hidrolisis sehingga rendemen glukosa yang dihasilkan lebih rendah. Selain itu, makin lama proses hidrolisis makin banyak produk glukosa yang dihasilkan. Namun demikian, waktu hidrolisis paling lama adalah 4 jam diduga masih belum dicapai titik optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui waktu optimalnya ketika proses hidrolisis dilakukan pada kondisi tersebut.



Gambar 4. Mekanisme Reaksi Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa

Temuan lain dalam penelitian ini adalah, bahwa ultrasonikasi dapat menyebabkan proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa meskipun tanpa katalis ZAA, tetapi rendemen hasil hidrolisis jauh lebih rendah daripada proses hidrolisis menggunakan katalis ZAA. Efek yang mirip dengan penggunaan katalis, makin lama ultrasonikasi tanpa katalis dihasilkan makin banyak rendemen glukosa yang dihasilkan. Pada penelitian ini, digunakan ultrasonik batch dengan frekuensi 42 kHz. Berdasarkan hasil penelitian ini bahwa ultrasonik saja bisa menyebabkan terjadinya hidrolisis selulosa, maka perlu dilakukan studi lebih lanjut penggunaan ultrasonik untuk hidrolisis selulosa dengan menggunakan jenis ultrasonik lain seperti ultrasonik *Horn* atau tetap ultrasonik bath tetapi dengan frekuensi yang lebih tinggi dan dapat divariasikan sehingga dapat diperoleh proses optimalnya.

SIMPULAN

Jenis Zeolit alam Malang adalah Mordenit (MOR). Impregnasi logam Ni dapat menurunkan luas permukaan, tetapi meningkatkan diameter rerata pori, dan volume total pori. Hidrolisis selulosa menggunakan ZAA dengan bantuan ultrasonik menghasilkan rendemen glukosa lebih tinggi daripada hidrolisis selulosa menggunakan katalis ZAA/Ni. Hidrolisis selulosa berbantuan ultrasonik selama 4 jam dihasilkan rendemen glukosa yang lebih tinggi dibandingkan waktu hidrolisis selama 2 jam. Ultrasonikasi tanpa katalis dapat menghidrolisis selulosa menjadi glukosa tetapi diperoleh rendemen yang jauh lebih rendah daripada ZAA dan ultrasonikasi untuk waktu hidrolisis yang sama.

DAFTAR RUJUKAN

Ehara, K. & Saka, S., 2005. Decomposition Behavior of Cellulose in Supercritical Water, Subcritical Water and Their Combined Treatments. *J Wood Sci*, 51: 148–153.

- Firdaus, L.H., Adit, R.W., & Widayat. 2013. Pembuatan Katalis H-Zeolit dengan Impregnasi KI/KIO₃ dan Uji Kinerja Katalis untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2 (2): 148-154.
- Goodwin D.J., Picout D.R., Ross-Murphy S.B., Holland S.J., Martini L.G. & Lawrence M.J. 2011. Ultrasonic Degradation for Molecular Weight Reduction of Pharmaceutical Cellulose Ethers. *Carbohydrate Polymers*, 83:843-851.
- Harapan, S. 2006. *Kajian Bahan Galian Zeolit untuk dimanfaatkan sebagai Bahan Baku Pupuk*. Laporan Akhir: Medan Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara.
- Junaidi, H. F. 2012. *Uji Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H5NZA dalam Proses Hidrorengkah Metil Ester Minyak Kelapa Sawit (MEPO) menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek*. Skripsi tidak diterbitkan. Jember: Universitas Jember.
- Kakasaheb, Y.N., Nitish, D.G., Pratika, T., Sanjay, D.S., Vishal, P.Z., & Vijay, V.B. 2014. One-Pot Synthesis of 5-Hydroxymethylfurfural by Cellulose Hydrolysis over Highly Active Bimodal Micro/Mesoporous H-ZSM-5 Catalyst. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2 (7): 1928–1932.
- Kamio, E., Takahashi, S., Noda, H., Fukuhara, Ch., & Okamura, T. 2008. Effect of Heating Rate on Liquefaction of Cellulose by Hot Compressed Water. *Chemical Engineering Journal*, 137: 328–338.
- Minowa, T., Fangzhen, & Ogi, T. 1998. Cellulose Decomposition in Hot Compressed Water with Alkali or Nickel Catalyst. *Jurnal of supercritical fluids*, 13: 253-259.
- Mohod, A.V. & Gogate, P.R. 2010. Ultrasonic Degradation of Polymers: Effect of Operating Parameters and Intensification Using Additives for Carboxymethyl Cellulose (CMC) and Polyvinyl Alcohol (PVA). *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(3): 727-734.
- Ostlund, S.G. & Striegel, A.M. 2008. Ultrasonic Degradation of Poly(γ -Benzyl-L-Glutamate): An Archetypal Highly Extended Polymer. *Polymer Degradation and Stability*, 93: 1510–1514.
- Sasaki, M., Kabyemela, B., Malaluan, R., Hirose, S., Takeda, N., Adschiri, T., & Arai, K. 1998. Cellulose Hydrolysis in Subcritical and Supercritical Water. *Jurnal Supercritical fluid*, 13: 261-268.
- Schenck, F.W. 2006. *Glucose and Glucose-Containing Syrups in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH: Weinheim.
- Setiadi & Pertiwi, A. 2007. Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam untuk Konversi senyawa ABE menjadi Hidrokarbon, Prosiding Konggres dan Simposium Nasional Kedua MKICS, ISSN: 0216-4183, 1-4.
- Sumari, S., Achmad, R., & Sumarno, S. 2014. *Hydrothermal Methods for Hydrolysis Cellulose to Glucose and/or Oligosaccharide: A Comparative*

Study with and Without Ultrasound Pretreatment. Proceeding 9th Joint Conference UNDIP, November 12-13 2014, Semarang, Indonesia.

- Sumari, S., Roesyadi, A., & Sumarno, S. 2013. Effect of Ultrasound on The Morphology, Particle Size, Crystallinity and Crystallite Size of Cellulose. *Scientific Study and Research Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 14(4): 229-239.
- Treacy, M.M.J & Higgins, J.B. 2001. *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*. Elsevier: Published on behalf of the Structure Commission of the International Zeolit Association Fourth Revised Edition.
- Yeh, A.I., Huang, Y., & Chen, S.H. 2010. Effect of Particle Size on the Rate of Enzymatic Hydrolysis of Cellulose, *Carbohydrate Polymers*, 79, 192-199.
- Zhao, Y., Lu, W.J., & Wang, H.T. 2009. Supercritical Hydrolysis of Cellulose for Oligosaccharide Production in Combined Technology. *Chemical Engineering Journal*, 150: 411-417.
- Zhou, X., Lin, Q., Dai, G., & Ji, F. 1997. Ultrasonic Degradation of Polysilane Polymer. *Polymer Degradation and Stability*, 60: 409-413.
- ZREU (*Zentrum fur rationell Energieanwendung und Umwelt GmbH*). 2000. *Biomass in Indonesia-Business Guide*. German Energy Saving Project.

Kuntari, dkk_Kimia Organik

Kajian Pengaruh Waktu dan pH Optimum dalam Adsorpsi *Methyl Violet* dan *Methylene Blue* Menggunakan Abu Daun Bambu

Kuntari, Naela Salsa Bila, Meidi Yuwono
Program Studi DIII Analisis Kimia, Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang Km, 14,5 Sleman Yogyakarta 55584
e-mail : bilanailasalsa@gmail.com

Abstrak: Telah dilakukan adsorpsi *methyl violet* dan *methylene blue* menggunakan abu daun bambu. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi adsorben dengan spektrofotometri FT-IR dan adsorpsi dengan parameter yang dipelajari adalah waktu interaksi dan pH. Konsentrasi zat warna ditentukan dengan metode spektrofotometri UV-vis. Spektra FT-IR yang dihasilkan menunjukkan bahwa adsorben memiliki serapan karakteristik yang berasal dari gugus Si-O dan Al-O. Hasil adsorpsi menunjukkan bahwa adsorpsi *methyl violet* optimum pada waktu kontak 12 menit dan pH 11 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 22,8738 mg/g dan adsorpsi *methylene blue* optimum pada waktu kontak 8 menit dan pH 11 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 17,9989 mg/g.

Kata kunci: abu daun bambu, *methyl violet*, *methylene blue*, adsorpsi

Abstract: Methyl violet and methylene blue adsorption have been done using bamboo leaf ash. This study aimed to characterize the adsorbent with FT-IR spectrophotometry and adsorption with the parameters studied were interaction time and pH. The concentration of the dye was determined by UV-vis spectrophotometry method. The result of FT-IR spectra show that the adsorbent had characteristic absorption derived from Si-O and Al-O groups. The adsorption results showed that optimum methyl violet adsorption at 12 minutes and pH 11 with adsorption capacity of 22.8738 mg/g and optimum methylene blue adsorption at contact time of 8 minutes and pH 11 with adsorption capacity of 17.9989 mg/g.

Keywords: ash bamboo leaves, methyl violet, methylene blue, adsorption

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu masalah utama dalam kehidupan modern. Salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang ada di sekitar kita adalah pencemaran akibat penggunaan zat pewarna. Zat warna *methyl violet* dan *methylene blue* merupakan zat warna yang banyak digunakan dalam bidang industri. *Methyl violet* merupakan salah satu zat warna yang digunakan untuk pewarnaan tekstil yang merupakan zat warna dengan karbon-nitrogen pada gugus benzena. Gugus benzena sangat sulit didegradasi, walaupun dapat didegradasi membutuhkan waktu yang lama (Cristina, dkk., 2007). Zat warna *methylene blue*

merupakan salah satu zat warna dasar penting yang banyak digunakan dalam industri tekstil untuk pewarna kapas dan sutra (Muthuraman, dkk., 2009). Pengolahan limbah yang mengandung zat warna perlu dilakukan, karena jika tidak maka dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Beberapa tahun terakhir metode pengolahan secara fisika, kimia dan perawatan biologis telah banyak digunakan untuk penghapusan pewarna dari larutan air atau limbah air seperti, koagulasi-flokulasi (Tan, dkk., 2000), proses Fenton (Behnajady, dkk., 2007), dan degradasi elektrokimia (Fan, dkk, 2008). Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif adalah salah satu teknik yang paling efektif dan digunakan secara luas pada berbagai jenis bahan pewarna (Crini, 2006). Namun, penggunaan karbon aktif sangat terbatas karena tingginya biaya yang diperlukan. Oleh karena itu, banyak alternatif murah dengan adsorben dari bahan yang tersedia seperti biosorben dan bahan limbah dari industri dan pertanian.

Dalam penelitian ini adsorben yang diusulkan adalah abu daun bambu untuk mengurangi konsentrasi zat warna *methylene blue* dan *methyl violet*. Ketersediaan bahan baku yang melimpah dan kadar silika yang tinggi diharapkan abu daun bambu mampu mengadsorpsi zat warna *methyl violet* dan *methylene blue*. Penentuan absorbansi dari zat warna *methylene blue* dan *methyl violet* menggunakan spektrofotometri UV-Visibel serta abu daun bambu dikarakterisasi dengan FT-IR.

METODE

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah daun bambu, *methyl violet*, *methylene blue*, larutan buffer, HCl 2N, NaOH 0,1N dan akuades. Alat yang digunakan adalah neraca analitik (OHAUS), oven, furnace, cawan porselen, FT-IR (Perkin Elmer FT-IR *spectrometer* Nicolet Avatar 360 IR), *shaker* (VRN-200), pH meter, Instrumen spektrofotometri UV-Vis (THERMO/GENESYS 20).

Prosedur penelitian meliputi preparasi adsorben, karakterisasi adsorben dan proses adsorpsi. Adsorben dipreparasi dari daun bambu kering dipotong kecil-kecil dan dioven selama 1 hari dengan suhu 105°C, kemudian difurnace selama 2 jam dengan suhu 700°C. Hasil kemudian dikarakterisasi menggunakan FT-IR dengan pengukuran pada bilangan gelombang 400 cm⁻¹ - 4000 cm⁻¹.

Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan parameter adsorpsi yang dipelajari adalah waktu kontak dan pH. Kajian pengaruh waktu kontak dilakukan dengan memvariasi waktu kontak 2, 4, 6, 12, dan 15 menit untuk adsorpsi *methyl violet* dan 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 menit untuk adsorpsi *methylene blue*. Kajian pengaruh pH dilakukan dengan variasi pH 5, 7, 9 dan 11 untuk *methyl violet* dan 3, 5, 7, 9 dan 11 untuk *methylene blue*. Setelah dikontakkan selama waktu yang ditentukan, dilakukan penyaringan dan pengukuran absorbansi filtrat menggunakan spektrofotometri UV-vis pada panjang gelombang optimum masing-masing zat warna. Konsentrasi *methyl violet* dalam larutan dihitung menggunakan persamaan kurva kalibrasi $y = 0,107 x - 0,005$ dan konsentrasi *methylene blue* dalam larutan

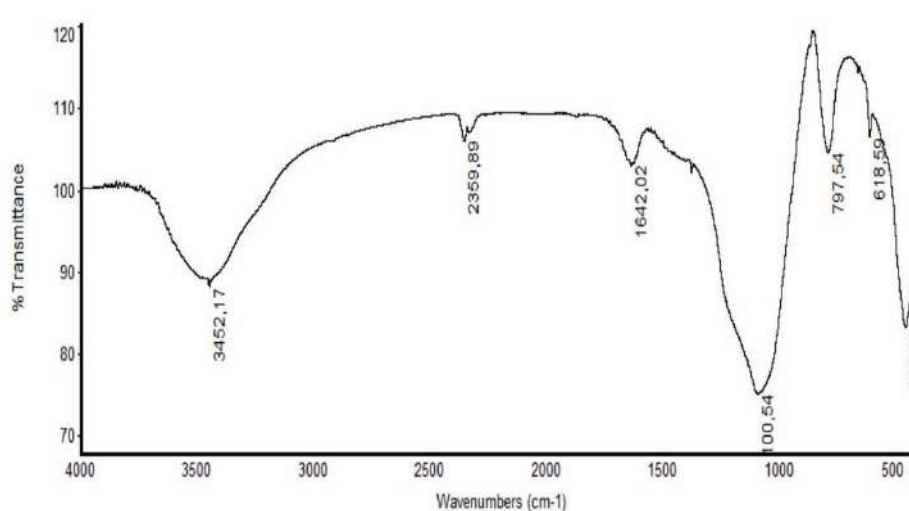
dihitung menggunakan persamaan kurva kalibrasi $y = 0,1769x - 0,0025$. Persentase dan kapasitas adsorpsi dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

$$q = \frac{(C_i - C_f)}{m} \times V \quad (2)$$

Di mana q adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C_i adalah konsentrasi awal adsorbat (mg/L), C_f adalah konsentrasi akhir adsorbat (mg/L), m adalah massa adsorben (g) dan V adalah volume larutan (L)

HASIL



Gambar 1. Spektrum FT-IR Abu Daun Bambu

Tabel 1. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi *Methyl Violet* Menggunakan Abu Daun Bambu

Waktu Kontak (menit)	Absorbansi	Konsentrasi Akhir	% Adsorpsi	q(mg/g)
2	0,696667	6,55764	67,2118	16,803
4	0,593667	5,59502	72,0249	18,0062
6	0,551667	5,2025	73,9875	18,4969
12	0,467333	4,41433	77,9284	19,4821
15	0,564	5,31776	73,4112	18,3528

Tabel 2. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Abu Daun Bambu

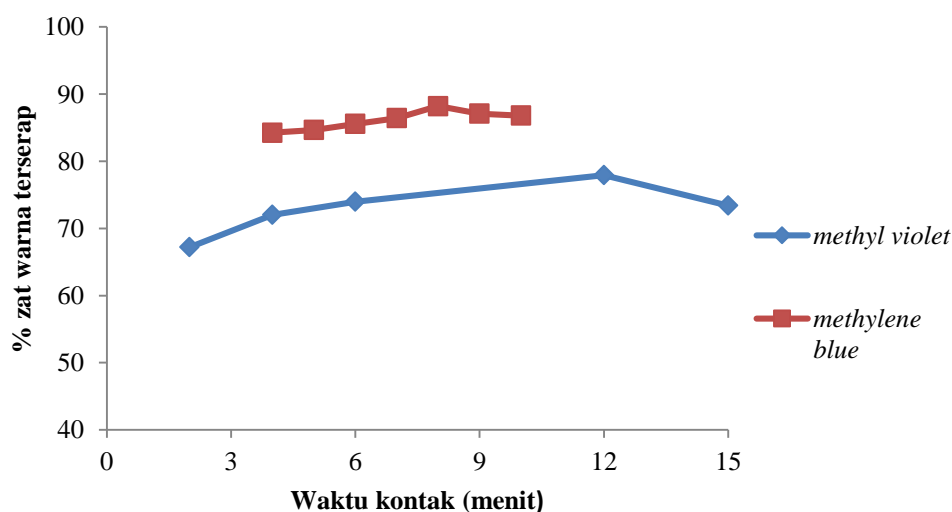
Waktu Kontak (menit)	Absorbansi	Konsentrasi Akhir	% Adsorpsi	q(mg/g)
4	0,276	1,57434	84,26109	24,07333
5	0,269	1,53477	84,65668	24,18638
6	0,253	1,44432	85,56089	24,4448
7	0,238	1,35953	86,40859	24,68707
8	0,206	1,17863	88,21701	25,20391
9	0,226	1,29169	87,08675	24,88089
10	0,231	1,31995	86,80418	24,80013

Tabel 3. Pengaruh pH pada Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Abu Daun Bambu

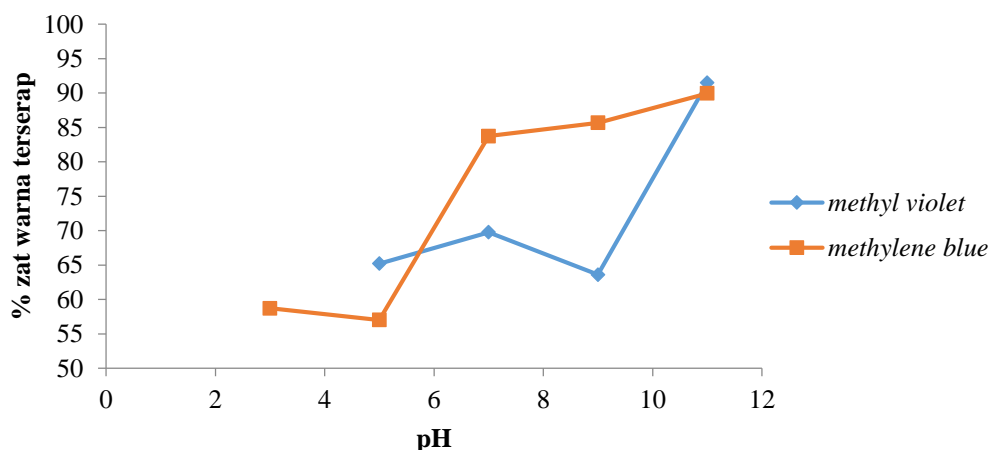
pH	Absorbansi	Konsentrasi Akhir	% Adsorpsi	q(mg/g)
5	0,739333	6,9564	65,2181	16,3045
7	0,642	6,0467	69,7664	17,4416
9	0,773667	7,2773	63,6137	15,9034
11	0,177	1,701	91,4953	22,8738

Tabel 4. Pengaruh pH pada Adsorpsi *Methyl Violet* Menggunakan Abu Daun Bambu

pH	Absorbansi	Konsentrasi Akhir	% Adsorpsi	q (mg/g)
3	0,728	4,12945167	58,7171517	11,74675
5	0,758	4,29903901	57,0217576	11,40757
7	0,285	1,62521198	83,7524724	16,75523
9	0,251	1,433013	85,6739192	17,13963
11	0,175	1,00339175	89,9689178	17,99887



Gambar 2. Hubungan antara Waktu Kontak dengan % Zat Warna Terserap



Gambar 3. Hubungan antara pH dengan % Zat Warna Terserap

PEMBAHASAN

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan analisis spektrofotometri FT-IR abu daun bambu yang dianalisis dengan FT-IR. Hasil menunjukkan puncak utama yang diyakini berkaitan dengan gugus fungsi silika adalah pada bilangan gelombang $3452,17\text{ cm}^{-1}$. Puncak ini merupakan puncak yang khas untuk vibrasi ulur gugus -OH (gugus hidroksil) yang diyakini bahwa, dalam sampel terdapat gugus hidroksil ikatan Si-OH atau silanol (Lin dkk., 2001). Puncak kedua yang diyakini menunjukkan gugus fungsi adalah puncak pada bilangan gelombang $1100,54\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan adanya gugus fungsi Si-O-Si (Daifullah dkk., 2003). Adanya gugus fungsi Si-O-Si diperkuat dengan adanya puncak pada bilangan gelombang $466,51\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan ikatan Si-O (Lin dkk, 2001), dan puncak pada $797,54\text{ cm}^{-1}$ yang timbul akibat deformasi ikatan Si-O pada SiO_4 .

Puncak lain dengan intensitas yang cukup signifikan terdapat pada daerah $1642,02\text{ cm}^{-1}$. Puncak ini menunjukkan vibrasi regang C=O dari hemiselulosa, yang kemungkinan ikut teradsorpsi oleh silika. Puncak lemah lainnya terdapat pada daerah $618,59\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan adanya ikatan antara Si-O dengan logam. Interpretasi data IR ini sesuai dengan analisis fungsional yang dilakukan oleh Kamath & Proctor (1998).

Parameter adsorpsi yang dipelajari dalam penelitian ini adalah waktu kontak dan pH. Waktu kontak yang digunakan pada adsorpsi *methyl violet* adalah 2, 4, 6, 12, dan 15 menit. Setelah direaksikan dengan 20 mg adsorben selama waktu yang telah ditentukan, larutan *methyl violet* ini dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis *single beam* pada panjang gelombang maksimum 585 nm. Waktu kontak yang digunakan pada adsorpsi *methylene blue* adalah 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 menit. Setelah diinteraksikan dengan 3,5 mg adsorben selama waktu yang telah ditentukan, larutan *methylene blue* dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis *single beam* pada panjang gelombang maksimum 663 nm. Gambar 2 menunjukkan bahwa waktu optimum adsorpsi *methyl violet* terjadi pada waktu 12 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 77, 93%, sementara

adsorpsi *methylene blue* optimal terjadi pada waktu kontak 8 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 88,22%. Penurunan persentase adsorpsi setelah waktu optimum dikarenakan telah mencapai kondisi kesetimbangan sehingga bertambahnya waktu kontak tidak menambah persentase adsorpsi.

Variasi pH pada adsorpsi larutan *methyl violet* yang digunakan untuk pengujian adalah pH 5, 7, 9, dan 11, sementara variasi pH pada adsorpsi larutan *methylene blue* adalah pH 3, 5, 7, 9, dan 11. Gambar 3 menunjukkan bahwa proses adsorpsi dipengaruhi oleh kondisi pH dimana pada kondisi pH basa zat warna yang teradsorpsi menggunakan abu daun bambu semakin besar. Nilai persentase adsorpsi *methylene blue* tertinggi ditunjukkan pada saat pH 11 yaitu dengan nilai 91,50%, dan nilai adsorpsi *methylene blue* tertinggi ditunjukkan pada saat pH 11 dengan nilai persentase adsorpsi 89,97%.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa karakterisasi abu daun bambu menggunakan FTIR menunjukkan beberapa puncak yang membuktikan adanya beberapa gugus fungsi silika dalam sampel, yaitu pada bilangan gelombang $3452, 17 \text{ cm}^{-1}$ (Si–OH), $1100,54 \text{ cm}^{-1}$ (Si–O–Si), $466,51 \text{ cm}^{-1}$ (Si–O). Adsorpsi *methylene blue* optimum pada waktu kontak 8 menit dan pH 11 dengan kapasitas adsorpsi $17,9989 \text{ mg/g}$ dan *methyl violet* optimum pada waktu kontak 12 menit dan pH 11 dengan kapasitas adsorpsi $22,8738 \text{ mg/g}$

Berdasarkan hasil penelitian adsorpsi zat warna *methyl violet* dan *methylene blue* menggunakan material abu daun bambu yang telah dilakukan, disarankan untuk melakukan adsorpsi zat warna lain serta aplikasi secara langsung abu daun bambu pada limbah zat warna.

DAFTAR RUJUKAN

- Behnajady, M. A., Modirshahla, N., & Ghanbary, F. 2007. A Kinetic Model for The Decolorization of C.I. Acid Yellow 23 by Fenton Process. *Journal of Hazardous Materials*, 148: 98–102.
- Christina, M. P., Mu'nisatun S., Saptaji, R., & Marjanto, D. 2007. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 340 keV/10 mA. *Jurnal Forum Nuklir*, 1(1) :32.
- Crini, G. 2006. Non-Conventional Low-Cost Adsorbents for Dye Removal: A Review. *Bioresource Technology*, 97: 1061–1085.
- Daifullah, A.A.M., Girgis, B.S., & Gad, H.M.H. 2003. Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans. *Material Letters*, 57:1723–1731.
- Fan, I., Zhou, Y., Yang, W., Chem, G., & Yang, F. 2008. Electrochemical Degradation of Aqueous Solution of Amaranth Azo Dye on ACF Under Potentiostatic Model. *Dyes and Pigments*, 76: 440–446.

- Kamath, S.R. & Proctor, A. 1998. Silica Gel from Rice Husk Ash: Preparation and Characterization. *Cereal Chemistry*, 75: 484-487.
- Lin, J., Siddiqui, J.A., & Ottenbrite, M. 2001. Surface Modification of Inorganic Oxide Particles with Silane Coupling Agent and Organic Dyes. *Polymer Advance Technology*, 12:285–292.
- Muthuraman, G., Teng, T. T., Leh, C. P., & Ismail, N. 2009. Extraction and Recovery of Methylene Blue from Industrial Wastewater using Benzoic Acid as an Extractant. *Journal of Hazardous Materials*, 163: 363–369.
- Tan, B. H., Teng, T. T., & Omar, A. K. M. 2000. Removal of Dyes and Industrial Dye Wastes by Magnesium Chloride. *Water Research*, 34: 597–601.

Noor Rahmadani, dkk_Kimia Organik

Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas

Noor Rahmadani, Puji Kurniawati
D III Analisis Kimia, FMIPA, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang km 14,5 Sleman Yogyakarta 55584
e-mail: rahmadaniy15@gmail.com

Abstrak: Telah dilakukan sintesis karbon teraktivasi dari limbah mahkota nanas dengan menggunakan asam dan basa. Kualitas karbon teraktivasi ditunjukkan dengan bilangan iod untuk aktivasi asam dan basa masing-masing sebesar 2090,1542 mg/g dan 2415,8832 mg/g. Luas permukaan untuk karbon teraktivasi asam dan basa dengan metode metilen blue adalah $1,352 \times 10^5$ m²/g dan $1,455 \times 10^5$ m²/g. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan bahwa karbon teraktivasi memiliki gugus fungsional yang merupakan OH terikat dengan jenis ikatan C=O dan C-H alifatik serta C-O.

Kata kunci: karbon aktif, bilangan iod, mahkota nanas

Abstract: Activated carbon synthesis of pineapple crown waste using acids and bases has been performed. Activated carbon quality was indicated by the iodine number for acid and base activation of 2090.1542 mg/g and 2415.8832 mg/g, respectively. Surface area for acid and base activated carbon by methylene blue method was 1.352×10^5 m²/g and 1.455×10^5 m²/g. Characterization using FTIR indicated that the activated carbon had a functional group which was OH bound to the type of C = O and C-H aliphatic and C-O bonds.

Keywords: activated carbon, iodine number, pineapple crown

Nanas (*Ananas comosus (L) Merr*) adalah anggota dari family *Bromeliaceae* (monokotil) dan terdiri dari sekitar 200 spesies dengan produksi tahunan di seluruh dunia lebih dari 14 juta ton (Pramashinta & Abdullah, 2014). Buah nanas berasal dari Brazil dan telah tersebar ke berbagai negara tropis dan subtropis di seluruh dunia. Limbah pertanian merupakan sumber daya terbarukan dan dapat dimanfaatkan bagi bioteknologi dengan karakteristik tidak beracun, dalam jumlah besar, dapat diregenerasi, murah dan mampu mendukung pertumbuhan biomassa. Pabrik pengalengan nanas menghasilkan hampir 67% limbah dari buah nanas, terdiri dari 41% kulit, 6% janggol atau inti, 20% mahkota yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Pramashinta & Abdullah, 2014).

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85%-95% karbon (Idrus, dkk., 2013). Bahan-bahan yang mengandung unsur karbon dapat menghasilkan karbon aktif dengan cara memanaskannya pada suhu tinggi. Pori-pori tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agen penyerap (adsorben). Karbon aktif adalah karbon yang sudah mengalami aktivasi, sehingga luas permukaannya menjadi lebih

besar karena jumlah porinya lebih banyak. Karbon aktif memiliki struktur amorf dengan luas permukaan 300-35000 m²/g (Rohmah & Redjeki, 2014). Karbon aktif dengan luas permukaan yang besar dapat digunakan untuk berbagai aplikasi yaitu sebagai penghilang warna, penghilang rasa, penghilang bau dan agen pemurni dalam industri makanan. Selain itu juga banyak digunakan dalam proses pemurnian air baik dalam proses produksi air minum maupun dalam penanganan limbah (Idrus, dkk., 2013).

Karbon aktif dibuat melalui dua tahapan yakni karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan proses ini sempurna pada suhu 400-600°C. Aktivasi adalah proses pengubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi menggunakan uap panas, gas karbon dioksida dengan suhu antara 700-1100°C atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Idrus, dkk., 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensintesis karbon teraktivasi dari bahan baku mahkota nanas sehingga dapat meningkatkan nilai tambah (nilai ekonomi) mahkota nanas. Sintesis karbon teraktivasi menggunakan aktivator H₃PO₄ (asam, ACA) dan KOH (basa, ACB), uji kualitas karbon teraktivasi menggunakan penentuan bilangan iod dan penentuan luas permukaan dengan metode metilen biru. Karakterisasi gugus fungsional karbon teraktivasi menggunakan FTIR.

METODE

Material dan Instrumental

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah mahkota nanas di daerah Sampit Kalimantan Tengah. Peralatan yang digunakan yaitu *furnace* (BENCHTOP), oven (MEMMERT), timbangan (OHAUS), buret (PYREX), desikator, alat instrumen analisis FTIR dan instrumen spektrofotometer UV-Visible (THERMO SCIENTIFIC GENESYS 20). Percobaan dilakukan dengan variasi aktivator yaitu menggunakan aktivator H₃PO₄ dan KOH.

Proses karbonisasi

Bahan baku mula-mula dibersihkan dari pengotor secara manual. Setelah itu dipanaskan dengan *furnace* pada suhu 400°C selama 2 jam, kemudian dimasukkan dalam desikator selama 24 jam.

Proses Aktivasi Karbon Aktif

Karbon dikeringkan terlebih dahulu dalam oven untuk menghilangkan kadar airnya, kemudian dilakukan proses aktivasi dengan larutan KOH 5 M dan H₃PO₄ 85% dengan cara merendam selama 24 jam dan disaring. Lalu karbon dilakukan

pencucian sampai diperoleh pH netral, kemudian ditentukan gugus fungsi dengan FTIR pada bilangan gelombang 4000,00-400,00 cm^{-1} .

Penentuan Bilangan Iod

Penentuan daya serap iod menggunakan metode titrasi iodometri sesuai metode ASTM D 4607-94 (2006). Sebanyak 0,5 gram karbon aktif ditimbang dan dikeringkan pada suhu 110°C selama 3 jam. Didinginkan dalam desikator. Selanjutnya ditambahkan 5 ml larutan HCl pekat dan dipanaskan sampai mendidih. Lalu ditambahkan 50 ml larutan iodin 0,1 N dan diaduk dengan *magnetic stirrer*. Campuran disaring dan diambil 25 ml filtrat. Selanjutnya filtrat dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna kuning pucat. Selanjutnya ditambahkan 1 ml indikator amilum 1% dan dititrasi kembali sampai larutan tidak bewarna. Daya serap iod dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$X/M = \frac{[A-(DF)(B)(S)]}{M} \quad (1)$$

Dimana :

X/M = iodium yang diserap per gram (mg/g)

S = volume natrium tiosulfat (ml)

M = massa karbon aktif (g)

DF = faktor pengencer

A = volume titrasi sampel

B = volume titrasi blanko

Penentuan luas permukaan

Karbon aktif sebanyak 0,025 gram dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 10 ml larutan metilen biru 100 ppm, lalu dikocok selama 1 jam setelah itu disaring. Filtrat dipipet 1 ml dan diukur daya serapnya pada panjang gelombang maksimum antara 600-700 nm dengan alat UV Visible. Kurva kalibrasi atau standar larutan metilen biru dibuat dengan konsentrasi antara 1 sampai 5 ppm (Ramdja, dkk., 2008). Luas permukaan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{Xm.N.a}{M} \quad (2)$$

Dimana :

S = Luas Permukaan

Xm = Banyaknya Metilen Blue yang terserap oleh 1 gram karbon

N = Bilangan Avogadro = $6,02 \times 10^{23}$

a = Ukuran 1 molekul adsorben MB = 197×10^{-20}

M = BM metilen blue = 320,5 g/mol

HASIL

Tabel 1. Bilangan Iod Karbon Aktif dari Mahkota Nanas dan Standar SNI

Aktivator	Hasil	Standar	Mutu
ACA	2090,1542 mg/g	Min 750 mg/g	SII No. 0258-88 (2003)
ACB	2415,8832 mg/g		

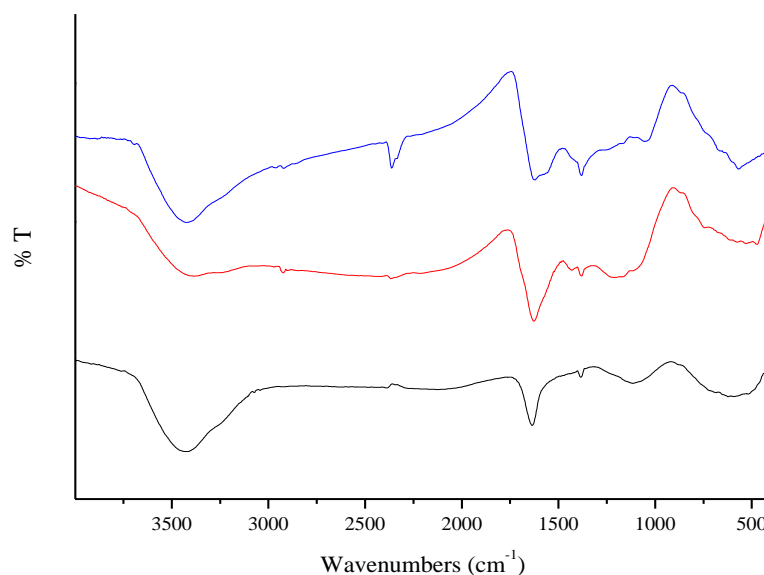
Tabel 2. Luas Permukaan Karbon Aktif dari Mahkota Nanas dan Standar SNI

Aktivator	Hasil	Standar	Mutu
ACA	1,352X10 ⁵ m ² /g	300-3500 m ² /g	SII No. 0258-88 (2003)
ACB	1,455x10 ⁵ m ² /g		

Karakterisasi FTIR

Tabel 3. Perbandingan Puncak Serapan FTIR Karbon Aktif dari Mahkota Nanas dan Standar SNI

	Standar	ACA	ACB
OH	3428,82 cm ⁻¹	3385,40 cm ⁻¹	3417,67 cm ⁻¹
C=O	1635,39 cm ⁻¹	1627,35 cm ⁻¹	1622,52 cm ⁻¹
C-O	1384,51 cm ⁻¹	1381,07 cm ⁻¹	1380,94 cm ⁻¹
C-H	2128,99 cm ⁻¹	2366,51 cm ⁻¹	2363,01 cm ⁻¹



Gambar 1. Perbandingan Spektrum Karbon Aktif Standar (Hitam), Karbon Aktif dari Mahkota Nanas dengan Aktivator Asam (Merah), dan Karbon Aktif dari Mahkota Nanas dengan Aktivator Basa (Biru)

PEMBAHASAN

Pembuatan karbon aktif dibuat dari bahan baku mahkota nanas dengan melakukan proses karbonisasi pada suhu 400°C selama 2 jam hingga terbentuk arang. Selanjutnya dilakukan proses aktivasi dengan variasi aktivator yaitu asam dan basa dengan cara merendam karbon dalam masing-masing aktivator selama 24

jam. Pencucian dilakukan sampai diperoleh pH netral dan dikeringkan dalam oven sehingga dihasilkan karbon aktif ACA dan ACB

Karakteristik karbon aktif meliputi bilangan iod, luas permukaan dan gugus fungsi dari karbon aktif. Bilangan iod merupakan parameter paling penting digunakan untuk karakterisasi karbon aktif. Semakin besar angka iod maka semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Iod merupakan ukuran pada tingkat keaktifannya. Bilangan iod dapat digunakan sebagai pendekatan untuk luas permukaan dan mikropori karbon aktif dengan presisi yang baik (Turmuzi & Syaputra, 2015). Salah satu metode yang digunakan dalam analisis daya adsorpsi karbon aktif terhadap larutan iod adalah dengan metode titrasi iodometri. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod. Semakin besar bilangan iod yang dihasilkan semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben. Penambahan larutan iod berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh karbon aktif sebagai adsorbennya. Tesisnya larutan iod ditunjukkan dengan adanya pengurangan konsentrasi larutan iod. Pengukuran konsentrasi iod sisa dapat dilakukan dengan melakukan titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N dan indikator yang digunakan yaitu amilum (Idrus, dkk., 2013).

Tabel 4. Bilangan Iod Karbon Aktif yang Diaktivasi Berbagai aktivator

Activated Carbon	Bilangan iod	Sumber
HCl 0,3 M	832,5296 mg/g	Ramdja dkk, 2008
H ₃ PO ₄ 10%	494,91 mg/g	Turmuzi & Syaputra, 2015
NaCl 30%	18,9082 mg/g	Prasetyo dkk, 2011
(NH ₄)HCO ₃ 2,5	304,8845 mg/g	Subadra dkk, 2005
ZnCl ₂ 7,5%	610,38 mg/g	Pambayun dkk, 2013
H ₃ PO ₄ 85%	2090,1542 mg/g	Studi ini
KOH 5 M	2415,8832 mg/g	Studi ini

Pada tabel 4 menunjukkan bahwa daya serap iod terhadap karbon aktif menggunakan aktivator lain belum memenuhi standar mutu yaitu diatas 750 mg/g. Dilain pihak, hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan iod untuk ACA dan ACB di atas standar mutu yang dipersyaratkan oleh SII No. 0258-88 (2003). Oleh sebab itu, ACA dan ACB dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah. Hal ini sesuai dengan penelitian Suhendarwati dkk. (2014) dimana semakin besar bilangan iod yang dihasilkan semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi zat terlarut.

Luas permukaan merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif sebagai adsorben. Hal ini disebabkan karena luas permukaan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Pada penelitian ini, uji luas permukaan menggunakan metode metilen biru. Sampel yang diuji adalah karbon aktif dari mahkota nanas menggunakan aktivator asam dan basa dengan perendaman selama 24 jam. Daya

serap metilen biru dapat digunakan untuk menentukan luas permukaan dari suatu karbon aktif. Daya serap yang semakin besar menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif juga semakin besar. Daya serap terhadap metilen biru sebanding dengan luas permukaan adsorben (Turmuzi & Syaputra, 2015).

Tabel 5. Luas permukaan Karbon Aktif yang Diaktivasi Berbagai aktivator

No	AC	Luas Permukaan	Sumber
1	H ₃ PO ₄ 10%	4078,694 m ² /g	Turmuzi & Syaputra, 2015
2	HCl 0,3 M	199,2601 m ² /g	Ramdja dkk, 2008
3	ZnCl ₂ 7,5%	447,534 m ² /g	Pambayun dkk, 2013
4	Na ₂ CO ₃ 5%	1900,69 m ² /g	Pambayun dkk, 2013
5	H ₃ PO ₄ 85%	1,352X10 ⁵ m ² /g	Studi ini
6	KOH 5 M	1,455x10 ⁵ m ² /g	Studi ini

Tabel 5 menunjukkan nilai luas permukaan dengan menggunakan aktivator lain untuk menentukan luas permukaan sudah memenuhi standar, tetapi hasil studi ini menunjukkan bahwa kualitas karbon pada penelitian ini lebih baik yaitu dengan menggunakan aktivator H₃PO₄ 85% (asam, ACA) dan KOH 5 M (basa, ACB), dimana menggunakan aktivator asam diperoleh sebesar 1,352x10⁵ m²/g dan menggunakan aktivator basa 1,435x10⁵ m²/g. Hal ini menunjukkan bahwa menggunakan aktivator yang memiliki konsentrasi tinggi lebih baik karena dapat menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan yang besar. Hal ini disebabkan karena kadar tar semakin berkurang dengan meningkatnya konsentrasi bahan pengaktif, dimana proses perendaman dengan bahan pengaktif pada dasarnya dilakukan untuk mengurangi kadar tar, sehingga semakin pekat bahan pengaktif yang digunakan maka akan semakin berkurang tar pada karbon, akibatnya pori-pori yang terdapat pada karbon semakin besar atau dengan kata lain luas permukaan karbon aktif semakin bertambah. Semakin luas permukaan karbon aktif maka akan semakin tinggi daya serapnya (Subadra, dkk., 2012). Berdasarkan penelitian ini kualitas karbon aktif menggunakan aktivator KOH 5 M (ACB) lebih baik dibandingkan menggunakan aktivator H₃PO₄ 85% (ACA), dimana dapat dilihat dari bilangan iod dan luas permukaan yang dihasilkan.

Analisis dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari bahan yang diamati dimana gugus fungsi tersebut dipakai untuk menduga sifat permukaan karbon aktif. Dua variasi instrumental dari spektroskopi inframerah (IR) adalah metode dispersive dan metode *Fourier Transform* (FT). Metode dispersif menggunakan prisma atau kisi untuk mendispersikan radiasi inframerah, sedangkan metode *Fourier Transform* menggunakan prinsip *interferometry* (Darmawan, 2012). Hasil analisa FTIR pada karbon aktif dari mahkota nanas menunjukkan penurunan intensitas serapan pada bilangan gelombang 3.500 cm⁻¹ - 2.700 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang tersebut merupakan daerah serapan gugus OH, dimana karbon aktif memiliki intensitas paling tinggi kemudian menurun setelah proses aktivasi. Menurunnya intensitas serapan pada bilangan gelombang 3.000 - 2.700 cm⁻¹ merupakan petunjuk mulai

terbentuknya senyawa aromatik (Darmawan, 2012). Vibrasi di bilangan gelombang 1635 cm^{-1} pada karbon aktif menunjukkan adanya ikatan C=O. Gugus fungsi pada karbon aktif adalah gugus hidroksil yang merupakan OH terikat (3428 cm^{-1}) dengan jenis ikatan C=O (1635 cm^{-1}) dan C-H alifatik (2128 cm^{-1}) serta C-O (1384 cm^{-1}). Hal ini menunjukkan bahwa karbon yang teraktivasi asam dan basa memiliki gugus fungsi yang sama dengan standar karbon aktif.

SIMPULAN DAN SARAN

Kualitas karbon aktif menggunakan aktivator KOH 5 M (basa, ACB) lebih baik dibandingkan menggunakan aktivator H_3PO_4 85% (asam, ACA). Karbon aktif tersebut memenuhi syarat mutu karbon aktif menurut SII No 0258-88 dengan data bilangan iod diperoleh sebesar $2415,8832\text{ mg/g}$ dan luas permukaan sebesar $1,455 \times 10^5\text{ m}^2/\text{g}$. Spektrum FTIR antara standar karbon aktif dengan hasil aktivasi karbon aktif menunjukkan kesesuaian dengan struktur standar karbon aktif.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka masih perlu dikembangkan penelitian-penelitian lanjut antara lain perlu adanya aplikasi dari ACA dan ACB untuk adsorpsi dan konsentrasi aktivator perlu divariasikan untuk mengetahui proses aktivasi yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Atma, B.D. 2015. *Pemanfaatan Limbah Mahkota Nenas Sebagai Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivator H_2SO_4* . Disertasi tidak diterbitkan. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Darmawan, S. 2008. *Sifat Arang Aktif Tempurung Kemiri dan Pemanfaatannya Sebagai Penyerap Emisi Formaldehida Papan Serat Berkerapatan Sedang*. Tesis tidak diterbitkan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan. 2003. *Syarat Mutu dan Uji Arang Aktif SII No. 0258-88*. Palembang: Balai Perindustrian dan Perdagangan.
- Gustariawan, P. 2015. *Pemanfaatan Limbah Mahkota Nenas Sebagai Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivator KOH*. Disertasi tidak diterbitkan. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Idrus, R., Lapanoro, B.P., & Putra, Y.G. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Jurnal Prisma Fisika*, Vol. 1: 50-55.
- Lempang, M., Syafii, W., & Pari, G. 2011. Struktur dan Komponen Arang Serta Arang Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Vol. 29: 278-294.
- Pambayun, Gilar, S., Yulianto, Remigius, Y. E, Rachimoellah, M., & Putri, E. M. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl_2 dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2: 117-120.

- Pramashinta, A. & Abdullah. 2014. Kinetika Fermentasi Limbah Kulit Nanas dan Produktivitas Etanol. *Jurnal Metana*, Vol. 10: 12-17.
- Prasetyo, A., Yudi, A., & Astuti. R.N. 2011. Adsorpsi Metilen Blue pada Karbon Aktif dari Ban Bekas dengan Variasi Konsentrasi NaCl pada Suhu Pengaktifan 600°C dan 650°C. *Jurnal Neutron*, Vol.4: 16-23.
- Ramdja, A.F., Halim, M., & Handi, J. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepeh Kelapa (*cocos nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 15: 1-8.
- Rohmah, P.M. & Redjeki, A.S. 2014. Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH. *Konversi*, Vol. 3: 19-27.
- Siahaan, S., Hutapea, M., & Hasibun, R. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 2: 26-30.
- Subadra, I., Setiaji, B., & Tahir, I. 2005. *Aktivated Carbon Production From Coconut Shell with (NH₄)HCO₃ Activator As an Adsorben in Virgin Coconut Oil Purification*. Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional DIES ke 50 hal 1-8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 17 September.
- Suhendarwati, L., Suharto, B., & Susanawati, L.D. 2014. Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi. *Jurnal Sumberdaya Alam & Lingkungan*, 1(1): 19-25.
- Swara, D.K. 2015. *Pemanfaatan Limbah Mahkota Nenas Sebagai Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivator HCl*. Disertasi tidak diterbitkan. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Turmuzi, M. & Syaputra, A. 2015. Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca edulis*) dengan Impregnasi Asam Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia*, 1-5.
- Wahjuni, S. & Kostradiyanti. 2008. Penurun Angka Peroksida Minyak Kelapa Tradisional dengan Adsorben Arang Sekam Padi IR 64 yang Diaktifkan dengan Kalium Hidroksida. *Jurnal kimia*, Vol 2: 57-60.
- Wardani, A.Y. & Nirmala, W. 2012. Pemanfaatan Daun Nanas (*ananas comosus*) Sebagai Adsorben Logam Ag dan Cu Limbah Industri Perak di Kota Gede Yogyakarta. *Jurnal Pelita*, Vol 7: 89-96.

Suharti_Biokimia

Kajian Diversitas Keratinase Berdasarkan Urutan Residu Asam Amino dan Struktur Protein

Suharti

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail : suharti.fmipa@um.ac.id

Abstrak: *Miotermus taiwanensis* memiliki aktifitas keratinase sangat tinggi dan menarik untuk digunakan sebagai landasan kajian diversitas keratinase. Penelitian ini melaporkan analisis global keratinase berdasarkan urutan residu asam amino dan struktur tiga dimensinya. Sekuen protein diunduh dari pangkalan data NCBI (*Center for Biotechnology Information*) dengan menggunakan urutan protein keratinase dari *M. taiwanensis*. Seratus protein diseleksi dengan identitas minimal 65 % dan analisis urutan residu asam amino menunjukkan pemisahan protein tersebut menjadi dua kelompok, sedangkan analisis domain mengelompokkan semuanya ke dalam protease serin. Analisis kesamaan struktur 3D hanya memiliki kesamaan di bawah 40 % dan keunikan domain membedakannya dari protease lainnya.

Kata kunci: keratinase, diversitas, struktur

Abstract : *Miotermus taiwanensis* has a very high keratinase activity and it is interesting to use as a foundation for keratinase diversity studies. This study reported a global keratinase analysis based on the sequence of amino acid residues and their 3D structure. The protein sequence was downloaded from the NCBI (Center for Biotechnology Information) database using the protein sequence of keratinase from *M. taiwanensis*. One hundred proteins were selected with a minimum identity of 65 % and the analysis of the amino acid sequence showed the separation of the protein into two groups, whereas the domain analysis grouped them all into serina proteases. The similarity analysis of 3D structure had only similarity below 40 % and domain uniqueness of its structure that distinguish it from other proteases.

Keywords: keratinase, diversity, structure

Protease dapat dijumpai di semua organisme baik prokariot, eukariot, maupun virus. Fungsi protease dalam mengkatalisis reaksi fisiologis sangat bervariasi. *Porphyromonas gingivalis* dan *Porphyromonas endodontalis* merupakan mikroba yang tidak mampu menggunakan karbohidrat sebagai sumber karbon maupun energi. Mikroba ini menghasilkan protease-protease ekstraseluler untuk mendegradasi protein menjadi tripeptida (Bezerra dkk., 2017). Protease tipe I dari *Human immunodeficiency virus* (HIV) berperan dalam pemrosesan poliprotein dan maturasi virus (Paulsen dkk., 2017). *Bacillus subtilis* menghasilkan protease intraselular dan ekstraselular dengan fungsi yang berbeda. Salah satu

protein intraseluler berkaitan dengan proses sporulasi sedangkan protease ekstraseluler tidak berkaitan sama sekali dengan proses sporulasi (Sastry dkk., 1983). Penelitian yang dilakukan oleh Connelly dkk. (2004) menunjukkan bahwa protease dari *B. Subtilis* memiliki peran dalam pembentukan biofilm. Terlepas dari peran fisiologis protease yang sangat bervariasi, kemampuannya dalam menghidrolisis protein menjadikan protease merupakan salah satu enzim industri yang sangat penting.

Salah satu protease spesifik yang penting untuk industri dan penanganan limbah adalah keratinase. Berbeda dengan protease umumnya, keratinase merupakan satu satunya kelompok protease yang mampu mendegradasi keratin. Keratin adalah protein serat yang sangat hidrofobik dan mengandung banyak jembatan disulfida yang menghubungkan untaian protein. Jembatan disulfida dapat terbentuk secara intramolekular maupun intermolekular. Bakteri termofilik, *Miotermus taiwanensis*, dilaporkan mampu menghasilkan keratinase dan mendegradasi bulu ayam dalam dua hari (Wu, dkk., 2017). Lebih jauh, struktur kristal keratinase dari *M. taiwanensis* sangat mirip dengan protein yang mirip subtilisin dari keluarga protein S8 yang memiliki homologi sangat rendah. Keratinase tersebut dilaporkan mampu menghidrolisis substrat protein yang tidak larut dengan spektrum yang cukup luas. Penemuan ini dapat digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi protein-protein yang telah disimpan di pustaka protein.

METODE

Pengunduhan protein dilakukan melalui prosedur *Blasting* menggunakan *blastp* dengan target maksimum penyejajaran sejumlah 100 protein. *Blasting* dilakukan menggunakan program yang disediakan pada pangkalan data NCBI (*Center for Biotechnology Information*) dengan menggunakan urutan asam amino keratinase dari *M. taiwanensis* sebagai *query*. Seratus protein hasil *blasting* diunduh untuk analisis lebih lanjut. Urutan asam amino disimpan dalam format FASTA dan disejajarkan urutan asam aminonya menggunakan program *Clustal X2*. Asam amino yang telah disejajarkan digunakan untuk membuat pohon filogeni menggunakan program MEGA6 dengan mengaplikasikan metode statistik *Neighbor-Joining*. Analisis sisi pengikatan dilakukan menggunakan program *PSI Blast Iteration 1* menggunakan amino keratinase dari *Miotermus taiwanensis* sebagai *query*. Analisis kesamaan struktur dilakukan menggunakan *jFATCAT-rigid algorithm* yang tersedia di *The Research Collaboratory for Structural Bioinformatics* (RCSB).

HASIL

Blasting Protein Homolog

Tabel 1 menunjukkan seratus protein target yang dihasilkan dari penyejajaran urutan asam amino keratinase dari *M. taiwanensis* dengan protein

yang tersimpan di pangkalan data protein menggunakan *Blastp*. Seratus protein homolog yang ditemukan memiliki identitas antara 65-95% dan sebagian besar dianotasikan sebagai serina protease dan peptidase S8. Gambar 1 adalah pohon filogeni dari keseratus protein yang mengelompok menjadi dua kelompok besar. Peptidase S8 merupakan satu famili protease dimana subtilisin yang juga dilaporkan memiliki aktifitas keratinase (Hu, dkk., 2013) memiliki identitas sekitar 40% membentuk satu kelompok tersendiri diluar pohon filogeni tersebut. Pohon filogeni tidak menunjukkan pengelompokan yang jelas antara protein yang dianotasikan sebagai keratinase, serina protease dan peptidase S8.

Analisis sisi pengikatan ion kalsium menunjukkan adanya sisi pengikatan 2 ion kalsium, namun demikian tidak ada konsensus asam amino yang jelas. Asam amino bermuatan seringkali muncul sejajar yang kemungkinan bertindak sebagai residu yang mengikat ion kalsium.

Tabel 1. Seratus Protein yang Memiliki Homologi dengan Keratinase dari *Miotermus taiwanensi*

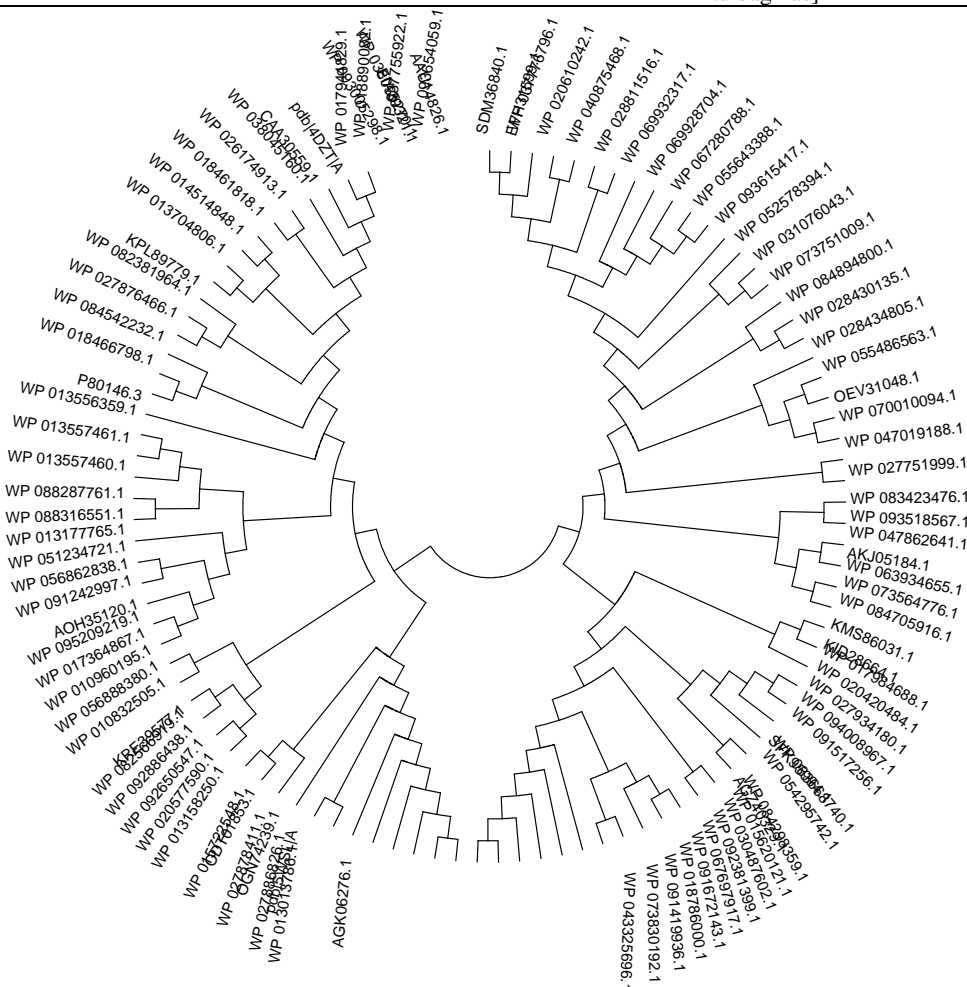
Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
5WSL_A	Keratinase [<i>Meiothermus Taiwanensis</i> Wr-220]	100%	WP_073751009.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CB03234]	68%
WP_027878411.1	serina protease [<i>Meiothermus cerbereus</i>]	92%	WP_031076043.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. NRRL S-118]	92%
AGK06276.1	peptidase S8 dan S53 subtilisin kexin sedolisin [<i>Meiothermus ruber</i> DSM 1279]	95%	WP_037755922.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CNR698]	68%
WP_013013786.1	peptidase S8 [<i>Meiothermus ruber</i>]	92%	WP_018890082.1	peptidase S8 [<i>Streptomyces</i> sp. CNT302]	68%
WP_027886826.1	serina protease [<i>Meiothermus</i>]	92%	WP_028811516.1	serina protease [<i>Streptomyces flavidovirens</i>]	66%
WP_013158250.1	peptidase S8 [<i>Meiothermus silvanus</i>]	92%	WP_051234721.1	serina protease [<i>Lysobacter</i> sp. URHA0019]	70%
OGN74239.1	serina protease [<i>Chloroflexi bacterium</i> GWB2_54_36]	91%	WP_082566919.1	peptidase S8 [<i>Janibacter</i> sp. Soil728]	69%

Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_084542232.1	peptidase S8 [<i>Meiothermus chliarophilus</i>]	92%	WP_084894800.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CB03238]	67%
WP_038045160.1	peptidase S8 [<i>Thermus caliditerrae</i>]	92%	WP_055643388.1	serina protease [<i>Streptomyces venezuelae</i>]	67%
WP_018466798.1	hypothetical protein [<i>Meiothermus timidus</i>]	92%	WP_027751999.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CNH099]	66%
ODT01853.1	serina protease [<i>Gemmatimon adetes bacterium</i> SCN 70-22]	75%	KRE39577.1	peptidase S8 [<i>Janibacter</i> sp. Soil728]	69%
WP_088287761.1	protease [<i>Kineosporia</i> sp. A_224]	72%	WP_069928704.1	serina protease [<i>Streptomyces agglomeratus</i>]	66%
P80146.3	serina proteinase; Flags: Precursor	71%	WP_093005298.1	peptidase S8 [<i>Thermus arciformis</i>]	70%
WP_092650547.1	hypothetical protein [<i>Actinopolymorphia singaporensis</i>]	72%	WP_069932317.1	serina protease [<i>Streptomyces agglomeratus</i>]	66%
WP_092886438.1	hypothetical protein [<i>Actinopolymorphia cephalotaxi</i>]	73%	AOH35120.1	hypothetical protein BGP89_01045 [Luteimonas sp. JM171]	68%
WP_026174913.1	peptidase S8 [<i>Thermus igniterrae</i>]	71%	WP_082381964.1	peptidase S8 [<i>Ardenticaten a maritima</i>]	73%
WP_088316551.1	serina protease [<i>Kineosporia</i> sp. R_H_3]	71%	WP_095209219.1	alkaline serina protease [<i>Luteimonas</i> sp. JM171]	68%
AAU14826.1	thermophilic protease [<i>Thermus</i> sp. KI-P1]	92%	4DZT_A	Serina Protease [<i>Thermus Aquaticus</i> Yt-1]	70%
WP_073564776.1	serina protease [<i>Archangium</i> sp. Cb G35]	67%	WP_093654059.1	serina protease [<i>Streptomyces wuyuanensis</i>]	67%
WP_038035270.1	peptidase S8 [<i>Thermus parvatiensis</i>]	70%	SDM36840.1	Serina protease, subtilisin family [<i>Streptomyces wuyuanensis</i>]	67%

Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_067697917.1	serina protease [<i>Actinoplanes awajinensis</i>]	70%	WP_070010094.1	serina protease [<i>Streptomyces abyssalis</i>]	65%
WP_010832505.1	thermophilic protease [<i>Nocardioides</i> sp. CF8]	71%	EFH31599.1	peptidase S8 and S53 [<i>Streptomyces pristinaespiralis</i> ATCC 25486]	65%
EIA39321.1	aqualysin 1 [<i>Thermus parvatiensis</i>]	70%	KMS86031.1	serina protease [<i>Streptomyces regensis</i>]	68%
WP_056888380.1	peptidase S8 [<i>Nocardioides</i> sp. Soil777]	71%	KID28664.1	subtilisin-like serina protease [<i>Prauserella</i> sp. Am3]	68%
WP_063934655.1	serina protease [<i>Archangium violaceum</i>]	67%	WP_020610242.1	peptidase S8 [<i>Streptomyces</i> sp. CNT372]	65%
WP_093518567.1	peptidase S8 [<i>Stigmatella erecta</i>]	69%	WP_037776796.1	serina protease [<i>Streptomyces pristinaespiralis</i>]	65%
WP_013557460.1	peptidase S8 [<i>Deinococcus maricopensis</i>]	70%	OEV31048.1	serina protease [<i>Streptomyces nanshensis</i>]	65%
WP_015620121.1	peptidase S8 [<i>Actinoplanes</i> sp. N902-109]	71%	WP_084705916.1	serina protease [<i>Prauserella rugosa</i>]	68%
WP_056862838.1	serina protease [<i>Nocardioides</i>]	70%	WP_028430135.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. TAA204]	66%
WP_055486563.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. WMMB 322]	67%	WP_101526220.1	peptidase S8 [<i>Nocardioides</i> sp. 78]	70%
WP_014514848.1	peptidase S8 [<i>Thermus</i> sp. CCB_US3_U F1]	72%	WP_030487602.1	serina protease [<i>Micromonospora chokoriensis</i>]	69%
WP_015722548.1	peptidase S8 [<i>Geobacter</i> sp. M18]	68%	WP_040875468.1	serina protease [<i>Streptomyces purpureus</i>]	66%
WP_013557461.1	peptidase S8 [<i>Deinococcus maricopensis</i>]	71%	WP_013177765.1	peptidase S8 [<i>Truepera radiovictrix</i>]	66%
WP_020577590.1	hypothetical protein [<i>Actinopolymorpha alba</i>]	70%	WP_017984688.1	peptidase S8 [<i>Amycolatopsis methanolica</i>]	68%

Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_084298359.1	serina protease [Actinoplanes friuliensis]	70%	WP_094008967.1	serina protease [Amycolatopsis sp. KNN50.9b]	68%
WP_092381399.1	peptidase S8/S53 subtilisin kexin sedolisin [Xiangella phaseoli]	71%	WP_093615417.1	serina protease [Streptomyces indicus]	66%
WP_047862641.1	serina protease [Archangium gephyra]	66%	WP_091672143.1	serina protease [Micromonospora auratinigra]	69%
AGZ40329.1	putative subtilase-family protease [Actinoplanes friuliensis DSM 7358]	70%	WP_020420484.1	peptidase S8 [Amycolatopsis sp. ATCC 39116]	68%
AKJ05184.1	Alkaline serina exoprotease A precursor [Archangium gephyra]	66%	WP_027934180.1	serina protease [Amycolatopsis thermoflava]	67%
WP_018461818.1	peptidase S8 [Thermus oshimai]	69%	WP_028434805.1	serina protease [Streptomyces sp. TAA486]	65%
WP_091517256.1	serina protease [Amycolatopsis sacchari]	70%	WP_073830192.1	serina protease [Micromonospora sp. TSRI0369]	71%
WP_091517256.1	serina protease [Amycolatopsis sacchari]	70%	WP_052578394.1	serina protease [Actinosporangium sp. NRRL B-3428]	67%
SFK95994.1	Serina protease, subtilisin family [Amycolatopsis sacchari]	70%	WP_083668740.1	peptidase S8 [Saccharothrix sp. CB00851]	67%
WP_013556359.1	peptidase S8 [Deinococcus maricopensis]	70%	CAA30559.1	unnamed protein product [Thermus aquaticus]	70%
WP_067280788.1	serina protease [Streptomyces jeddahensis]	67%	WP_047019188.1	serina protease [Streptomyces sp. CNQ-509]	68%

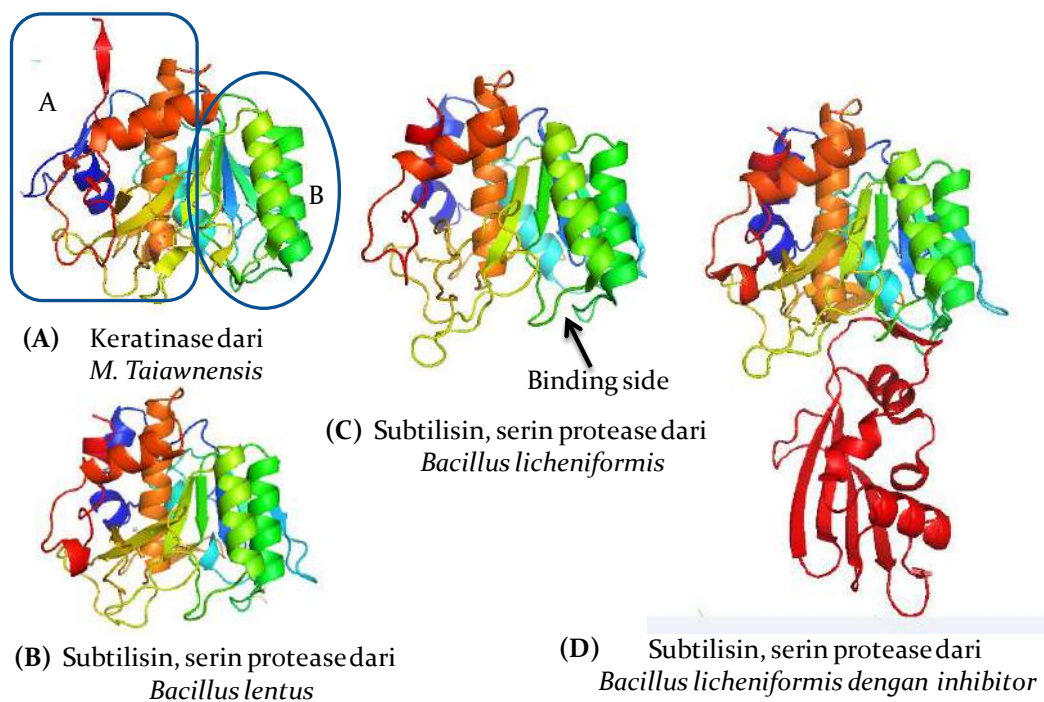
Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_013704806.1	peptidase S8 [Marinithermus hydrothermalis]	70%	WP_091242997.1	serina protease [Aquimonas voraii]	66%
WP_017364867.1	serina protease [Methylococcus capsulatus]	68%	WP_018786000.1	peptidase S8 [Micromonospora]	71%
WP_010960195.1	serina protease [Methylococcus capsulatus]	68%	WP_043325696.1	serina protease [Micromonospora]	71%
WP_083423476.1	peptidase S8 [Stigmatella aurantiaca]	68%	WP_054295742.1	hypothetical protein [Kibdelosporangium phytohabitans]	67%
WP_017944829.1	peptidase S8 [Streptomyces sp. CNS615]	68%	WP_091419936.1	serina protease [Micromonospora tulbaghiaie]	70%



Gambar 1. Pohon filogeni dari seratus protein yang memiliki homologi dengan keratinase dari *M. taiwanensis*

Analisis Kesamaan Struktur 3D

Analisis kesamaan struktur dilakukan menggunakan *jFATCAT-rigid algorithm* yang tersedia di RCSB tidak memberikan kesejajaran struktur 3D dari semua struktur protein yang tersimpan di Bank Data. Struktur 3D yang memberikan identitas sebesar 40 % adalah struktur dari subtilisin serina protease dari *Bacillus lentus*. Gambar 2 menggambarkan tiga struktur yang mirip yaitu keratinase dari *M. taiwanensis* (A), subtilisin serina protease dari *B. lentus* (B), dan subtilisin serina protease dari *Bacillus licheniformis*. Ketiga struktur memiliki kemiripan struktur pada domain B, sedangkan pada domain A terdapat variasi yang cukup signifikan dalam pengaturan rantai heliks, lembaran β . Aktifitas keratinase serina protease dari *B. lentus* belum pernah dilaporkan sedangkan subtilisin serina protease dari *B. licheniformis* telah dilaporkan memiliki aktifitas keratinase (Kuhn, dkk., 1998; Hu, dkk., 2013). Gambar 2D menunjukkan lokasi pengikatan inhibitor yang diduga juga merupakan lokasi pengikatan substrat (Trillo-Muyo, dkk., 2013). Lokasi pengikatan tersebut terletak pada domain yang relatif lestari diantara ketiga struktur protease tersebut.



Gambar 2. Struktur keratinase dari *M. taiwanensis* (A), struktur subtilisin serin protease dari *B. lentus* (B), struktur subtilisin dari *B. lichenifrmis* (C), dan struktur hybrid dari subtilisin serin protease dari *B. licheniformis* dan inhibitornya (D)

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data urutan asam amino, struktur 3D, dan studi literatur maka keratinase merupakan anggota serina protease. Keratinase memiliki homologi yang rendah dengan subtilisin, yaitu satu kelompok protease yang hanya ditemui di

mikroba dan dikelompokkan menjadi satu keluarga subtilase (Siezen & Leunissen, 2008). Keratinase *M. taiwanensis* sebelumnya dikelompokkan ke dalam S8 protease (Wu, dkk., 2017) yaitu serina protease. Keluarga serina protease sendiri terbagi menjadi dua kelompok besar didasarkan pada hasil penyejajaran urutan asam aminonya. Namun demikian masih belum ada informasi yang memadai yang menunjukkan apakah semua homolog tersebut memiliki aktifitas keratinase. Homologi urutan asam amino yang tinggi belum menjamin signifikansi dalam aktifitas keratinaseny. Subtilisin serin protease dari *B. licheniformis* yang hanya memiliki 40% homologi juga memiliki aktifitas keratinase dengan spektrum substrat yang relatif luas (Hu, dkk., 2013). Dalam filogeni, subtilisin serina protease dari *B. licheniformis* tidak muncul karena pembatasan *threshold* dari metode algoritma yang digunakan dalam *blasting*.

Berdasarkan kajian struktur. Keluarga serina protease memiliki kelestarian domain yang cukup tinggi yaitu pada domain pengikatan substrat (domain B), namun demikian terdapat variasi pada domain lain (domain A) dari enzim. Domain A kemungkinan merupakan sisi pengenalan substrat (*substrat recognition site*) yang mengarahkan enzim pada pengikatan substrat yang bervariasi. Walaupun belum banyak struktur 3D yang dilaporkan memiliki aktifitas keratinase, kemungkinan besar domain A yang mewakili diversitas substrat keratinase.

SIMPULAN DAN SARAN

Keratinase merupakan anggota superfamili serina protease. Keluarga serina protease sendiri dalam filogeni terbagi menjadi 2 subfamili. Dua 3D struktur serina protease yang telah berhasil dipecahkan memiliki homologi yang rendah dengan keratinase dari *M. taiwanensis*. Namun demikian analisis struktur menunjukkan kelestarian yang cukup tinggi pada sisi aktif enzim dan variasi sisi lain yang kemungkinan membedakan fungsi fisiologis dari serin protease di alam.

Kajian ini menarik untuk dilanjutkan dengan mengkaji lebih jauh tentang diversitas sisi pengenalan dan kaitannya dengan fungsi fisiologis enzim. Studi literatur tentang aktifitas protease dan hubungannya dengan variasi sisi pengenalan perlu dilakukan untuk merangkum berbagai penemuan yang ada. Mutasi terarah dapat digunakan untuk merancang sisi pengenalan dan mempelajari interaksinya dengan berbagai substrat protein.

DAFTAR RUJUKAN

- Bezerra, G. A., Ohara-Nemoto, Y., Cornaciu, I., Fedosyuk, S., Hoffmann, G., Round, A., Djinić-Carugo, K. 2017. Bacterial protease uses distinct thermodynamic signatures for substrate recognition. *Scientific Reports*, 7(1): 2848. (Online), (<http://doi.org/10.1038/s41598-017-03220-y>)
- Connelly, M. B., Young, G. M., & Sloma, A. 2004. Extracellular proteolytic activity plays a central role in swarming motility in *Bacillus subtilis*. *Journal of Bacteriology*, 186(13): 4159–4167, (Online), (<http://doi.org/10.1128/JB.186.13.4159-4167.2004>)

- Hu, H., He, J., Yu, B., Zheng, P., Huang, Z., Mao, X., Chen, D. 2013). Expression of a keratinase (kerA) gene from *Bacillus licheniformis* in *Escherichia coli* and characterization of the recombinant enzymes. *Biotechnology Letters*, 35(2): 239–244. (Online), (<http://doi.org/10.1007/s10529-012-1064-7>)
- Kuhn, P., Knapp, M., Soltis, S. M., Ganshaw, G., Thoene, M., & Bott, R. 1998. The 0.78 Å structure of a serina protease: *Bacillus lentus* subtilisin. *Biochemistry*, 37(39): 13446–13452. (Online), (<http://doi.org/10.1021/bi9813983>)
- Paulsen, J. L., Leidner, F., Ragland, D. A., Kurt Yilmaz, N., & Schiffer, C. A. 2017. Interdependence of Inhibitor Recognition in HIV-1 Protease. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 13(5): 2300–2309. (Online), (<http://doi.org/10.1021/acs.jctc.6b01262>)
- Sastry, K. J., Srivastava, O. P., Millet, J., FitzJames, P. C., & Aronson, A. I. 1983. Characterization of *Bacillus subtilis* mutants with a temperature-sensitive intracellular protease. *Journal of Bacteriology*, 153(1): 511–519.
- Siezen, R. J., & Leunissen, J. A. M. 2008. Subtilases: The superfamily of subtilisin-like serina proteases. *Protein Science*, 6(3): 501–523. (Online), (<http://doi.org/10.1002/pro.5560060301>)
- Trillo-Muyo, S., Martínez-Rodríguez, S., Arolas, J. L., & Gomis-Rüth, F. X. 2013. Mechanism of action of a Janus-faced single-domain proteininhibitor simultaneously targeting two peptidase classes. *Chem. Sci.*, 4(2): 791–797. (Online), (<http://doi.org/10.1039/C2SC21712K>)
- Wu, W. L., Chen, M. Y., Tu, I. F., Lin, Y. C., Eswarkumar, N., Chen, M. Y., Wu, S. H. 2017. The discovery of novel heat-stable keratinases from *Meiothermus taiwanensis* WR-220 and other extremophiles. *Scientific Reports*, 7(1): 1–12. (Online), (<http://doi.org/10.1038/s41598-017-04723-4>)

Evi Susanti, dkk_Biokimia

Isolasi dan Seleksi Bakteri Proteolitik Potensial dari Tauco Surabaya

Evi Susanti, Suharti, Hadiyan Rahman Ramadhan, Fira Fatma
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang 65145
e-mail: esusanti.kim@gmail.com

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah mengetahui keragaman bakteri proteolitik dan memperoleh bakteri proteolitik potensial dari pangan fermentasi tauco Surabaya. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu penentuan karakter kimiawi tauco, isolasi dan pemurnian bakteri proteolitik, dan seleksi untuk memperoleh bakteri proteolitik yang potensial berdasarkan nilai indeks proteolitik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suspensi tauco yang diuji memiliki pH 5,0 dan kadar protein sebesar 31 mg/mL, diperoleh 21 isolat bakteri proteolitik dengan karakter morfologi koloni yang berbeda. Sebanyak 8 kandidat isolat bakteri proteolitik yang potensial telah berhasil dimurnikan. Dua isolat yang merupakan bakteri proteolitik potensial dengan nilai indeks proteolitik diatas 3,0 yaitu HTcUM₈ sebesar 3,30 dan HTcUM₁₀ sebesar 3,00.

Kata kunci: proteolitik, tauco, seleksi, bakteri, Surabaya

Abstract: The aims of this research were to know the diversity of proteolytic bacteria and to obtain the potential proteolytic bacteria from tauco fermented food of Surabaya. This research was conducted in several stages: determination of chemistry character of tauco, isolation and purification of proteolytic bacteria, and selection to obtain potential proteolytic bacteria based on proteolytic index value. The results showed that the tested tauco suspension had pH 5.0 and protein content of 31 mg/mL, 21 isolates of proteolytic bacteria with different colony morphology were obtained. A total of 8 candidates of potential proteolytic bacteria isolates have been successfully purified. Two isolates of potential proteolytic bacteria with proteolytic index values were above 3.0 were HTcUM₈ (3.30) and HTcUM₁₀ (3.00).

Keywords: proteolytic, tauco, selection, bacteria, Surabaya

Tauco merupakan produk pangan olahan khas Indonesia, hasil fermentasi kacang kedelai yang berbentuk pasta dan berwarna coklat kemerahan. Tauco memiliki bau tajam khas dengan rasa yang gurih, sehingga digunakan sebagai bumbu penyedap masakan. Tauco diperoleh dengan cara kacang kedelai kuning dikukus, digiling kasar, ditambahkan beberapa bumbu dan difermentasi hingga membentuk pasta, kemudian direndam dalam air garam dan difermentasi lagi selama beberapa minggu hingga berubah warna menjadi coklat kemerahan.

Kacang kedelai sebagai bahan baku tauco memiliki kandungan protein yang cukup tinggi, yaitu sebesar 35% berat kering, bahkan dapat mencapai 40-44% pada

kacang kedelai varietas unggul (Koswara, 1992). Data ini sejalan dengan Suprapti (2003) yang menyatakan bahwa kacang kedelai mengandung protein sebesar 34,9 g dari 100 g kacang kedelai kering yang diuji. Proses fermentasi pada bahan pangan yang mengandung protein menghasilkan produk olahan yang berasa gurih karena protein dalam kacang kedelai terdegradasi menjadi asam amino oleh aktivitas bakteri penghasil protease (bakteri proteolitik) selama proses fermentasi berlangsung. Chantawannakul, dkk., (2002) menunjukkan bahwa bakteri proteolitik dari *thua nao* (pangan fermentasi kacang kedelai hitam dari Thailand) adalah *Bacillus subtilis*. Cho dkk. (2003) menunjukkan bahwa bakteri proteolitik dari *meju* (pangan fermentasi kacang kedelai dari Korea) adalah *Bacillus amyloliquefaciens*. Fermentasi kacang kedelai pada tauco, *thua nao*, dan *meju* secara umum hampir sama, kedelai yang telah dibersihkan dan dikukus kemudian difermentasi. Kacang kedelai pada proses fermentasi *thua nao* dan *meju* dibungkus daun pisang sedangkan pada tauco dibiarkan di ruang terbuka. Proses dan lingkungan fermentasi yang berbeda tersebut maka diduga tauco mengandung bakteri proteolitik yang berbeda dengan yang dijumpai pada *thua nao* dan *meju*. Hingga saat ini belum pernah dilaporkan bagaimana keragaman dan potensi bakteri proteolitik dari tauco Jawa Timur.

Eksplorasi bakteri proteolitik dari isolat Lokal masih sangat penting untuk dilakukan. Bakteri lokal umumnya memiliki kemampuan adaptasi dan produktivitas metabolit yang tinggi. Bakteri proteolitik menghasilkan berbagai jenis protease ekstraselular sesuai dengan medium yang diberikan. Protease adalah enzim yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptida dalam protein. Kebutuhan protease sebagai enzim industri masih sangat tinggi dan digunakan pada berbagai proses industri. Indonesia pada tahun 2001 tercatat mengimpor protease sebesar 108 ribu ton dan pada tahun 2001 sebesar 122,3 ribu ton (Sutandi, 2003). Kebutuhan itu untuk mensuplai kebutuhan protease untuk detergen, proses pengolahan limbah, penyamakan kulit, farmasi dan industri pangan seperti pengempukan daging dan isolasi kolagen dari jaringan ikat untuk produksi gelatin. Berdasarkan hal tersebut maka telah dilakukan penelitian mengenai isolasi dan seleksi bakteri proteolitik dari tauco untuk memperoleh bakteri proteolitik potensial dari pangan fermentasi tauco Surabaya.

METODE

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan peralatan yang berbahan gelas antara lain: cawan petri, *spreader*, pipet volume 5 mL, tabung reaksi, batang pengaduk, pipet tetes, labu ukur 50 mL, gelas piala 50 mL dan 100 mL, Erlenmeyer 250 mL dan 500 mL, corong kaca, botol kaca, dan lampu spiritus. Peralatan instrumentasi meliputi, spektroskopi UV-*visible* merk Shimadzu, dan peralatain lain seperti: autoklaf, inkubator, neraca analitik ACIS, jangka sorong, batang ose ujung lingkaran, kertas whatmann nomor 40, kertas coklat, kertas indikator pH, dan *laminar air flow*. Bahan-bahan dalam penelitian ini yang berderajat p.a., meliputi:

asam asetat, natrium klorida, natrium, NaOH, reagen Folin Cioceltau, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, BSA (*bovine serum albumine*), Na_2CO_3 , glukosa, larutan uji Gram (larutan Kristal violet, larutan Iodin, larutan Safranin), pepton Oxoid, tirosin, TCA (trikloroasetat), kasein, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, minyak imersi, buffer fosfat pH 7.

Preparasi, Penentuan pH dan Kadar Protein Tauco

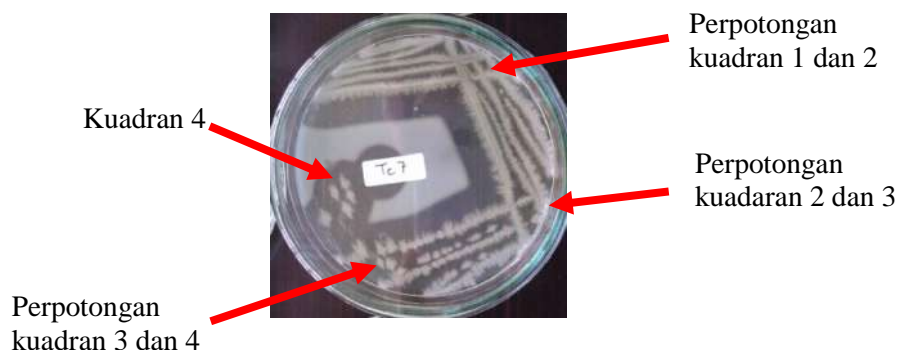
Sebanyak 25 g tauco diletakkan pada mortar steril, kemudian dihancurkan dengan pestel, ditambahkan dengan 250 mL akuades steril, sehingga terbentuk suspensi sampel tauco. Selanjutnya pH suspensi diukur dengan menggunakan kertas indikator pH dan diukur kadar proteinnya dengan metode Lowry.

Penentuan Kadar Protein dengan Metode Lowry

Pengukuran kadar protein dengan metode Lowry menggunakan metode penentuan kadar protein ini mengacu pada penelitian Lowry 1964 dalam Bollag dkk., 1996. Sebanyak 0,5 mL sampel yang mengandung 0 (blanko), 20, 40, 60, 80, 100 μg *Bovine Serum Albumin* (BSA), ditambah 2,5 mL pereaksi Biuret, diaduk hingga homogen. Campuran diinkubasi pada suhu kamar tepat 10 menit. Selanjutnya ditambahkan 0,25 mL Folin Ciaucalteau 1 N dan diinkubasi pada suhu kamar tepat 30 menit. Nilai absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 750 nm. Kadar protein ditentukan dengan menginterpolasikan nilai absorbansi sampel tauco ke kurva standar protein.

Isolasi dan Seleksi Bakteri Proteolitik dari Tauco

Isolasi dan seleksi bakteri proteolitik dilakukan beberapa tahap, yaitu: (1) bakteri diencerkan pada pengenceran $10^0 - 10^5$, (2) inokulasi bakteri pada media Susu Skim Agar (SSA) dengan metode sebar dengan cara 100 μL masing-masing larutan pada pengenceran $10^0 - 10^5$ disebar pada media susu skim dengan menggunakan batang *spreader*. Produk disimpan pada suhu kamar selama 48 jam. Bakteri yang menghasilkan protease akan membentuk zona bening di sekitar koloni bakteri pada media susu skim agar, (3) pengukuran indeks proteolitik untuk menentukan isolat potensial, dilakukan dengan cara mengukur diameter zona bening dibagi diameter koloni bakteri dengan menggunakan jangka sorong. Koloni bakteri dari isolat yang potensial ditapiskan pada media susu skim agar dengan metode gores kuadran yang memiliki perpotongan pada kuadran 1,2,3 dan 4. Metode gores kuadran dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh koloni bakteri yang seragam dan terbentuk koloni yang memisah pada kuadran 4. Koloni bakteri yang seragam pada setiap perpotongan kuadran dan ujung goresan yaitu kuadran 1,2,3 dan 4 dilakukan pewarnaan Gram (Gambar 1).



Gambar 1. Titik- titik Pengambilan Isolat untuk Konfirmasi Kemurnian Bakteri dengan Uji Gram

Pemurnian Isolat Bakteri Proteolitik

Pemeriksaan kemurnian isolat bakteri proteolitik dilakukan melalui pewarnaan Gram dengan cara kaca preparat dibersihkan dengan alkohol kemudian ditetesi dengan akuades steril. Sebanyak 1 - 2 ose koloni tunggal digoreskan pada kaca preparat yang telah ditetesi akuades steril dan difiksasi dengan pemanasan di atas bunsen. Preparat digenangi Gram A (kristal violet) dan didiamkan selama satu menit agar kristal violet meresap ke dalam sel bakteri. Cat dibuang dan preparat dibilas dengan akuades. Preparat digenangi Gram B (lugol) dan didiamkan selama dua menit agar lugol meresap ke dalam sel bakteri. Cat dibuang dan preparat dibilas dengan akuades. Preparat digenangi Gram C (alkohol) dan didiamkan selama lima belas detik untuk melarutkan zat warna kristal violet dan lugol. Cat dibuang dan preparat dibilas dengan akuades. Preparat digenangi Gram D (safranin) dan didiamkan selama tiga puluh detik agar safranin meresap ke dalam sel bakteri. Cat dibuang dan preparat dibilas dengan akuades. Preparat yang telah diwarnai difiksasi dengan pemanasan di atas bunsen. Preparat diamati secara mikroskopis pada perbesaran 1000x dengan ditetesi minyak imersi di atas kaca preparat untuk melihat bentuk sel bakteri. Bakteri disebut Gram positif bila hasil pewarnaan diperoleh sel bakteri berwarna ungu, sedangkan bila diperoleh sel bakteri berwarna merah maka bakteri tersebut adalah Gram negatif (Pelczar & Chan, 2008).

Konfirmasi Indeks Proteolitik Isolat Murni

Satu ose koloni tunggal isolat murni diencerkan pada pengenceran 10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , dan 10^5 . Larutan pada pengenceran 10^0 - 10^5 diambil 100 μ L masing-masing dan diinokulasikan dengan metode sebar pada media susu skim agar, diinkubasi pada temperatur kamar, dan diukur diameter zona bening yang dihasilkan koloni tunggal pada jam ke-48.

HASIL

Tauco dari Surabaya memiliki kadar protein 31 mg/mL dan pH 5,0. Isolasi bakteri proteolitik dari tauco tersebut menunjukkan terdapat 11 isolat yang

memiliki morfologi koloni berbeda dan terpisah-pisah dengan baik seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Selanjutnya diberi nama masing-masing koloni sebagai isolat HTcUM₁ – HTcUM₁₁ seperti ditunjukkan pada Tabel. Masing-masing koloni ditapiskan ke dalam medium SSA hingga diperoleh koloni tunggal. Isolat HTcUM₄ memiliki beberapa bentuk morfologi koloni, ada yang mirip dengan koloni pada isolat HTcUM₆ dan HTcUM₉. Maka tidak dilakukan pemurnian pada isolat HTcUM₄, diwakili oleh HTcUM₆ dan HTcUM₉. HTcUM₆ memiliki 2 isolat yang morfologinya berbeda. Masing-masing dimurnikan menjadi HTcUM_{6.1} dan HTcUM_{6.2}. HTcUM_{6.1} dimurnikan menjadi HTcUM_{6.1.1} dan HTcUM_{6.1.2}. HTcUM_{6.2} dimurnikan menjadi HTcUM_{6.2.1} dan HTcUM_{6.2.2}. HTcUM₉ dimurnikan menjadi HTcUM_{9.1} dan HTcUM_{9.2}. HTcUM₇ dimurnikan menjadi HTcUM_{7.1} dan HTcUM_{7.2}, sehingga total isolat selama pemurnian menjadi 20 isolat. Konfirmasi kemurnian isolat bakteri dilakukan dengan pengecatan Gram. Gambar 2 menunjukkan profil hasil pengecatan isolat yang belum murni dan isolat murni dengan uji Gram.

Pada pemurnian tahap pertama yang dilakukan selama tujuh bulan, sebanyak 4 isolat saja yang dapat dimurnikan yaitu HTcUM₂, HTcUM_{6.2.1}, HTcUM_{6.2.2}, dan HTcUM₁₀, data selengkapnya terdapat di Tabel 2. Maka pada sisa isolat yang belum murni dilakukan seleksi berdasarkan nilai indeks proteolitiknya terlebih dahulu, selanjutnya tahap pemurnian hanya dilakukan pada isolat yang diduga potensial. Hasil seleksi ditunjukkan pada Tabel 3.

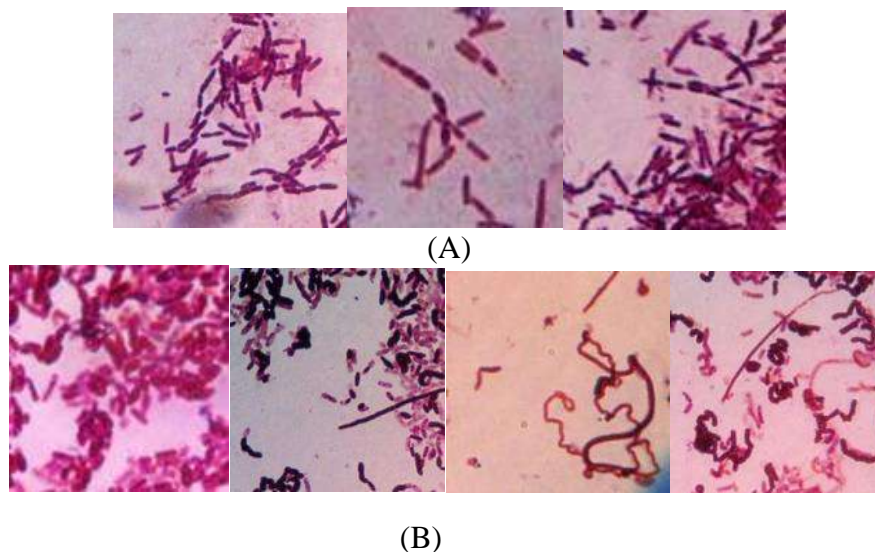
PEMBAHASAN

Kadar protein dan pH tauco berbeda dengan kadar protein dan pH pangan fermentasi lainnya seperti terasi Sidoarjo yang memiliki kadar protein 76,22 mg/mL dan pH 7,0 (Susanti, dkk., 2017). Perbedaan kadar protein dimungkinkan karena bahan baku pembuatan pangan fermentasi yang berbeda, tauco menggunakan kacang kedelai sedangkan terasi menggunakan ikan atau udang sehingga kadar proteinnya lebih tinggi. Lingkungan sampel yang berbeda tersebut diduga akan menghasilkan keragaman bakteri proteolitik dan jenis protease yang berbeda pula.

Berdasarkan nilai indeks proteolitik dari semua isolat pada Tabel 3 tampak adanya tiga kelompok bakteri proteolitik, yaitu: (1) kelompok tidak berpotensi, yaitu isolat HTcUM₃ dan isolat HTcUM₅. Isolat HTcUM₃ dimasukkan dalam kelompok tidak berpotensi karena nilai indeks proteolitik yang dihasilkan nol, nilai ini diperoleh karena diameter koloni bakteri sama besar dengan diameter zona bening. Isolat HTcUM₅ dimasukkan dalam kelompok tidak berpotensi karena tidak menghasilkan nilai indeks proteolitik, hal ini disebabkan karena isolat HTcUM₅ telah ditumbuhkan sebanyak tiga kali dan tetap tidak menghasilkan koloni untuk diukur indeks proteolitiknya.

Tabel 1. Bentuk Morfologi Isolat HTcUM₁-HTcUM₁₁

Nama Isolat	Morfologi	Gambar Isolat
HTcUM ₁	Berbentuk bulat dan berwarna putih dan juga adanya koloni berbeda yang tidak berbentuk yang tengahnya seperti berlubang dan ada seperti hifa dibagian tepi	
HTcUM ₂	Tidak beraturan dan berwarna putih	
HTcUM ₃	Berbentuk bulat dan berwarna putih	
HTcUM ₄	Berbentuk seperti kristal es dan ada koloni berbeda yang berbentuk bulat berwarna putih	
HTcUM ₅	Berbentuk bulat dan berwarna agak coklat	
HTcUM ₆	Berbentuk agak lonjong dan berwarna putih	
HTcUM ₇	Berbentuk bulat dan berwarna putih, ditengahnya lebih tebal dari pada bagian pinggir	
HTcUM ₈	Berbentuk bulat dan tebal dibagian tengah tetapi sangat kecil diameter ketebalannya	
HTcUM ₉	Berbentuk seperti kristal es dan berwarna putih	
HTcUM ₁₀	Berbentuk bergerigi dan berwarna putih	
HTcUM ₁₁	Tidak beraturan dan berwarna putih	











Gambar 2. Hasil Pengecatan Gram pada Isolat Murni (A) dan Belum Murni (B)

Tabel 2. Hasil Pemurnian Tahap Pertama

Isolat	Tahap Pemurnian	Tingkat keseragaman dan kemurnian	Bentuk sel
HTcUM ₁	2 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus
HTcUM₂	2 kali	Seragam dan murni	Basilus
HTcUM ₃	2 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus
HTcUM ₅	2 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus dan spirillum
HTcUM _{6.1}	3 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus dan kokus
HTcUM _{6.1.1}	4 kali	Belum seragam dan belum murni	Kokus
HTcUM _{6.1.2}	4 kali	Belum seragam dan belum murni	Kokus
HTcUM _{6.2}	3 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus dan kokus
HTcUM_{6.2.1}	4 kali	Seragam dan murni	Basilus
HTcUM_{6.2.2}	4 kali	Seragam dan murni	Basilus
HTcUM ₇	2 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus dan kokus
HTcUM _{7.1}	3 kali	Belum seragam dan belum murni	Kokus dan basilus
HTcUM _{7.2}	3 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus, kokus dan spiral
HTcUM ₈	2 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus
HTcUM ₉	2 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus dan spiral
HTcUM _{9.1}	3 kali	Belum seragam dan belum murni	Kokus
HTcUM _{9.2}	3 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus dan kokus
HTcUM₁₀	2 kali	Seragam dan murni	Basilus
HTcUM ₁₁	2 kali	Belum seragam dan belum murni	Basilus

Tabel 3. Hasil Seleksi pada Isolat HTcUM₃₋₉ yang Belum Murni


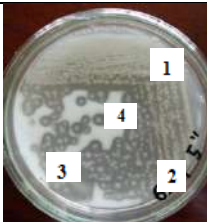


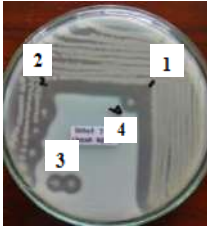


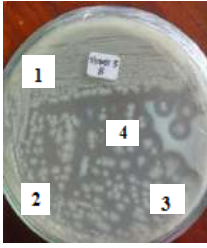


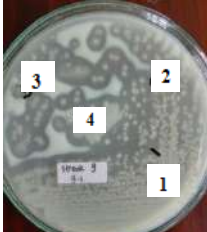
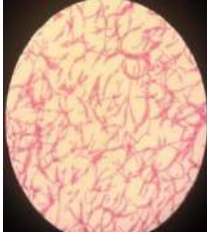
Isolat	Nilai Indeks Proteolitik Hari Ke 2	Gambar
HTcUM ₃	0	
HTcUM ₅	-	-
HTcUM _{6.1.1}	2,1	
HTcUM _{6.1.2}	1,3	
HTcUM _{7.1}	2,9	
HTcUM _{7.2}	1,8	
HTcUM ₈	2,3	
HTcUM _{9.1}	2,8	
HTcUM _{9.2}	1,8	

Isolat HTcUM₅ diduga telah mati sejak dari biakan induk, (2) kelompok berpotensi sedang, yaitu isolat HTcUM_{6.1.2}, HTcUM_{7.2}, dan HTcUM_{9.2}. Isolat HTcUM_{6.1.2}, HTcUM_{7.2}, dan HTcUM_{9.2} dimasukkan dalam kelompok berpotensi sedang karena isolat ini menghasilkan nilai indeks proteolitik ≤ 2 . (3) kelompok berpotensi tinggi, yaitu isolat HTcUM_{6.1.1}, HTcUM_{7.1}, HTcUM₈, dan HTcUM_{9.1}. Isolat HTcUM_{6.1.1}, HTcUM_{7.1}, HTcUM₈, dan HTcUM_{9.1} dimasukkan dalam kelompok berpotensi tinggi karena isolat ini menghasilkan nilai indeks proteolitik ≥ 2 . Isolat dengan potensi tinggi selanjutnya dipilih sebagai kandidat isolat potensial yaitu isolat HTcUM_{6.1.1}, HTcUM_{7.1}, HTcUM₈, dan HTcUM_{9.1}.

Permurnian dilakukan dengan menumbuhkan kandidat isolat potensial HTcUM_{6.1.1}, HTcUM_{7.1}, HTcUM₈, dan HTcUM_{9.1} pada media susu skim agar dengan metode gores empat kuadran yaitu kuadran 1,2,3 dan 4, hasil goresan diinkubasi selama 48 jam sampai koloni bakteri tumbuh. Koloni bakteri yang tumbuh diamati bentuknya apakah sudah seragam atau belum, jika koloni bakteri belum seragam maka dapat dipastikan isolat tersebut belum murni dan perlu dilakukan metode gores pada media susu skim agar kembali sampai diperoleh koloni bakteri yang seragam. Jika sudah diperoleh koloni bakteri yang seragam, selanjutnya dilihat apakah koloni tersebut tumbuh pada semua kuadran atau tidak. Koloni bakteri harus tumbuh pada semua kuadran untuk melihat bentuk sel pada tiap-tiap kuadran 1,2,3 dan 4 apakah sudah seragam atau belum. Jika koloni telah tumbuh pada semua kuadran, hasil goresan dilihat apakah pada kuadran empat

koloni bakteri sudah memisah satu-persatu atau belum, jika belum maka perlu dilakukan metode gores pada media susu skim agar kembali. Koloni bakteri harus memisah pada kuadran empat agar dapat diambil satu koloni untuk dipastikan kemurnian satu koloni tersebut dengan pewarnaan Gram. Hasil pemurnian isolat terpilih terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Konfirmasi Kemurnian Isolat Potensial Terpilih

Biakan Awal (Metode Sebar)	Jumlah Tahap Pemurnian	Hasil Pemurnian (Metode Gores)	Konfirmasi Kemurnian dengan Pewarnaan Gram (Kuadran 4)	Karakteristik Sel Bakteri Isolat Murni
 HTcUM _{6.1.1}	7 kali			Gram negatif Basil berantai
 HTcUM _{7.1}	8 kali			Gram negatif Basil berantai
 HTcUM ₈	7 kali			Gram negatif Basil tunggal
 HTcUM _{9.1}	11 kali			Gram negatif Basil berantai

Konfirmasi nilai indeks proteolitik isolat murni dilakukan dengan tujuan untuk menentukan isolat potensial berdasarkan nilai indeks proteolitik tertinggi dari semua isolat yang telah dimurnikan yang akan diproduksi di media cair. Hasil pengukuran indeks proteolitik isolat murni tahap satu dan dua dapat dilihat pada Tabel 5, diperoleh delapan isolat bakteri proteolitik yang potensial yaitu empat

isolat hasil pemurnian tahap satu yaitu HTcUM₂, HTcUM_{6.2.1}, HTcUM_{6.2.2}, dan HTcUM₁₀ dengan nilai indeks proteolitik masing-masing sebesar 2,67; 2,75; 2,40; dan 3,00 serta empat isolat potensial dari pemurnian tahap dua yaitu HTcUM_{6.1.1}, HTcUM_{7.1}, HTcUM₈, dan HTcUM_{9.1} dengan nilai proteolitik masing-masing sebesar 2,70; 2,40; 3,30; dan 2,30. Terdapat dua isolat yang memiliki nilai indeks proteolitik di atas 3,00 yaitu HTcUM₈ sebesar 3,30 dan HTcUM₁₀ sebesar 3,00, diduga kedua isolat ini memiliki kemampuan menghasilkan protease dengan aktivitas dan jumlah tinggi.

Tabel 5. Indeks Proteolitik Isolat Murni Bateri Proteolitik dari Tauco

Isolat Murni	Nilai Indeks Proteolitik
HTcUM ₂	2,67
HTcUM _{6.2.1}	2,75
HTcUM _{6.2.2}	2,40
HTcUM ₁₀	3,00
HTcUM _{6.1.1}	2,70
HTcUM _{7.1}	2,40
HTcUM ₈	3,30
HTcUM _{9.1}	2,30

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suspensi tauco dari Surabaya yang diuji memiliki pH 5,0 dan kadar protein sebesar 31 mg/mL, diperoleh 21 isolat bakteri proteolitik dengan karakter morfologi koloni yang berbeda. Sebanyak 8 kandidat isolat bakteri proteolitik yang potensial telah berhasil dimurnikan. Dua isolat merupakan bakteri proteolitik potensial dengan nilai indeks proteolitik diatas 3,0 yaitu HTcUM₈ (3,30) dan HTcUM₁₀ (3,0).

DAFTAR RUJUKAN

- Bollag, D.M., Rozycki, M.D., & Edelstein, S. I. 1996. *Protein Methods 2nd Ed.* New York: John Willey and Sons.
- Chantawannakul, P., Oncharoen, A., Klanbut, K., Chukeatirote, E., & Lumyong, S. 2002. Characterization of Proteases of *Bacillus subtilis* Strain 38 Isolated from Traditionally Fermented Soybean in Northern Thailand. *ScienceAsia*, 28: 241–245.
- Cho, S.J., Oh, S.H., Pridmore, R.D., Juillerat, M.A., & Lee, C. H. 2003. Purification and Characterization of Proteases from *Bacillus amyloliquefaciens* Isolated from Traditional Soybean Fermentation Starter. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26): 7664–7670.
- Koswara, S. 1992. *Teknologi Pengolahan Kedelai Menjadikan Makanan Bermutu.* Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.

Pelczar, M.J.Jr. & Chan, E.C.S. 2008. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI-Press.

Suprpti, L. 2003. *Pembuatan Tempe*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Susanti, E., Suharti, Chusniyah, N & Paramitha, S.T.A. 2017. *The Isolation and Screening of Proteolytic Bacteria of Terasi Sidoarjo as Protease Candidat for Extraction of Collagen Protein from Milky Fish Scale*, disajikan dalam The 1st Annual International Conference on Mathematics, Science and Education (ICOMSE) at Graha Cakrawala, East Java Indonesia, 29-30 Agustus 2017.

Sutandi, C. 2003. *Analisis Potensi Enzim Protease Lokal*. Disertasi tidak diterbitkan. Bogor: Fakultas Pertanian IPB (Institut Pertanian Bogor).

Yulia Gita Choirani, dkk_Biokimia

Pemurnian Enzim Keratinase Bakteri *Bacillus sp.* MD24 Menggunakan Metode Fraksinasi Amonium Sulfat

Yulia Gita Choirani, Suharti, Muntolib
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: suharti.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) aktivitas ekstrak kasar enzim keratinase bakteri *Bacillus sp.* MD24 yang diproduksi menggunakan metode *solid stated fermentation* (SSF) dengan kelembaban 150% dan 250% menggunakan bulu ayam sebagai substrat dan (2) fraksi amonium sulfat yang menghasilkan aktivitas spesifik, tingkat kemurnian, dan *yield* yang optimum. Penelitian ini dilakukan dalam 4 tahap, yakni (1) regenerasi bakteri *Bacillus sp.* MD24 dengan media padat susu skim agar; (2) produksi ekstrak kasar keratinase dari *Bacillus sp.* MD24 dengan metode SSF 150% dan 250% menggunakan substrat bulu ayam; (3) penentuan aktivitas ekstrak kasar *Bacillus sp.* MD24, dan (4) pemurnian enzim dengan metode fraksinasi amonium sulfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) aktivitas ekstrak kasar keratinase yang diproduksi menggunakan metode SSF 150% dan SSF 250% berturut-turut adalah 62,40 U/mL dan 73,35 U/mL. (2) Tingkat kemurnian enzim tertinggi pada metode SSF 150% dan SSF 250% diperoleh pada fraksi yang sama yakni fraksi 40-60% dengan tingkat kemurnian enzim sebesar 1,66. Aktivitas enzim, aktivitas spesifik, tingkat kemurnian, dan *yield* hasil pemurnian ekstrak kasar enzim keratinase yang diproduksi dengan metode SSF 150% berturut-turut sebesar 183,24 U/mL; 161,59 U/mg; 1,66; dan 22,02%. Dan aktivitas enzim, aktivitas spesifik, tingkat kemurnian, dan *yield* hasil pemurnian ekstrak kasar enzim keratinase yang diproduksi dengan metode SSF 250% berturut-turut sebesar; 306,90 U/mL; 313,8 U/mg; 1,66; dan 29,29%.

Kata kunci: *Bacillus sp.* MD24, keratinase, SSF, aktivitas enzim, tingkat kemurnian, dan *yield*.

Abstract: This study aims to determine (1) the activity of crude extract of bacterial keratinase enzyme *Bacillus sp.* MD24 produced using Solid Stated Fermentation (SSF) method with 150% moisture and 250% using chicken feather as substrate and (2) ammonium sulfate fraction resulting in specific activity, optimum purity, and yield. This research was conducted in 4 stages, namely (1) regeneration of *Bacillus sp.* MD24 with solid milk skim agar media; (2) production of crude keratinase extract from *Bacillus sp.* MD24 with SSF method 150% and 250% using chicken feather substrate; (3) determination of activity of rough extract of *Bacillus sp.* MD24, and (4) purification of enzyme by ammonium sulfate fractionation method. The results showed that (1) the crude keratinase extract activity produced using SSF method 150% and SSF 250% were 62,40 U/mL and 73,35 U/mL respectively. (2) The highest enzyme purity level in SSF method 150% and SSF 250% were obtained at the same fraction ie 40-60% fraction with enzyme purity level of 1,66. The activity of enzyme, specific activity, level of purity, and yield of purification of crude extract of keratinase enzyme produced by SSF method 150% respectively of 183,24 U/mL;

161,59 U/mg; 1,66; and 22,02%. And the activity of enzyme, specific activity, level of purity, and yield of purification of crude extract of keratinase enzyme produced by SSF method 250%, respectively; 306,90 U/mL; 313,8 U/mg; 1,66; and 29,29%.

Keywords: *Bacillus sp.* MD24, keratinase, SSF, enzyme activity, purity level, and yield.

Proses melepaskan rambut dari kulit kambing atau sapi sebelum dilakukan penyamakan kulit tersebut disebut *dehairing*. *Dehairing* secara kimia umumnya dilakukan bersama pengapuran (*liming*) yang prosesnya menggunakan bahan penyamak Na_2S atau NaSH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (De Souza & Gutierrez, 2014; Kanerva, dkk., 2010). Ningrum (2010) menyatakan bahwa *dehairing* secara kimia menghasilkan limbah yang memiliki nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*) yang tinggi serta mengandung senyawa sulfida yang dapat membahayakan kesehatan manusia seperti gangguan pada saluran pernafasan, kulit, pembuluh darah, dan ginjal (Sudarmadji, dkk., 2006).

Berdasarkan permasalahan tersebut dan dalam upaya menghindari pencemaran industri, maka perlu dicari alternatif pengolahan kulit untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Salah satu alternatif tersebut adalah pemanfaatan enzim sebagai teknologi penyamakan kulit ramah lingkungan (Pawiroharsono, 2008). Enzim yang dapat digunakan pada proses *dehairing* adalah enzim protease (Arunachalam & Saritha, 2009; Kandasamy, dkk., 2012; Sawant & Nagendran, 2014). Kandasamy dkk. (2012) protease yang dapat diaplikasikan untuk *dehairing* kulit kambing adalah enzim keratinase.

Menurut *Nomenclature Comitte of The International Union of Biochemistry* (IUB), keratinase digolongkan sebagai enzim hidrolase (EC.3.4.99). Keratinase mampu mendegradasi keratin melalui hidrolisis ikatan peptida dan ikatan disulfida pada keratin menjadi polipeptida-polipeptida pendek dan asam-asam amino (Cai, dkk., 2008). Keratinase dapat diproduksi oleh mikroorganisme antara lain *Bacillus licheniformis* (Williams, dkk., 1991), *Bacillus subtilis* (Zerdani, dkk., 2004) dan *Chryseobacterium sp* (Riffel, dkk., 2003). Selain mikroorganisme tersebut, isolat indigen *Bacillus sp.* MD24 diidentifikasi dapat memproduksi keratinase (Riesmi, 2015). Kemampuan *Bacillus sp.* MD24 dalam memproduksi keratinase dibuktikan dengan kemampuannya dalam mendegradasi bulu ayam. Dalam jangka waktu 10 hari % *weight loss* yang dihasilkan degradasi bulu ayam adalah 71,01% (Purwati, 2015). Riesmi (2015) melaporkan bahwa *Bacillus sp.* MD24 terbukti dapat tumbuh pada media keratin agar.

Aktivitas ekstrak kasar keratinase *Bacillus sp.* MD24 yang diproduksi dengan metode SmF (*Submerged Fermentation*) adalah 3,54 U/mL (Zuhriyah, 2016). Ekstrak kasar tersebut mampu mendegradasi bulu kambing selama 3 hari. Waktu yang diperlukan untuk *dehairing* tersebut masih terlalu lama. Hal ini tidak

efektif untuk kebutuhan industri. Disamping itu kulit mengalami kerusakan setelah *dehairing* yang diduga akibat adanya aktivitas kolagenase. Dengan demikian perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan produksi keratinase dan menghilangkan aktifitas kolagenase. Upaya yang mungkin dapat meningkatkan aktivitas keratinase adalah menggunakan metode SSF (*Solid State Fermentation*). Pada metode ini mikroorganisme tumbuh pada substrat padat dengan kadar air yang rendah. Peningkatan aktivitas enzim melalui pemurnian enzim dapat dilakukan menggunakan metode pengendapan. Salah satu metode pengendapan yang dapat digunakan adalah metode pengendapan oleh amonium sulfat. Metode ini telah dilakukan untuk memurnikan secara parsial keratinase ekstraseluler yang dihasilkan oleh *Bacillus sp.* MD24 menggunakan metode SmF.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui: (1) aktivitas ekstrak kasar enzim keratinase bakteri *Bacillus sp.* MD24 yang diproduksi menggunakan metode SSF dengan kelembaban 150% dan 250% menggunakan bulu ayam sebagai substrat dan (2) fraksi amonium sulfat yang menghasilkan aktivitas spesifik, tingkat kemurnian, dan *yield* yang optimum.

METODE

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut: spatula, batang pengaduk, gelas arloji, corong kaca, lampu spiritus, tabung mikro dengan kapasitas volume 2 mL, kawat ose ujung lingkaran, kapas, plastik wrap, aluminium foil, gelas ukur, pipet volum, pipet mikro, tabung reaksi, gelas beaker, labu takar, labu Erlenmeyer, autoklaf *Tomy*, inkubator *Eyela Soft Incubator*, lemari es, neraca analitik *Acis*, *Shaker waterbath Eyela Uni Thermo Shaker*, Sentrifugator *Dynamica*, Spektrofotometer UV-VIS *Biosmart* dan pH meter.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian antara lain: kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), kalium hidrogen fosfat (K_2HPO_4), natrium klorida (NaCl), magnesium klorida (MgCl_2), magnesium sulfat (MgSO_4), kasein, agarosa, *Trichloroacetic Acid* (TCA), *tris-base*, asam klorida (HCl), kalsium(II) klorida dihidrat (CaCl_2), kalium klorida (KCl), kalsium karbonat (CaCO_3), amonium fosfat ($(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$), ammonium sulfat ($(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$), bulu ayam, akuades, susu skim, membran dialisis semipermeabel, serta biakan murni bakteri *Bacillus sp.* MD24 yang diperoleh dari penelitian sebelumnya yang telah diisolasi Riesmi (2015).

Prosedur Kerja

Regenerasi biakan murni bakteri *Bacillus sp.* MD24 dilakukan sebelum produksi ekstrak kasar enzim dengan metode SSF. Regenerasi dilakukan secara aseptis. Ujung kawat ose dipijarkan, setelah dingin ujung kawat ose disentuh pada kultur murni bakteri. Satu ose biakan murni bakteri diinokulasikan secara aseptik kedalam media padat susu skim-agar. Media tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama ± 16 jam hingga terbentuk koloni bakteri.

Produksi ekstrak kasar keratinase dari isolat *Bacillus sp.* MD24 dengan metode SSF diawali dengan pembuatan *preculture*. *Preculture* disiapkan dalam labu Erlenmeyer 100 mL yang berisi 50 mL media cair (pH 8,0) yang sudah diautoklaf kemudian diinokulasi dengan *Bacillus sp.* MD24. Media cair yang telah diinokulasi selanjutnya diinkubasi dalam *shaker* pada suhu 37 °C dengan kecepatan aerasi 100 rpm selama ± 18 jam.

Media produksi dengan kelembaban 150% dan 250% masing-masing disiapkan dalam Erlenmeyer 250 mL. Dua Erlenmeyer tersebut masing-masing diisi 5 gram bulu ayam. Metode SSF 150% ditambah dengan 7,5 mL larutan campuran garam dan SSF 250% ditambahkan dengan 12,5 mL larutan campuran garam. Larutan tersebut mengandung (g/L) KCl, 0.2; MgSO₄.7H₂O, 0.2; (NH₄)₂PO₄, 1; CaCO₃, 20; KH₂PO₄, 0.5; K₂HPO₄, 0.5. Campuran kemudian diautoklaf pada 121°C selama 20 menit, setelah itu didinginkan hingga suhu kamar kemudian ditambahkan 5 mL inokulum dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 3 hari. Kultur hasil inkubasi ditambah 150 mL akuades sambil diaduk perlahan dengan menggunakan batang pengaduk kemudian disaring dan larutan hasil penyaringan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit pada temperatur ± 4 °C. Supernatan yang diperoleh merupakan ekstrak kasar enzim keratinase ekstraseluler yang dihasilkan oleh *Bacillus sp.* MD24. Ekstrak kasar enzim tersebut selanjutnya digunakan untuk uji aktivitas ekstrak kasar dan kadar proteinnya.

Uji aktivitas dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 0,5 mL ekstrak kasar enzim yang sudah disentrifugasi, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 2,5 mL larutan kasein 10% dalam larutan tris-HCl pH 8. Campuran dihomogenasi dengan vortex dan diinkubasi pada temperatur 37°C selama 30 menit. Setelah diinkubasi 30 menit, larutan ditambah dengan 1 mL TCA 10% untuk menghentikan reaksi enzimatik dan buffer Tris-HCl pH 8 sebanyak 0,5 mL. Campuran kemudian divortex dan diinkubasi pada temperatur 4°C selama 20 menit, setelah itu disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 10.000 rpm sehingga dihasilkan pelet dan supernatan. Supernatan tersebut diukur absorbansi larutannya pada panjang gelombang 280 nm. Untuk larutan kontrol diperlakukan hampir sama namun larutan ekstrak kasar diganti dengan buffer tris-HCl pH 8 dan penambahan ekstrak kasar enzim setelah ditambahkan dengan TCA.

Uji kadar protein dilakukan dengan cara sebanyak 1 mL ekstrak kasar dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambah 5 mL reagen Lowry kemudian dihomogenisasi menggunakan vortex. Campuran tersebut kemudian diinkubasi selama 10 menit pada suhu ruang, setelah itu ditambah 0,5 mL reagen Folin dan dihomogenisasi dengan vortex. Campuran selanjutnya diinkubasi selama 30 menit pada temperatur ruang dan diukur absorbansinya. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 590 nm. Data absorbansi yang diperoleh dimasukkan pada persamaan regresi kurva standar *Bovine Serum Albumine* (BSA) untuk memperoleh data kadar protein dalam sampel. Larutan standar BSA dengan konsentrasi 0,0; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; dan 1,0 mg/mL.

Pemurnian enzim keratinase dilakukan dengan metode fraksinasi menggunakan pengendapan garam amonium sulfat. Ekstrak kasar keratinase dari *Bacillus sp.* MD24 diperoleh kurang lebih 200 mL ditambahkan dengan garam amonium sulfat sedikit demi sedikit sambil diaduk perlahan dengan *magnetic stirrer* pada temperatur $\pm 4^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai tingkat kejenuhan 0 - 20% (massa amonium sulfat total 21,20 gram). Larutan selanjutnya dibiarkan selama ± 12 jam pada temperatur $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Protein yang mengendap dipisahkan dengan cara sentrifugasi pada suhu 4°C dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Kemudian pelet dari hasil sentrifugasi diresuspensi dengan campuran buffer tris-HCl 50 mM pH 8 yang mengandung 2 mM CaCl_2 . Larutan tersebut dimasukkan dalam membran selofan yang telah diaktifasi, kemudian didialisis menggunakan buffer tris-HCl 50 mM pH 8 yang mengandung CaCl_2 2 mM pada suhu 4°C . Pergantian buffer dilakukan tiap 4 jam sampai semua garam berdifusi keluar membran. Hasil dialisis ini merupakan fraksi pertama (0 - 20%). Selanjutnya supernatan yang dihasilkan setelah disentrifugasi diperlakukan sama untuk mendapatkan fraksi amonium sulfat pada tingkat kejenuhan 20 - 40 %, 40 - 60 %, 60 - 80 %, dan 80 - 100 %. Hasil dialisis tiap fraksi tersebut kemudian digunakan untuk uji aktivitas dan kadar protein.

HASIL

Regenerasi Bakteri *Bacillus sp.* MD24 pada Media Susu Skim Agar

Bakteri *Bacillus sp.* MD24 terbukti dapat mengsekresikan keratinase ekstraseluler yang ditandai dengan munculnya zona bening di sekitar koloni sebagai akibat hilangnya emulsi kasein.



Gambar 1. Hasil Regenerasi Bakteri *Bacillus sp.* MD24

Produksi Ekstrak Kasar Keratinase Menggunakan Metode SSF 150% dan SSF 250%

Media produksi yang telah ditambah dengan *preculture* diinkubasi pada suhu 37°C selama 3 hari untuk mendapatkan hasil produksi enzim yang optimum. Supernatan hasil sentrifugasi merupakan ekstrak kasar keratinase hasil fermentasi dengan metode SSF pada kelembaban 150% dan 250%. Ekstrak kasar tersebut selanjutnya diukur aktivitas enzim dan kadar proteinnya.

Tabel 1. Hasil Uji Aktivitas dan Uji Kadar Protein Media SmF, SSF 150% Dan SSF 250%

Media produksi	Volume ekstrak kasar (mL)	Aktivitas enzim (U/mL)	Total protein (mg)	Aktivitas total (U)	Aktivitas spesifik enzim (U/mg)
SSF 150 %	200	62,40	128,40	12480	97,20
SSF 250 %	200	73,35	77,40	14670	189,53

Pemurnian Enzim Keratinase Menggunakan Metode Fraksinasi Amonium Sulfat

Berdasarkan hasil pemurnian metode SSF 150% dan SSF 250% masing-masing menghasilkan aktivitas spesifik, tingkat kemurnian dan persen *yield* tertinggi pada fraksi 40 - 60%.

Tabel 2. Data dan Perhitungan Aktivitas Total, Aktivitas Spesifik, Tingkat Kemurnian, dan Yield Tiap Fraksi pada a) SSF 150% dan b) SSF 250%

a) SSF 150%

Fraksi (%)	Aktivitas Enzim (U/mL)	Vol (mL)	Aktivitas Total (U)	Total Protein (mg)	Aktivitas Spesifik Enzim (U/mg)	Tingkat Kemurnian	Yield (%)
Ekstrak Kasar	62,40	200	12.480	128,40	97,20	1,0	100
0-20	0,0	0	0	0	0	0	0
20-40	18,36	14	257,04	9,20	27,94	0,29	2,06
40-60	183,24	15	2.748,60	17,01	161,59	1,66	22,02
60-80	119,88	9	1.078,92	8,23	131,10	1,35	8,64
80-100	62,10	6,5	403,65	3,98	101,42	1,04	3,23

b) SSF 250%

Fraksi (%)	Aktivitas Enzim (U/mL)	Vol (mL)	Aktivitas Total (U)	Total Protein (mg)	Aktivitas Spesifik Enzim (U/mg)	Tingkat Kemurnian	Yield (%)
Ekstrak Kasar	73,35	200	14.670	77,4	189,53	1,0	100
0-20	0,0	0	0	0	0	0	0
20-40	63,72	14	923,94	5,96	155,02	0,82	6,30
40-60	306,90	14	4.296,60	13,69	313,85	1,66	29,29
60-80	181,62	15	2.724,30	10,84	251,32	1,33	18,50
80-100	62,64	7	438,48	5,45	80,45	0,42	2,99

Berdasarkan hasil tersebut, aktivitas spesifik keratinase yang dihasilkan metode SSF 250% lebih tinggi dibandingkan metode SSF 150%. Penelitian yang dilakukan oleh Nurkhasnah (2017) aktivitas enzim keratinase tertinggi dari bakteri *Bacillus sp.* MD24 dihasilkan pada metode SSF 250%, penelitian tersebut benar berdasarkan data hasil pemurnian keratinase yang telah dilakukan.

PEMBAHASAN

Regenerasi Bakteri *Bacillus sp.* MD24 pada Media Susu Skim Agar

Regenerasi bakteri bertujuan untuk (1) meremajakan bakteri agar mendapatkan bakteri yang sehat dan produktif serta terjaga dari kematian, (2) memastikan bahwa biakan yang digunakan tidak terkontaminasi dengan cara melihat koloni yang dihasilkan dan kemampuannya dalam menghasilkan enzim protease ekstraseluler. Regenerasi bakteri *Bacillus sp.* MD24 dilakukan pada media padat susu skim agar. Media susu skim agar merupakan media selektif yang dapat ditumbuhi oleh bakteri proteolitik. Keratinase termasuk ke dalam bakteri proteolitik yang dapat menghasilkan zona bening pada media susu skim agar. Bakteri *Bacillus sp.* MD24 terbukti dapat mengsekresikan keratinase ekstraseluler yang ditandai dengan munculnya zona bening di sekitar koloni sebagai akibat hilangnya emulsi kasein.

Produksi Ekstrak Kasar Keratinase Menggunakan Metode SSF 150% dan SSF 250%

Produksi enzim oleh bakteri *Bacillus sp.* MD24 menggunakan metode SSF dengan substrat bulu ayam sebagai satu-satunya sumber karbon dan nitrogen. Pada kondisi ini bakteri dipaksa mengekskresikan keratinase untuk mendegradasi bulu ayam dalam upayanya untuk bertahan hidup dan berkembangbiak. Supernatan hasil sentrifugasi merupakan ekstrak kasar keratinase hasil fermentasi dengan metode SSF pada kelembaban 150% dan 250%.

Aktivitas spesifik antara metode SSF 150% dan SSF 250% dipengaruhi oleh kadar air yang digunakan pada proses produksi. Kadar air pada SSF 250% lebih banyak daripada kadar air pada SSF 150%. Menurut Gervais & Molin (2003) pada metode SSF untuk mengoptimalkan kebutuhan oksigen tanpa membatasi difusi nutrisi, diperlukan kandungan air dibawa *Water Holding Capacity* (WHC) dari substrat padat. Selain itu, untuk meningkatkan aktivitas air (difusi) yang merupakan faktor penting untuk pertumbuhan maka perlu dipertimbangkan kebutuhan dan produksi air. Demikian, perlu dilakukan penentuan keadaan optimum pada metode SSF. Berdasarkan aktivitas spesifik keratinase yang dihasilkan dari bakteri *Bacillus sp.* MD24 pada kelembaban SSF 150% dan SSF 250% aktivitas enzim hasil produksi pada kelembaban SSF 250% lebih besar jika dibandingkan dengan SSF 150%. Aktivitas *Bacillus sp.* MD24 tersebut kemungkinan bisa mengalami kenaikan dengan meningkatnya kelembaban SSF. Demikian, perlu dilakukan optimasi kelembaban lebih lanjut untuk mengetahui kelembaban optimum SSF.

Pemurnian Enzim Keratinase Menggunakan Metode Fraksinasi Amonium Sulfat

Amonium sulfat yang ditambahkan kedalam larutan protein akan terurai menjadi ion-ionnya dan tersolvasi oleh molekul air. Lingkungan ionik menyebabkan berkurangnya molekul air bebas akibat semakin banyak amonium

sulfat yang ditambahkan. Berkurangnya molekul air bebas menyebabkan meningkatnya interaksi hidrofobik antar protein yang berdekatan, sehingga molekul-molekul protein teragregasi membentuk endapan. Hal tersebut dapat menurunkan kelarutan protein sehingga terjadi efek *salting out* (Koelman & Roehm, 2005; England & Seifer, 1990). Berdasarkan perbedaan hidrofobisitas protein, maka dilakukan fraksinasi untuk mengetahui rentang konsentrasi garam yang dapat mengendapkan protein secara optimum.

Jumlah *yield* total yang dihasilkan pada metode SSF 150% sebesar 35,95% dan pada metode SSF 250% dihasilkan jumlah *yield* total sebesar 57,07%. Jumlah *yield* menunjukkan banyaknya enzim yang hilang selama proses pemurnian, semakin besar jumlah *yield* maka semakin kecil jumlah enzim yang hilang selama pemurnian. Hilangnya enzim selama proses pemurnian dapat terjadi akibat denaturasi protein karena perubahan suhu dan pengadukan yang terlalu cepat selama proses pemurnian.

SIMPULAN DAN SARAN

Aktivitas ekstrak kasar enzim keratinase dari bakteri *Bacillus sp.* MD24 menggunakan metode SSF 150 % dan SSF 250% adalah 62,40 U/mL dan 73,35 U/mL. Aktivitas spesifik enzim, tingkat kemurnian, dan *yield* hasil pemurnian pada fraksi 40-60 % dengan metode SSF 150 % berturut-turut yaitu, 161,59 U/mg; 1,66 kali ekstrak kasar; dan 22,02 %, sedangkan metode SSF 250 % berturut-turut yaitu 313,85 U/mg; 1,66 kali ekstrak kasar; dan 29,29 %. Fraksi amonium sulfat yang menghasilkan aktivitas spesifik dan tingkat kemurnian yang tinggi pada SSF 150 % maupun SSF 250 % adalah fraksi 40-60 %.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, beberapa saran diperlukan untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih baik, diantaranya perlu dilakukan analisis hasil pemurnian untuk dapat mengetahui kemurnian enzim keratinase hasil pemurnian fraksional dengan menggunakan metode SDS-PAGE, dan melakukan pemurnian lebih lanjut dengan teknik lain untuk mendapatkan keratinase dengan kemurnian yang tinggi. Salah satu teknik yang dapat digunakan yaitu kromatografi kolom penukar ion, interaksi hidrofobik dan filtrasi gel.

DAFTAR PUSTAKA

- Arunachalam, C. & Saritha, K. 2009. Protease Enzyme: an Eco-friendly Alternative for Leather Industry. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(12): 29-32.
- Cai, C., Lou, B., & Zheng, X. 2008. Keratinase Production and Keratin Degradation by a Mutant Strain of *Bacillus subtilis*. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 9(1): 60–67.
- De Souza, F.R. & Gutterres, M. 2014. Application of Enzymes in Leather Processing: A Comparison Between Chemical and Coenzymatic Processes. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 29(3): 473-482.

- Englard, S. & Seifter, S. 1990. Precipitation Techniques. *Methods Enzymology*, 182: 285-300.
- Gervais, P., & Molin, P. 2003. The Role of Water in Solid State Fermentation The role of water in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 11: 85-101.
- Kandasamy, N., Velmurugan, P., Sundarvel, A., Raghava, R. J., Bangaru, C., & Palanisamy. 2012. Eco-benign Enzymatic Dehairing of Goatskins Utilizing a Protease from a *Pseudomonas fluorescens* species Isolated from Fish Visceral Waste. *Journal of Cleaner Production*, 25: 27-33.
- Kanerva, L., Elser, P., Wahlberg, J. E., & Maibach, H. I. 2013. *Handbook of Occupational Dermatology*. Berlin: Springer.
- Koelman, J. & Roehm. 2005. *Color Atlas Biochemistry*. New York: Thieme.
- Ningrum, D. 2010. *Pengaruh Industri Penyamakan Kulit Terhadap Kualitas Lingkungan dan Peran Pengrajin dalam Pengelolaan Limbahnya*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI, FT Institut Teknologi Surabaya, Surabaya, 6 Februari.
- Pawiroharsono, S. 2008. Penerapan Enzim untuk Penyamakan Kulit Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(1): 51-58.
- Purwati, D.F. 2015. *Isolasi dan Karakterisasi Ekstrak Kasar Keratinase Isolat MD24 serta Uji Potensinya Mendegradasi Bulu Ayam Utuh*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Riesmi, M. T. 2015. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Keratinase Indigenous dari Sampel Tanah*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Riffel, A., Lucas, F., & Philipp, H. 2003. Characterization of New Keratinolytic Bacterium that Completely Degrades Native Feather Keratin. *Arch Microbiol*, 179: 258-265.
- Sawant, R. & Nagendran, S. 2014. Protease: an Enzyme With Multiple Industrial Applications. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(6): 568-579.
- Sudarmadji, Mukono, J., & Corie, I. P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(2): 129-142.
- Williams, C.M., Lee, C.G., Garlich, J.D., & Shih, J.C.H. 1991. Evaluation of a Bacterial Feather Fermentation Product, Feather-Lysate, as a Feed Protein. *Poultry Sci.*, 70(1):85-94.
- Zerdani, I., Faid, M., & Malki. A. 2004. Feather Wastes Digestion By New Isolated Strains *Bacillus sp.* *Morocco African Journal of Biotechnology*, 3(1):67-70.

Zuhriyah, U.F. 2016. *Optimasi Aktivitas Ekstrak Kasar Keratinase dari Bacillus sp. sebagai Agen Dehairing Kulit Kambing*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.

Warlinda Eka Triastuti, dkk_Biokimia

Hidrolisis Asam Fosfat untuk Produksi Gelatin dari Sisik Ikan Kakap Merah

Warlinda Eka Triastuti, Laela Inayatus, Handyta Faradiella, Debi Wulandari, Rengganis Ela, Faiza Amalia
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jalan Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111,
e-mail: inayatuslaela@gmail.com

Abstrak: Gelatin adalah produk alami yang diperoleh dari hidrolisis parsial kolagen. Fungsi gelatin sebagai bahan pengisi, pengemulsi (*emulsifier*), pengikat, pengendap, pemerkaya gizi, pengatur elastisitas. Selama ini pemenuhan kebutuhan gelatin di Indonesia semakin meningkat. Berdasarkan data Kemenperin tahun 2012, impor gelatin tahun 2007 - 2011 meningkat 20,26% dengan nilai impor tahun 2011 mencapai 25.036,10 (ribu US dollar). Salah satu bahan yang berpotensi untuk menghasilkan gelatin adalah tulang dan kulit ikan karena kulit ikan sebagian besar (berkisar 80%) terdiri atas jaringan serat kolagen yang dibangun oleh tenunan pengikat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh konsentrasi asam fosfat, lama perendaman dan pengaruh suhu hidrolisa terhadap produksi gelatin dari sisik ikan kakap. Pada penelitian ini sumber gelatin yang digunakan adalah sisik ikan kakap merah dengan metode dihidrolisa menggunakan pelarut asam fosfat dengan variabel konsentrasi asam fosfat sebesar 4%, 6%, 8%, waktu perendaman 3 hari, 5 hari dan suhu hidrolisa 60°C, 75°C, 90°C. Didapatkan hasil paling optimal adalah dengan konsentrasi asam fosfat 6% dengan lama perendaman 3 hari dan suhu hidrolisis 75°C yaitu diperoleh rendemen sebesar 39,74%, namun masih terdapat banyak kapur yang ikut mengendap selama proses hidrolisa. Pada Uji FTIR, spektra yang didapatkan pada hasil analisa ini merupakan gugus fungsi yang terdapat pada gelatin komersial. Sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa pada penelitian ini adalah gelatin.

Kata kunci: gelatin, hidrolisis, sisik ikan, kakap merah

Abstract: Gelatin is a natural product obtained from partial hydrolysis of collagen. Function of gelatin as filler, emulsifier, binder, settler, nutritional enrichment, elasticity regulator. So far, the fulfillment of the needs of gelatin in Indonesia increasing. Based on data from the Ministry of Industry in 2012, the import of gelatin in 2007 - 2011 increased by 20,26% with import value in 2011 reaching 25.036,10 (thousand US dollars). One of the ingredients that has the potential to produce gelatin is the bone and the skin of fish because most fish skins (about 80%) consist of collagen fiber tissue built by binding weaves. The purpose of this research was to know the effect of phosphoric acid concentration, the duration of immersion and the influence of hydrolysis temperature on gelatin production from the snapper scale. In this study the source of gelatin used was red snapper scales by hydrolyzed method using phosphoric acid solvent with phosphoric acid concentration variable of 4%, 6%, 8%, immersion time 3 days, 5 days and hydrolysis temperature 60°C, 75°C, 90°C. The most optimum result was 6% of phosphoric acid concentration with 3 days immersion and hydrolysis temperature of 75 °C, which was obtained by 39,74%, but there were still a lot of lime

that precipitated during the hydrolysis process. In the FTIR test, the spectra obtained in the results of this analysis was a functional group present in commercial gelatin. So it could be concluded that the compound in this study was gelatin.

Keyword: gelatin, hydrolisis, fish scales, red snapper

Produksi sisik ikan kakap merah menjadi gelatin akan menaikkan nilai ekonomi dari sisik ikan kakap merah. Sisik ikan kakap merah mengandung air 10,78%, abu 43,54%, lemak 4,37% dan protein 28,49% sehingga dapat berpotensi sebagai pembuatan gelatin (Talumepa, dkk., 2016). Selain itu kebutuhan akan gelatin yang terus meningkat memaksa jumlah produksi gelatin yang harus ditingkatkan, hal ini ditunjukkan dengan data Kemenperin tahun 2012, impor gelatin tahun 2007 - 2011 meningkat 20,26% dengan nilai impor tahun 2011 mencapai 25.036,10 (ribu US dollar). Sehingga impor gelatin diperkirakan akan terus meningkat pada tahun-tahun berikutnya.

(Faradiella, 2016) dalam Studi Eksperimental Jenis Pelarut Asam Pada Produksi Gelatin Dengan Memanfaatkan Limbah Sisik Ikan Kakap menyatakan proses pengolahan gelatin sisik ikan kakap menggunakan proses hidrolisis parsial. Proses hidrolisis menggunakan pelarut asam sitrat, asam fosfat, asam klorida, dan asam asetat konsentrasi 5% dengan variabel waktu perendaman yaitu 3 hari dan 6 hari. Hasil paling optimal pada pelarut asam fosfat konsentrasi 5% dengan lama perendaman 3 hari yaitu diperoleh rendemen sebesar 11,7448 %

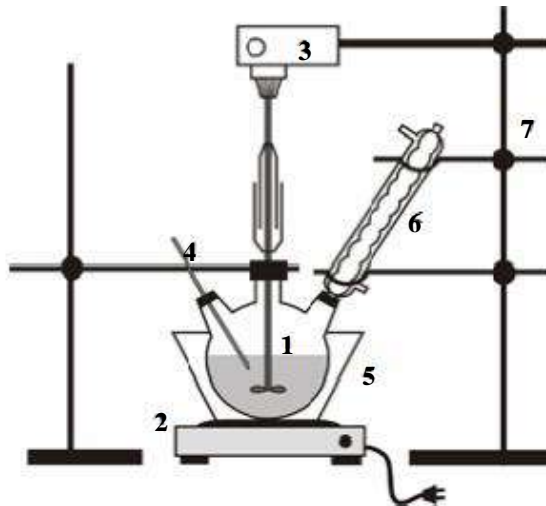
Oleh karena itu, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode hidrolisa dengan menggunakan pelarut asam fosfat 4%, 6%, 8% dengan waktu perendalam 1, 3 dan 5 hari. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam fosfat, mengetahui pengaruh lama perendaman dan mengetahui pengaruh suhu hidrolisis terhadap kualitas gelatin yang dihasilkan.

METODE

Alat yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain: gelas Beaker; cawan; Erlenmeyer; gelas ukur; heater; labu distilat; labu ukur; *magnetic stirrer*; oven; pipet tetes; spatula; termometer; timbangan digital; *waterbath*. Bahan-bahan yang digunakan adalah sisik ikan kakap merah, asam fosfat, akuades, NaOH.

Pembuatan gelatin dari sisik ikan kakap terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu: *pretreatment*, *degreasing*, *demineralisasi*, penetralan, hidrolisis, pengeringan, dan analisa. Tahap *pre-treatment* dilakukan dengan cara memotong sisik ikan kakap merah menjadi lebih kecil. Tahap kedua adalah *degreassing*, yaitu dengan cara menimbang 300 gram sisik ikan kakap merah, ditambahkan air sampai 500 ml kemudian dipanaskan selama 30 menit pada suhu 100°C. Selanjutnya adalah tahap *demineralisasi* yang dilakukan dengan merendam sisik ikan dengan larutan asam fosfat dengan konsentrasi 4%, 6%, 8% sebanyak 100 ml selama 1 hari, 3 hari, 5 hari. Proses hidrolisis ini dilakukan dalam reaktor seperti ditunjukkan pada

Gambar 1. Selanjutnya adalah tahap penetralan, yaitu menambahkan larutan NaOH 1 N sampai pH menjadi netral pada cairan hasil demineralisasi, kemudian didinginkan di dalam lemari pendingin selama 24 jam. Kemudian larutan yang sudah didinginkan disentrifugasi untuk memisahkan gelatin dengan air dengan kecepatan 300 rpm selama 20 menit, setelah itu padatan yang terpisah dioven selama 24 jam dengan suhu 55°C. Padatan yang telah dioven berbentuk serbuk putih. Hasil serbuk putih tersebut telah diuji FTIR yang menunjukkan bahwa gugus fungsi serbuk putih hasil hidrolisa sama dengan gugus fungsi gelatin.



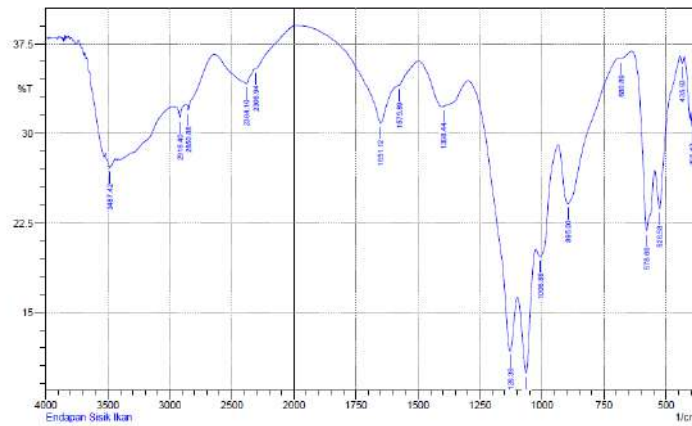
Gambar 1. Skema Alat Hidrolisa

Keterangan:

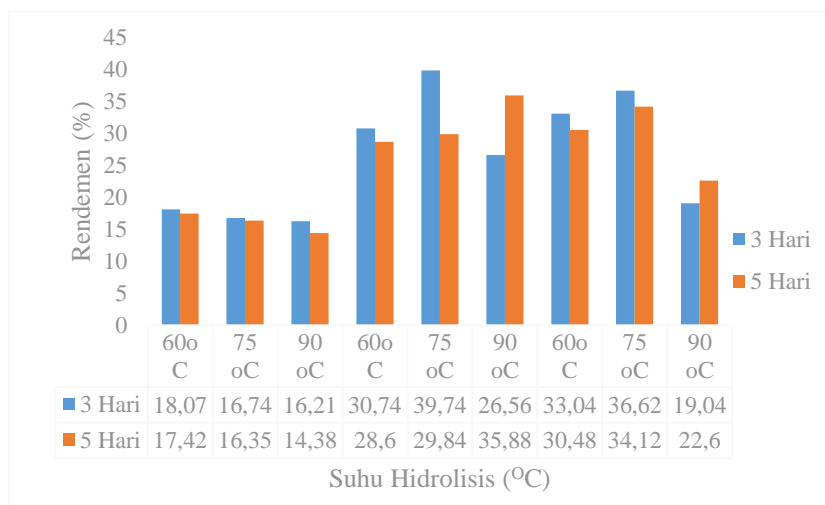
- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1. Labu leher tiga | 5. <i>Waterbath</i> |
| 2. Heater (pemanas) | 6. Pendingin balik |
| 3. Pengaduk | 7. Statif |
| 4. Termometer | |

HASIL

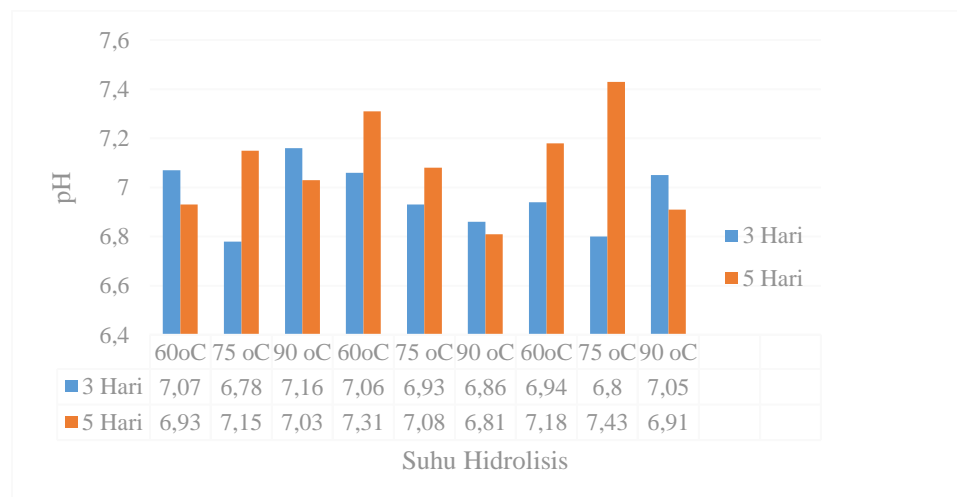
Hasil penelitian ini menunjukkan data analisa FTIR, proksimat (warna, bau, rendemen, pH, kadar air dan kadar abu) pada analisis fisik gelatin. Hasil FTIR salah satu sampel gelatin dapat dilihat pada Gambar 2, nilai rendemen hasil yang diperoleh pada Gambar 3, pH gelatin pada Gambar 4, kadar air gelatin pada Gambar 5, dan viskositas gelatin pada Gambar 6.



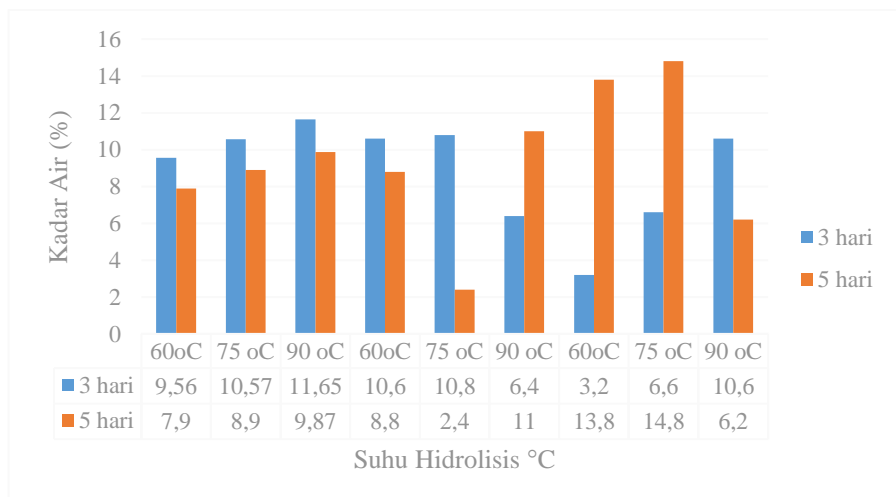
Gambar 2. Hasil Analisa FTIR Sampel Gelatin



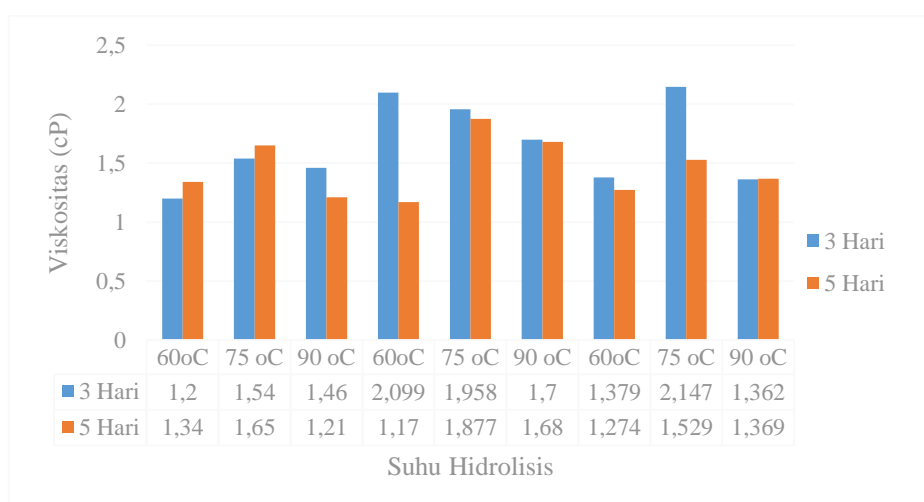
Gambar 3. Grafik Hasil Analisa Rendemen Gelatin



Gambar 4. Grafik Hasil Analisa pH Gelatin



Gambar 5. Grafik Hasil Analisa Kadar Air Gelatin



Gambar 6. Grafik Hasil Analisa Viskositas pada Gelatin

PEMBAHASAN

Karakterisasi Gelatin

Hasil analisa FTIR pada salah satu sampel gelatin menunjukkan spektra O-H dengan puncak $2918,40 \text{ cm}^{-1}$. Spektra C-H dengan puncak $2918,40 \text{ cm}^{-1}$. Spektra aromatik C=C Bending dengan titik puncak $1651,12 \text{ cm}^{-1}$. Kemudian spektra amina N-H *stretch* dengan puncak $3487,42 \text{ cm}^{-1}$. Spektra yang didapatkan pada hasil analisa ini menunjukkan kemiripan dengan gugus fungsi yang terdapat pada gelatin komersial, sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa pada penelitian ini adalah gelatin.

Hasil analisis warna terdapat kecenderungan gelatin tidak berbau, dan masih memenuhi syarat mutu gelatin berdasarkan Dewan Standar Nasional Indonesia (1995) dan Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA, 2006) yaitu normal.

Hasil Rendemen

Rendemen merupakan presentase gelatin yang dihitung berdasarkan perbandingan antara gelatin serbuk yang dihasilkan dengan berat bahan baku (sisik ikan kakap) yang telah dibersihkan. Semakin banyak rendemen yang dihasilkan maka semakin efisien perlakuan yang diterapkan.

Saputra dan Handayani dalam Wulandari dkk. (2013) menyatakan bahwa peningkatan suhu ekstraksi akan menyebabkan nilai rendemen gelatin yang dihasilkan menurun. Hal ini diduga karena suhu tinggi menimbulkan adanya hidrolisis lanjutan sehingga sebagian gelatin turut terdegradasi dan menyebabkan turunnya jumlah rendemen gelatin.

Hasil Analisis pH

Nilai pH yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 6 - 7. Hasil ini mendekati standar yang ditetapkan oleh Dewan Standar Nasional Indonesia (1995) dan Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA, 2006) yaitu 4 - 6,5, juga sejalan Ward dan Courts (1997) bahwa nilai pH gelatin komersial berkisar antara 4 - 7. Terlihat pada Gambar 4 bahwa semakin lama waktu perendaman maka nilai pH cenderung turun, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu perendaman maka semakin banyak asam yang tidak bereaksi pada jaringan fibril kolagen dan ikut terekstraksi.

Nilai pH gelatin atau derajat keasaman gelatin merupakan salah satu parameter penting dalam standar mutu gelatin. Gelatin dengan pH netral akan bersifat stabil dan penggunaan akan menjadi lebih luas.

Hasil Analisis Kadar Air

Pengujian kadar air terhadap gelatin dimaksudkan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam gelatin. Kadar air gelatin akan berpengaruh terhadap daya simpan karena erat kaitannya dengan aktivitas metabolisme yang terjadi selama gelatin tersebut disimpan. Hasil perhitungan kadar air gelatin menunjukkan bahwa kadar air gelatin berkisar antara 2 - 15%. Kadar air tersebut hampir sama bila dibandingkan dengan kadar air gelatin komersial yaitu 12,21% dan standar yang ditetapkan oleh Dewan Standar Nasional Indonesia (1995) dan Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA, 2006) yaitu maksimal 16% yang berarti gelatin hasil penelitian ini telah sesuai dengan standar yang ada. Kadar air yang rendah akan mempengaruhi mutu gelatin terutama pada ketengikan gelatin.

Hasil Analisis Viskositas

Viskositas gelatin dipengaruhi oleh pH, temperatur, konsentrasi dan penambahan elektrolit lain dalam larutan gelatin. Nilai viskositas gelatin ini akan berpengaruh pada produk akhir. Pada hasil percobaan didapatkan hasil viskositas yang paling tinggi pada asam fosfat dengan perendaman 3 hari yaitu 3,90 cP. Tingginya nilai viskositas pada asam fosfat 6% dengan lama perendaman selama 6

hari dikarenakan sisik ikan kakap mengalami denaturasi, yang menyebabkan terputusnya rantai panjang asam amino dan ini berhubungan dengan berat molekul. Semakin panjang rantai asam amino maka nilai viskositas akan semakin tinggi begitu pula sebaliknya. Hal ini sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Dewan Standar Nasional Indonesia (1995) dan Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA, 2006) yaitu 1,5 - 7,5 cP.

SIMPULAN

Pengaruh konsentrasi terhadap kualitas gelatin yang didapatkan adalah semakin tinggi konsentrasi yang digunakan memberikan hasil yang fluktuatif. Hasil gelatin paling optimum terjadi pada konsentrasi 6% dengan hasil rendemen sebanyak 39,74%. Pengaruh lama perendaman terhadap kualitas gelatin yang didapatkan adalah semakin perendaman kualitas gelatin yang didapatkan semakin baik. Kualitas gelatin optimum didapatkan dari waktu perendaman selama 5 hari. Suhu hidrolisis terhadap kualitas gelatin yang dihasilkan adalah semakin tinggi suhu hidrolisis maka kualitas gelatin yang dihasilkan mengalami flutuatif. Kualitas gelatin optimum didapatkan dari suhu pengovenan 75°C

DAFTAR RUJUKAN

- Dewan Standar Nasional Indonesia. 1995. *Mutu dan Cara Uji Gelatin SNI 06-3735-1995*. Jakarta.
- Faradiella, H. 2016. *Studi Eksperimental Jenis Pelarut Asam pada Produksi Gelatin dengan Memanfaatkan Limbah Sisik Ikan Kakap*. International Conference on Chemistry, Chemical, Process, and Engineering, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 15-16 November.
- Gelatin Manufacture Institute of America. 2006. Standard Methodes for the Testing of Edible Gelatins. (Online), (http://www.gelatin-gmia.com/images/GMIA_Official_Methods_of_Gelatin_Revised_2013.pdf, diakses 12 Oktober 2017).
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2012. Perkembangan Ekspor Komoditi Ke Negara Tertentu. (Online), (http://www.kemenperin.go.id/statistik/query_komoditi.php?komoditi=gelatin&negara=&j, diakses 12 Oktober 2017).
- Talumepa, A.C.N., Suptijah, P., Wullur, S., & Rumengan, I.F.M. 2016. Kandungan Kimia dari Sisik Beberapa Jenis Ikan Laut. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 3(1): 27-33.
- Ward, A. G. & Courts, A. 1997. *The Science and Technology of Gelatin*. London: Academic Press.
- Wulandari, Supriadi, A., & Purwanto, B. 2013. Pengaruh Defatting dan Suhu Ekstraksi terhadap Karakteristik Fisik Gelatin Tulang Ikan Gabus. *Jurnal Fishtech*. 2(1): 31-45.

Linda Kusumawati, dkk_Kimia Anorganik

Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Ion Tembaga(II) dengan Ligan Ion Tiosianat dan Isokuinolina

Linda Kusumawati, I Wayan Dasna, Nazriati
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: idasna@um.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis, mengkarakterisasi, dan memprediksi struktur senyawa kompleks dari ion tembaga(II), ion tiosianat, dan isokuinolina dengan perbandingan mol 1:2:2. Senyawa kompleks disintesis dalam campuran pelarut aseton dan metanol dengan perbandingan 3:4 yang menghasilkan kristal hijau gelap, berbentuk balok, dan terdekomposisi pada suhu 155-157°C, yang menunjukkan senyawa tersebut baru dan murni. Analisis EDX menghasilkan rumus empiris $C_{20}H_{14}N_4S_2Cu$. Analisis FT-IR menunjukkan bahwa senyawa kompleks yang polimerik mengandung isokuinolina dan ion tiosianat. Analisis Daya Hantar Listrik (DHL) dan uji kualitatif anion klorida mengindikasikan bahwa senyawa kompleks merupakan senyawa molekuler. Struktur yang lebih stabil adalah senyawa kompleks polimerik $[Cu(IQ)_2(NCS)_2]_n$ dengan geometri oktahedral terdistorsi.

Kata kunci: senyawa kompleks, ion tembaga(II), ion tiosianat, isokuinolina.

Abstract: Purpose of this research is synthesize, characterize, and predict the structure of complex compound from copper (II) ion, thiocyanate ion, and isoquinoline in a ratio of 1: 2: 2. Complex compound was synthesized in mixing acetone and methanol solvent in ratio 3:4, the result was dark green crystals, the block shape, and decomposed at temperature 155 - 157°C. It indicated this compound was new and pure. The EDX analysis yields the $C_{20}H_{14}N_4S_2Cu$ empirical formula. FT-IR analysis showed the presence of polymeric complexities containing isoquinolines and thiocyanate ions. Electrical Conductivity (DHL) analysis and qualitative chloride anion test shows that complex compound is molecular complex. A more stable structure was the polymeric complex compound $(Cu(IQ)_2(NCS)_2)_n$ with distorted octahedral geometry.

Keywords: complex compound, copper(II) ion, thiocyanate ion, isoquinoline

Senyawa kompleks tembaga(II) dengan ligan yang mengandung donor nitrogen dan sulfur telah terbukti memiliki potensi antibakteri dan agen fungal (Balan, dkk., 2013). Senyawa kompleks yang dihasilkan dari ion tembaga(II) dengan ligan ion tiosianat dan piridina maupun turunannya memiliki manfaat sebagai antimikroba, contohnya senyawa kompleks $[Cu(py)_2(NCS)_2]$ (py: piridina)

dan $[\text{Cu}(\text{NAL})_2(\text{NCS})_2]$ (NAL: nikotinanilida) (Chimaine, dkk., 2016; Balan, dkk., 2013).

Senyawa kompleks dari ion tembaga(II) dengan ligan ion tiosianat dan piridina maupun turunannya dengan stoikiometri 1:2:2 telah banyak disintesis. Contoh senyawa kompleks meliputi $[\text{Cu}(\text{py})_2(\text{NCS})_2]$ (py: piridina), $[\text{Cu}(4\text{-mepy})_2(\text{NCS})_2]$ (4-mepy: 4-metilpiridina) dan $[\text{Cu}(4\text{-cpy})_2(\text{NCS})_2]$ (4-cpy : 4-nitripiridina) (Chen, dkk., 2005; Kabesova, dkk., 1989; Machura dkk., 2013). Senyawa turunan piridina dengan ukuran yang lebih besar dan memiliki ikatan konjugasi yang lebih banyak adalah isokuinolina. Jika dibandingkan dengan turunan piridina yang lain, maka isokuinolina memiliki ikatan C=C konjugasi yang lebih banyak yaitu memiliki lima ikatan rangkap C=C terkonjugasi dan satu PEB. Senyawa kompleks dengan ligan yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi yang banyak memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik, sehingga senyawa kompleks dengan ligan isokuinolina memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik daripada senyawa kompleks dengan ligan piridina maupun turunan piridina yang lain. Penelitian ini dibatasi hingga sintesis, karakterisasi, dan prediksi struktur saja.

Senyawa kompleks yang dibentuk dari ion tembaga(II) dengan ligan ion tiosianat dan piridina maupun turunannya memiliki beberapa pola koordinasi. Senyawa kompleks $[\text{Cu}(\text{py})_2(\text{NCS})_2]$, $[\text{Cu}(4\text{-mepy})_2(\text{NCS})_2]$, dan $[\text{Cu}(4\text{-cpy})_2(\text{NCS})_2]_n$ memiliki struktur (rantai) polimerik dengan geometri oktahedral tersistorsi di sekitar atom pusat (Chen, dkk., 2005; Kabesova, dkk., 1989; Machura, dkk., 2013). Senyawa kompleks $[\text{Cu}(\text{Q})_2(\text{NCS})_2]$ (Q: kuinolina) memiliki struktur tetrahedral terdistorsi di sekitar atom pusat dengan ligan tiosianat tidak membentuk pola jembatan (Chen, dkk., 2010).

Senyawa turunan piridina yang mirip dengan isokuinolina adalah kuinolina. Posisi atom nitrogen pada isokuinolina menyebabkan efek sterik isokuinolina lebih kecil dari kuinolina. Efek sterik piridina < 4-metilpiridina < 4-nitripiridina < isokuinolina < kuinolina. Perbandingan ini menunjukkan bahwa senyawa kompleks ion tembaga (II) dengan ion tiosianat dan ligan isokuinolina memiliki kemungkinan struktur di antara kedua pola koordinasi.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mensintesis senyawa kompleks dari reaksi ion tembaga(II) dengan ligan ion tiosianat dan isokuinolina dengan stoikiometri 1:2:2. (2) Mengetahui karakteristik senyawa kompleks hasil sintesis. (3) Memprediksi struktur senyawa kompleks hasil sintesis.

METODE

Senyawa kompleks tembaga(II) isokuinolina tiosianat disintesis dengan perbandingan mol reaktan $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} : \text{KSCN} : \text{isokuinolina} = 1:2:2$. Prosedur yang dilakukan adalah menambahkan garam $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,0341 g; 0,2mmol dalam 2 mL metanol) tetes demi tetes ke dalam isokuinolina (0,045 mL; 0,4 mmol dalam 25mL metanol). Campuran diaduk selama 4 jam dengan pemanasan 65°C .

Campuran yang dihasilkan kemudian ditambah dengan KSCN (0,0388g; 0,4 mmol, dalam 5 mL metanol) tetes demi tetes. Campuran diaduk selama 4 jam dengan pemanasan 65°C. Endapan disaring dan dikeringkan, kemudian endapan kering diambil dan dilarutkan dalam 70 mL campuran aseton:metanol = 3:4. Larutan dievaporasi pada suhu ruang hingga terbentuk kristal balok berwarna hijau gelap.

Karakterisasi senyawa kompleks hasil sintesis dilakukan dengan uji titik lebur, analisis SEM-EDX, analisis FT-IR, uji Daya Hantar Listrik (DHL), dan analisis kandungan ion klorida.

HASIL

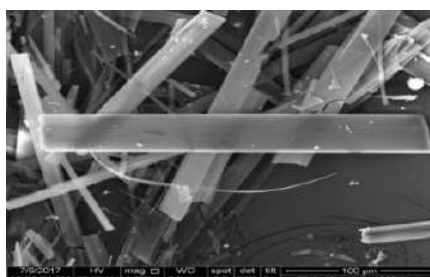
Reaksi antara ion tembaga(II), ion tiosianat, dan isokuinolina menghasilkan kristal berbentuk balok yang berwarna hijau gelap. Kristal terbentuk pada dasar gelas kimia setelah dievaporasi selama 7 hari.

Senyawa kompleks hasil sintesis terdekomposisi pada suhu 155 – 157°C seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Titik Lebur Reaktan dan Senyawa Kompleks

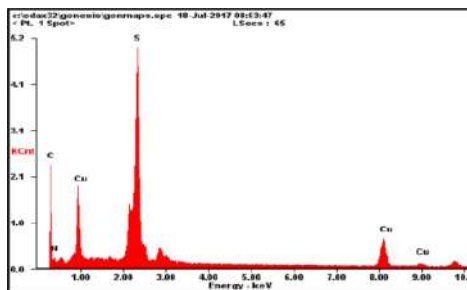
Senyawa	Pengamatan	Suhu (°C)	Titik Lebur Teoritis (°C)
CuCl ₂ anhidrat	-	Tidak dilakukan	498 <i>(The Merck Indeks, 13rd Edition)</i>
CuCl ₂ .2H ₂ O	Biru kehijauan → coklat	87 - 89 (dekomposisi)	100 (dekomposisi lepasnya air) <i>(The Merck Indeks, 13rd Edition)</i>
Isokuinolina	-	Tidak dilakukan	26,48 <i>(The Merck Indeks, 13rd Edition)</i>
KSCN	Lebur	181 - 183	~ 173 <i>(The Merck Indeks, 13rd Edition)</i>
Senyawa Kompleks	Hijau gelap → kuning	155 - 157 (dekomposisi)	-

Analisis SEM menunjukkan bahwa kristal hasil sintesis memiliki bentuk balok yang diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil SEM Senyawa Kompleks Perbesaran 1000 kali

Analisis EDX pada Gambar 2 menunjukkan komponen unsur penyusun atom pusat dan atom donor pada senyawa kompleks hasil sintesis meliputi C, N, S, dan Cu. Persentase massa dan persentase atom C, N, S, dan Cu diberikan pada Tabel 2.

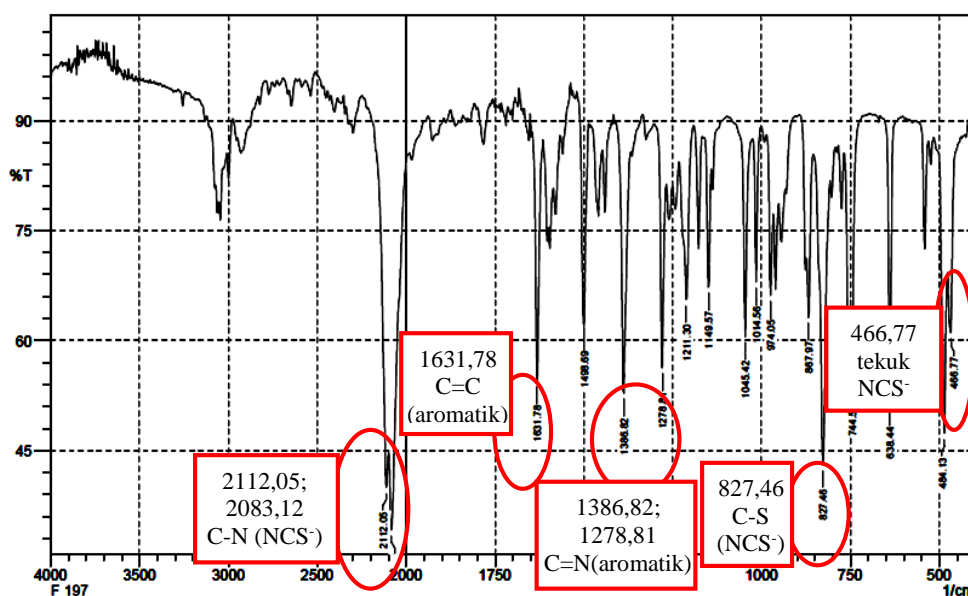


Gambar 2. Spektrum EDX Senyawa Kompleks

Tabel 2. Kandungan Unsur Senyawa Kompleks Hasil Analisis EDX dan Secara Teoritis

Unsur	% Massa (%Wt)		% Atom (%At)	
	EDX	Teoritis	EDX	Teoritis
C	52.54	56,67	71.68	74,07
N	12.97	13,22	15.17	14,81
S	16.81	15,11	08.59	7,41
Cu	17.68	14,99	04.56	3,70

Hasil analisis FT-IR senyawa kompleks menunjukkan beberapa vibrasi meliputi vibrasi ulur C=C aromatik, vibrasi ulur C=N amina aromatik, vibrasi ulur C=N (NCS⁻), vibrasi ulur C-S (NCS⁻), dan vibrasi tekuk NCS⁻ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 3.



Gambar 3. Spektrum FT-IR Senyawa Kompleks Hasil Sintesis

Tabel 3. Hasil Analisis FT-IR Ligan Isokuinolina, Senyawa Kompleks dan Secara Teori

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang					
	Teoritik	Isokuinolina	KSCN [*]	Cu(4-mepy) ₂ (NCS) ₂ ^{**}	Cu(Q) ₂ (NCS) ₂ ^{***}	Senyawa Kompleks
C=C (aromatik)	1600-1585 dan 1500-1400	1627,92 ; ~1580	-	-	1501	1631,78
C=N (amina aromatik)	1342-1266	1382,96	-	-	1390	1386,82; 1278,81
C-N (NCS)	2300-1850	-	2020	2080; 2100	2080	2112,05; 2083,12
C-S (NCS)	~700 - ~800	-	746	810	812	827,46
NCS	~400	-	-	477	463	466,77
M-NCS	~300	-	-	321	326	Tidak Teramati
M-N (ligan aromatik)	200-300	-	-	261; 250	247 ^{****}	Tidak Teramati

Data Uji DHL pelarut, garam, dan senyawa kompleks hasil sintesis disajikan Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Uji Daya Hantar Listrik Pelarut, Garam, dan Senyawa Kompleks

No.	Senyawa	Konsentrasi (M)	Harga DHL ($\mu\text{S/cm}$)
1.	Aseton	-	17,9
2.	Metanol	-	20,6
3.	Aseton:metanol = 3:4	-	20,4
4.	Garam CuCl ₂ .2H ₂ O	1,0 x 10 ⁻³	253
5.	Senyawa Kompleks	1,0 x 10 ⁻³	34,1

Uji kualitatif anion klorida yang dilakukan tidak menghasilkan endapan putih dengan penambahan AgNO₃ hingga tetes ketiga.

PEMBAHASAN

Kristal senyawa kompleks yang terbentuk dari ion tembaga(II) dengan ligan ion tiosianat dan piridina maupun turunannya memiliki warna dan bentuk yang mirip seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa kompleks dapat disintesis.

Tabel 5. Warna dan Bentuk Kristal yang Terbentuk dari Ion Tembaga(II) dengan Ligan Ion Tiosianat dan Piridina dan Turunannya serta Senyawa Kompleks Hasil Sintesis

No.	Senyawa Kompleks	Warna Kristal	Bentuk kristal
1.	[Cu(py) ₂ (NCS) ₂] [*]	Biru	Balok
2.	[Cu(4-mepy) ₂ (NCS) ₂] ^{**}	Hijau	Jarum
3.	[Cu(4-cpy) ₂ (NCS) ₂] ^{***}	Hijau	-
4.	[Cu(Q) ₂ (NCS) ₂] ^{****}	Hijau	Jarum
5.	Senyawa kompleks hasil sintesis	Hijau gelap	Balok

^{*}) Data diambil dari Chen dkk. (2005)

^{**}) Data diambil dari Kabesova dkk.(1989)

^{***}) Data diambil dari Machura dkk. (2013)

****) Data diambil dari Chen dkk.(2010)

Data tersebut menunjukkan bahwa kristal senyawa kompleks terdekomposisi pada suhu yang berbeda dengan reaktannya dapat dilihat pada Tabel 2. Selain itu senyawa kompleks terdekomposisi dengan rentang tidak lebih dari 2°C. Hal ini menunjukkan bahwa kristal senyawa kompleks hasil sintesis merupakan senyawa baru dan murni.

Persentase atom dan massa hasil analisis EDX yang dilihat pada Tabel 3 hampir sama dengan persentase teoritis. Persentase atom C yang didapatkan lebih kecil daripada persentase atom teoritis, karena instrumen EDX tidak sensitif terhadap atom ringan atau atom berelektron sedikit.

Persentase atom pusat dan atom donor pada senyawa kompleks hasil sintesis meliputi Cu, N, dan S yaitu berturut-turut 4,56%; 15,17%; dan 8,59%. Perbandingan atom Cu : N : S = 1 : 3,33 : 1,88, dibulatkan menjadi 1 : 4 : 2.

Perbandingan untuk atom nitrogen dibulatkan ke atas karena instrumen EDX hanya sensitif terhadap atom berelektron banyak, sehingga EDX kurang sensitif untuk atom berelektron sedikit atau massa atomnya kurang dari 12 sma. Hal ini juga didukung dengan tidak adanya pelarut metanol maupun aseton pada senyawa kompleks yang ditandai dengan tidak adanya atom oksigen pada analisis EDX. Pada analisis FT-IR juga menunjukkan tidak adanya pita serapan untuk gugus fungsi O-H dari metanol maupun gugus fungsi C=O dari aseton.

Atom donor S berasal dari ligan ion tiosianat, sedangkan atom donor N berasal ligan tiosianat dan isokuinolina. Jika dilihat dari perbandingan atom yang didapatkan maka perbandingan ion tembaga(II) : ion tiosianat : isokuinolina = 1 : 2 : 2. Hal ini sesuai dengan perbandingan mol reaktan tembaga(II) : isokuinolina : ion tiosianat yang digunakan pada sintesis senyawa kompleks.

Ligan isokuinolina dalam senyawa kompleks ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 3 yaitu adanya vibrasi ulur C=C aromatik pada bilangan gelombang 1631,78 cm⁻¹ dan vibrasi ulur C=N amina aromatik pada bilangan gelombang 1386,82 dan 1278,81 cm⁻¹. Bilangan gelombang yang didapat mirip dengan data bilangan gelombang dari isokuinolina yaitu vibrasi ulur C=C aromatik pada bilangan gelombang 1627,92 cm⁻¹ dan vibrasi ulur C=N amina aromatik pada bilangan gelombang 1382,96 cm⁻¹. Bilangan gelombang yang didapat mirip dengan data bilangan gelombang dari senyawa kompleks [Cu(Q)₂(NCS)₂] yaitu vibrasi ulur C=C aromatik pada bilangan gelombang 1501 cm⁻¹ dan vibrasi ulur C=N amina aromatik pada bilangan gelombang 1390 cm⁻¹. Berdasarkan analisis tersebut, isokuinolina pada senyawa kompleks berperan sebagai ligan.

Ligan ion tiosianat dalam senyawa kompleks ditunjukkan dengan adanya vibrasi ulur C-N (NCS), vibrasi ulur C-S (NCS), dan vibrasi tekuk NCS dari ion tiosianat. Pada hasil analisis FT-IR senyawa kompleks vibrasi ulur C-N (NCS) ditunjukkan pada bilangan gelombang 2112,05 cm⁻¹ dan 2083,12 cm⁻¹, vibrasi ulur C-S ditunjukkan pada bilangan gelombang 827,46 cm⁻¹, dan vibrasi tekuk NCS pada bilangan gelombang 466,77 cm⁻¹. Bilangan gelombang yang didapat lebih

tinggi daripada data bilangan gelombang dari KSCN yaitu vibrasi ulur C-N (NCS) ditunjukkan pada bilangan gelombang 2020 cm^{-1} , vibrasi ulur C-S ditunjukkan pada bilangan gelombang 746 cm^{-1} (Miller & Wilkins, 1952). Hal ini disebabkan ion tiosianat pada senyawa kompleks hasil sintesis terikat pada atom pusat. Ion tiosianat yang terikat pada ion tembaga(II) mengalami ikatan balik dimana panjang ikatan C-N maupun C-S menjadi lebih pendek, sehingga memunculkan pita serapan untuk vibrasi yang lebih tinggi.

Data bilangan gelombang untuk vibrasi ulur C-S (NCS) dan vibrasi tekuk NCS senyawa kompleks mirip dengan data bilangan gelombang milik $[\text{Cu}(4\text{-mepy})_2(\text{NCS})_2]$ (Kabesova & Gazo, 1979) dan $[\text{Cu}(\text{Q})_2(\text{NCS})_2]$ (Williams & Fouche, 1964). Data bilangan gelombang untuk vibrasi ulur C-N (NCS) senyawa kompleks mirip dengan data bilangan gelombang milik $[\text{Cu}(4\text{-mepy})_2(\text{NCS})_2]$ (Kabesova & Gazo, 1979) namun berbeda dengan $[\text{Cu}(\text{Q})_2(\text{NCS})_2]$ (Williams & Fouche, 1964). Terdapat dua pita serapan C-N (NCS) pada senyawa kompleks dan $[\text{Cu}(4\text{-mepy})_2(\text{NCS})_2]$, namun pada $[\text{Cu}(\text{Q})_2(\text{NCS})_2]$ hanya satu. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat dua ikatan C-N (NCS) yang berbeda jenis pada senyawa kompleks dan $[\text{Cu}(4\text{-mepy})_2(\text{NCS})_2]$ dan terdapat satu jenis ikatan C-N (NCS) pada $[\text{Cu}(\text{Q})_2(\text{NCS})_2]$. Dua pita serapan pada senyawa kompleks hasil sintesis dan $[\text{Cu}(4\text{-mepy})_2(\text{NCS})_2]$ muncul karena terdapat ion tiosianat yang berperan sebagai ligan jembatan dan ligan terminal.

Analisis FT-IR yang dilakukan tidak dapat menunjukkan ikatan antara atom pusat dengan ligan, karena instrumen FT-IR yang digunakan hanya menghasilkan spektrum dengan rentang bilangan gelombang $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ sedangkan untuk mengetahui ikatan antara atom pusat dan ligan diperlukan data pada bilangan gelombang $400\text{-}200\text{ cm}^{-1}$. Namun untuk mengetahui ikatan antara ion tembaga(II) dan ion tiosianat dapat dilihat dari vibrasi ulur ikatan C=N. Pita serapan untuk vibrasi ulur C-N yang mengalami *splitting* yang jelas yaitu munculnya dua pita kuat pada bilangan gelombang $2112,05$ dan $2083,12\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ion tiosianat yang terikat pada dua ion tembaga(II) membentuk jembatan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Uddin dan Rupa (2015) bahwa ligan ion tiosianat yang terikat pada atom pusat melalui atom N (M-NCS) memunculkan pita pada bilangan gelombang $2020\text{-}2096\text{ cm}^{-1}$, melalui atom S (NCS-M) memunculkan pita pada bilangan gelombang pada 2100 cm^{-1} , sedangkan untuk ion tiosianat yang berperan sebagai jembatan (M-NCS-M) memunculkan pita yang kuat pada bilangan gelombang $2020\text{-}2096\text{ cm}^{-1}$ dan di atas 2100 cm^{-1} dengan *splitting* yang jelas antara kedua pita. Kabesova dan Gazo (1979) mengemukakan bahwa senyawa yang memiliki ion tiosianat sebagai ligan terminal dan sebagai ligan jembatan akan memberikan pita serapan untuk vibrasi ulur C-N dengan *splitting* yang jelas. Berdasarkan analisis pada pita tersebut, kedua ion tiosianat pada senyawa kompleks berperan sebagai ligan jembatan.

Data yang disajikan Tabel 5 menunjukkan nilai DHL senyawa kompleks sebesar $34,1\text{ }\mu\text{S/cm}$. Nilai DHL senyawa kompleks mendekati nilai DHL pelarut

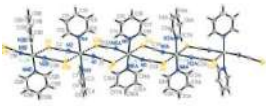
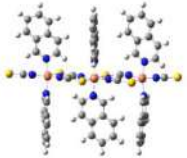
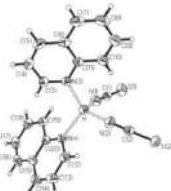

yang digunakan yaitu 17,9 - 20,6 $\mu\text{S/cm}$. Dari hasil analisis DHL senyawa kompleks hasil sintesis merupakan senyawa molekuler.

Uji kualitatif anion klorida menunjukkan bahwa senyawa kompleks tidak mengandung ion klorida. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa kompleks hasil sintesis merupakan senyawa kompleks molekuler dan tidak mengandung anion klorida.

Hasil karakterisasi uji titik lebur, analisis EDX, analisis FT-IR, uji DHL, dan uji kualitatif anion klorida di atas menunjukkan bahwa senyawa kompleks yang dihasilkan memiliki rumus kimia $[\text{Cu}(\text{C}_9\text{H}_7\text{N})_2(\text{NCS})_2]_n$. Dari rumus kimia tersebut diprediksikan strukturnya. Prediksi pertama adalah $[\text{Cu}(\text{IQ})_2(\text{NCS})_2]_n$ dan prediksi kedua adalah $[\text{Cu}(\text{IQ})_2(\text{NCS})_2]$.

Struktur dan energi bebas dari kedua prediksi dihitung dengan *Software Gaussian 09W* untuk mengetahui struktur senyawa kompleks mana yang lebih stabil. Struktur dan hasil perhitungan menggunakan *Software Gaussian 09W* ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Energi Bebas Prediksi Struktur Senyawa Kompleks

No.	Rumus Struktur	Struktur Rujukan	Struktur Senyawa Kompleks	Energi Bebas (kJ/mol)
1.	$[\text{Cu}(\text{IQ})_2(\text{NCS})_2]_n$	 $[\text{Cu}(\text{py})_2(\text{NCS})_2]_n$ (py: piridina) (Chen <i>dkk.</i> , 2005)		-1386,9248
2.	$[\text{Cu}(\text{IQ})_2(\text{NCS})_2]$	 $[\text{Cu}(\text{Q})_2(\text{NCS})_2]$ (Q: kuinolina) (Chen <i>dkk.</i> , 2010)		-23,3039

Tabel 6 menunjukkan bahwa prediksi struktur senyawa kompleks $[\text{Cu}(\text{C}_9\text{H}_7\text{N})_2(\text{NCS})_2]_n$ yang berupa senyawa polimerik dengan geometri oktahedral di sekitar atom pusat memiliki energi bebas sebesar -1386,9248 kJ/mol, sedangkan senyawa kompleks monomerik $[\text{Cu}(\text{IQ})_2(\text{NCS})_2]$ dengan geometri tetrahedral terdistorsi memiliki energi bebas sebesar -23,3039 kJ/mol. Energi bebas senyawa kompleks yang polimerik memiliki energi bebas Gibbs yang jauh lebih kecil dari pada senyawa kompleks dengan geometri tetrahedral, hal ini menunjukkan bahwa senyawa kompleks $[\text{Cu}(\text{C}_9\text{H}_7\text{N})_2(\text{NCS})_2]_n$ yang polimerik dengan geometri oktahedral lebih stabil daripada senyawa kompleks dengan geometri tetrahedral. Hal ini disebabkan makin negatif energi bebas maka senyawa kompleks yang

terbentuk semakin stabil. Kemungkinan kristal hasil sintesis dari senyawa kompleks memiliki rumus $[\text{Cu}(\text{C}_9\text{H}_7\text{N})_2(\text{NCS})_2]_n$. Rumus tersebut didukung oleh hasil analisis FT-IR yang melaporkan bahwa ligan ion tiosianat bertindak sebagai jembatan.

SIMPULAN DAN SARAN

Sintesis senyawa kompleks dari tembaga(II) klorida dengan ligan ion tiosianat dan isokuinolina dengan stoikiometri 1:2:2 berhasil disintesis dan menghasilkan kristal hijau gelap, berbentuk balok, dan terdekomposisi pada suhu $155\text{--}157^\circ\text{C}$. Senyawa kompleks hasil sintesis merupakan kompleks molekuler dengan rumus kimia $[\text{Cu}(\text{C}_9\text{H}_7\text{N})_2(\text{NCS})_2]$. Kemungkinan prediksi struktur senyawa kompleks yang paling stabil adalah geometri oktahedral terdistorsi di sekitar atom pusat dengan ion tiosianat berperan sebagai ligan jembatan.

Untuk mengetahui tingkat aktivitas antimikroba senyawa kompleks perlu dilakukan uji aktivitas antimikroba terhadap beberapa jenis bakteri gram positif dan negatif serta terhadap jamur.

DAFTAR RUJUKAN

- Balan, A.M.K.R., Ashok, R. F.N., Vasanthi, M., Prabu, R., & Paulraj, A. 2013. Mixed Ligand Complexes of Nickel(II), Copper(II) and Zinc(II) with Nicotinamide and Thiocyanate. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 3: L67-L75.
- Chen, D-Y., Gao, H., Hu, X-F., Guo, X-Y., Yang, F., & Bai, Y. 2010. Synthesis, Crystal Structure, and Luminescent Properties of Two Ternary Complexes with Mixed Thiocyanate and Quinoline Ligands. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 40:112-115.
- Chen, G., Bai, Z-P., & Qu, S-J. 2005. Catena-poly[[dipyridylcopper(II)]-di- μ -thiocyanato]. *Acta Crystallographica*, E61: m2718–m2719.
- Chimaine, F.T., Yufanyi, D.M., Yuoh, A.C.B., Eni, D.B., & Agwara, M.O. 2016. Synthesis, Crystal Structure, Photoluminescent and Antimicrobial Properties of A Thiocyanatobridged Copper(II) Coordination Polymer. *Cogent Chemistry*, 2: 1-14.
- Clark, R.J.H. & Williams, C.S. 1966. Infra-Red Spectra ($3000\text{--}200\text{ cm}^{-1}$) of Metal-Isothiocyanate Complexes. *Spectrochimica Acta*, 22: 1081-1090.
- Kabesova, M., Koziskova, Z., & Jurco, D.M. 1989. The Crystal and Molecular Structure of The Bis(Thiocyanato)-Bis(4-Methylpyridine)Copper(II) Complex at 180°K . *Collect. Czech. Chem. Commun.*, 55: 1184-1192.
- Kabesova, M. & Gazo, J. 1979. Structure and Classification of Thiocyanate and The Mutual Influence of Their Ligands. *Chem. Zvesti*, 34:800-841.
- Machura, B., Switlicka, A., Mrozinski, J., Kalinska, B., & Kruszynski, R. 2013. Structural Diversity and Magnetic Properties of Thiocyanate Copper(II) Complexes. *Polyhedron*, 52: 1276–1286.

- Miller, F.A. & Wilkins, C.H. 1952. Infrared Spectra and Characteristic Frequencies of Inorganic Ions. *Analytical Chemistry*, 24: 1253- 1294.
- O'Neil, M.J., Smith, A., & Heickelman, P.E. (Eds.). 2001. Merck Index 13rd Edition. USA: Merck & Co., Inc.
- Svehla, G. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Bagian II, Edisi ke-5*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Uddin, M.N. & Rupa, T.S. 2015. Thiocyanato Bridged Bimetallic Complexes (M-SCN-Co): Synthesis, Characterization and Biological Studies. *Modern Chemistry*, 3: 1-6.
- Williams, C.S. & Fouche, K.F. 1964. The Infra-Red Absorption Spectra of The Addition Complexes of Quinoline with Copper Salts. *Z. Naturforschg*, 19a: 363—370.
- Zhao, D., Zhao, E-X., & Huan, C-A. 2014. Syntheses and Characterizations of Three New Coordination Compounds: $[M(C_9NH_7)_4(SCN)_2]$ (M = Zn, Cd) and $[Zn(C_9NH_7)_2(SCN)_2]$ with A Pseudo-Merohedral Twinning Structure. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 44:1390-1397.

Alifa Meilia Nur Auzie, dkk._Kimia Anorganik

Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Zink(II) Asetat dan *N,N'*-diethyltiourea

Alifa Meilia Nur Auzie, Fariati, Effendy
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: f4riati@gmail.com

Abstrak: Senyawa kompleks dari zink(II) asetat dan *N,N'*-diethyltiourea (detu) dengan stoikiometri 2 : 3 belum pernah disintesis. Tujuan penelitian adalah mensintesis senyawa kompleks dari zink(II) asetat dan detu dengan stoikiometri 2 : 3, mengkarakterisasi, dan memprediksi strukturnya. Senyawa kompleks yang dihasilkan berupa kristal tidak berwarna, berbentuk prisma, dan melebur pada 118-119 °C. Hasil pengukuran (Daya Hantar Litrik) DHL dan uji kualitatif ion asetat menunjukkan bahwa kompleks merupakan senyawa molekuler. Analisis EDX memberikan rumus empiris yaitu $C_{23}H_{48}N_6O_8Zn_2$. Berdasarkan karakterisasinya, struktur yang diterima yaitu kompleks dimer $[Zn_2(C_5H_{12}N_2S)_3(CH_3COO)_4]$ dengan geometri tetrahedral terdistorsi di sekitar atom pusatnya dan energi bebas sebesar -846,4 kJ/mol.

Kata kunci: senyawa kompleks, zink(II) asetat, *N,N'*-diethyltiourea (detu)

Abstract: Complex compound of zinc(II) acetate and *N,N'*-diethylthiourea (detu) with 2 : 3 stoichiometry has not been synthesized. The purposes of this research were to synthesis complex compound of zinc(II) acetate and detu with 2 : 3 stoichiometry, characterize, and predict the structure of complex compound. Complex compound of synthesized form of colourless crystals, prismatic, and melted at 118 - 119 °C. The results of electrical conductivity and qualitative acetate ion test indicated that the compound was molecular. EDX analysis has given empirical formula $C_{23}H_{48}N_6O_8Zn_2$. Accepted structure was the dimeric complex $[Zn_2(C_5H_{12}N_2S)_3(CH_3COO)_4]$ with distorted tetrahedral geometry around the central atom and the free energy was -846,4 kJ/mol.

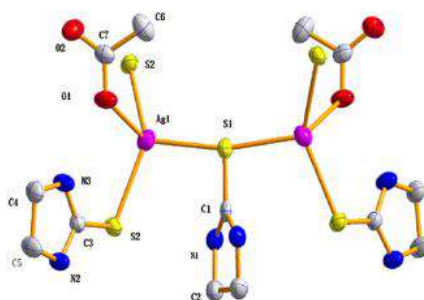
Key words: complex compound, zinc(II) acetate, *N,N'*-diethylthiourea (detu)

Garam Zn(II) dapat membentuk senyawa kompleks dengan ligan yang memiliki atom donor S, seperti tiourea (tu) dan turunannya. Senyawa kompleks dari zink(II) asetat dengan ligan *N,N'*-dimethyltiourea (dmtu) telah disintesis oleh Ajibade dkk. (2014) yaitu $[Zn(dmtu)_2(CH_3COO)_2]$. Perbedaan detu dan dmtu terletak pada dua gugus amina. Detu tersubstitusi etil sedangkan dmtu tersubstitusi metil. Senyawa kompleks dari turunan tiourea lain yaitu $[Hg(etu)X_2]_2$ (Marcotrigiano, dkk., 1975) dari atom pusat Hg(II) dan etilenatiourea (etu). Ligan dmtu, etu, dan

detu memiliki kemiripan dalam pola koordinasi. Substituen etil pada gugus amina detu mengakibatkan efek sterik yang lebih besar daripada tu, dmtu dan etu.

Senyawa kompleks dari zink(II) asetat dan detu membentuk dimer $[\text{Zn}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_3(\text{CH}_3\text{COO})_4]$. Senyawa kompleks tersebut isostruktur dengan $[\text{Ag}_2(\mu_2\text{-SC}_3\text{H}_6\text{N}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ (Zhu, dkk., 2009) yang merupakan kompleks molekuler dan memiliki geometri tetrahedral terdistorsi di sekitar atom pusatnya. Ligan asetat berlaku sebagai ligan monodentat sedangkan etu sebagai ligan monodentat dan jembatan seperti pada Gambar 1 ligan asetat juga bisa bertindak sebagai ligan jembatan diamati pada senyawa $[\text{Zn}_2(\text{bpy})_2(\text{MeCO}_2)_3]\text{ClO}_4$ (Chen & Tong, 1994).

Senyawa kompleks dari zink(II) asetat dan detu dengan stoikiometri 2 : 3 belum pernah disintesis dan dilaporkan. Untuk mengetahui pola koordinasi dan pengaruh ion asetat terhadap kestabilan senyawa kompleks yang terbentuk serta memperoleh prediksi struktur yang stabil maka perlu dilakukan penelitian yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Zink(II) Asetat dengan Ligan N,N'-dietiltiourea (detu)”.



Gambar 1. Senyawa Kompleks $[\text{Ag}_2(\mu_2\text{-SC}_3\text{H}_6\text{N}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ dengan Geometri Tetrahedral Terdistorsi di Sekitar Atom Pusatnya (Zhu, dkk., 2009)

METODE

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu sintesis senyawa kompleks dengan mereaksikan $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ dan detu dengan stoikiometri 1 : 1 dalam pelarut metanol dan karakterisasi senyawa kompleks hasil sintesis meliputi uji titik lebur, analisis SEM-EDX, uji Daya Hantar Listrik (DHL), uji kualitatif ion asetat, dan analisis *Gaussian 09W*.

Sintesis senyawa kompleks mengadopsi metode penelitian Marcotrigiano (1976) dengan modifikasi yaitu mengganti garam Hg(II) X (X = Cl, Br, I) dengan Zn(II) asetat. Senyawa kompleks dari $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan detu disintesis pada perbandingan mol $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: detu sebesar 1 : 1. Sintesis dilakukan dengan mencampurkan $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,22 g; 1 mmol) dalam 10 mL metanol dengan larutan detu (0,13 g; 1 mmol) dalam 10 mL metanol. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu 60 °C. Larutan tidak berwarna dalam gelas kimia ditutup dengan plastik *wrap* dan dievaporasi perlahan pada suhu 10 °C selama 53 hari.

Kristal hasil sintesis dikarakterisasi uji titik lebur, SEM-EDX, DHL dan kualitatif ion asetat untuk menentukan prediksi struktur senyawa kompleks. Uji kualitatif ion asetat dilakukan dengan cara mereaksikan larutan senyawa kompleks dengan besi(III) klorida (Vogel, 1979). Perhitungan energi bebas dilakukan dengan mengoptimasi prediksi struktur senyawa kompleks menggunakan program *Gaussian 09W*.

HASIL

Senyawa kompleks yang dihasilkan berupa kristal tidak berwarna dan berbentuk prisma. Data titik lebur reaktan dan kristal hasil sintesis diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Titik Lebur Senyawa Kompleks Hasil Sintesis

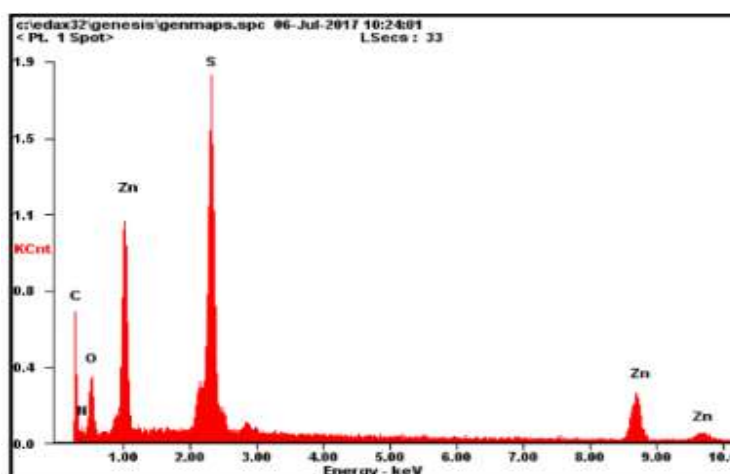
Senyawa	Titik Lebur (°C)
Zn(CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O	237 (Merck)
Detu	76-78 (Merck)
Senyawa Kompleks	118-119

Berdasarkan analisis SEM, kristal yang diperoleh berbentuk prisma dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil SEM Senyawa Kompleks Hasil Sintesis

Berdasarkan analisis EDX, spektrum senyawa kompleks hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum EDX Senyawa Kompleks Hasil Sintesis

Komposisi atom-atom penyusun senyawa kompleks dari analisis EDX dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Atom-atom Penyusun Senyawa Kompleks Hasil Analisis EDX

Unsur	Wt (%)	At (%)
C	38,14	57,61
N	07,93	10,27
O	14,28	16,20
S	17,04	09,64
Zn	22,61	06,28

Keterangan:

%At : persentase atom

%Wt : persentase massa

Hasil uji DHL pelarut, larutan garam $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, dan larutan senyawa kompleks hasil sintesis diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Daya Hantar Listrik (DHL)

Larutan	Konsentrasi (M)	Harga DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Metanol	-	1,53
$\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	0,001	63,3
Kompleks	0,001	6,47

Uji kualitatif ion asetat dengan reagen FeCl_3 tidak menghasilkan larutan berwarna merah. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Uji Kualitatif Ion Asetat pada Senyawa Kompleks Hasil Sintesis

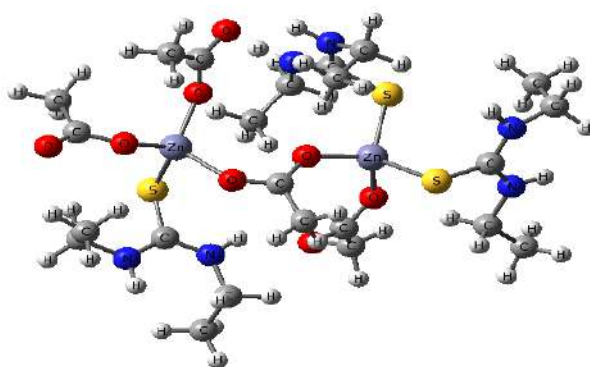
Prediksi struktur senyawa kompleks hasil sintesis dioptimasi dengan program *Gaussian 09W* menghasilkan data energi bebas sebesar $-846,4$ kJ/mol.

PEMBAHASAN

Senyawa kompleks yang dihasilkan berupa kristal tidak berwarna karena atom pusat $\text{Zn}(\text{II})$ memiliki orbital d yang terisi penuh elektron sehingga tidak terjadi transisi $d-d$. Data titik lebur pada Tabel 1 menunjukkan kristal hasil sintesis memiliki titik lebur berbeda dengan garam serta ligannya. Rentang titik lebur kristal tidak melebihi 2°C . Hal ini mengindikasikan bahwa kompleks hasil sintesis merupakan senyawa baru dan murni.

Hasil SEM menunjukkan kristal berbentuk prisma. Spektrum EDX menunjukkan bahwa kompleks hasil sintesis disusun dari unsur C, N, O, S, dan Zn. Berdasarkan hasil analisis EDX, perbandingan persentase atom Zn : S sebesar 06,28 : 09,64 disederhanakan menjadi 2 : 3. Data tersebut membuktikan bahwa rumus empiris senyawa kompleks hasil sintesis yaitu $\text{C}_{23}\text{H}_{48}\text{N}_6\text{O}_8\text{Zn}_2$.

Berdasarkan hasil uji DHL, senyawa kompleks memiliki nilai DHL sebesar $6,47 \mu\text{S}$ mendekati nilai DHL pelarut metanol sebesar $1,53 \mu\text{S}$ mengindikasikan senyawa kompleks merupakan kompleks molekuler. Hasil negatif uji kualitatif ion asetat menguatkan prediksi ion asetat bertindak sebagai ligan. Berdasarkan analisis EDX, uji DHL, dan uji kualitatif ion asetat, senyawa kompleks hasil sintesis merupakan senyawa kompleks molekuler. Optimasi prediksi struktur menghasilkan data energi bebas. Struktur yang diterima memiliki nilai energi bebas paling rendah yaitu sebesar $-846,4 \text{ kJ/mol}$ yaitu kompleks molekuler $[\text{Zn}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_3(\text{CH}_3\text{COO})_4]$ dengan geometri tetrahedral terdistorsi di sekitar atom pusatnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Prediksi Struktur Senyawa Kompleks Dimer $[\text{Zn}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_3(\text{CH}_3\text{COO})_4]$ dengan Geometri Tetrahedral Terdistorsi di Sekitar Atom Pusatnya

Prediksi struktur pada Gambar 5 menunjukkan pola koordinasi ligan asetat sebagai ligan jembatan dan monodentat sedangkan ligan detu sebagai ligan monodentat. Berdasarkan pola koordinasi tersebut, dihasilkan struktur dengan geometri tetrahedral terdistorsi di sekitar atom pusatnya. Kompleks dimer $[\text{Zn}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_3(\text{CH}_3\text{COO})_4]$ isostruktur dengan senyawa kompleks $[\text{Ag}_2(\mu_2\text{-SC}_3\text{H}_6\text{N}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_2]$. Ligan detu cenderung sebagai ligan monodentat karena hanya memiliki satu atom donor yaitu S dan substitusi etil pada kedua gugus amina itu menyebabkan efek sterik yang besar dan cenderung mendistorsi senyawa kompleks sehingga lebih stabil jika sebagai ligan monodentat.

SIMPULAN DAN SARAN

Senyawa kompleks dari zink(II) asetat dan *N,N'*-diethylthiourea (detu) menghasilkan kristal tidak berwarna dan prisma, melebur pada suhu $118\text{-}119^\circ\text{C}$, dan merupakan kompleks dimer $[\text{Zn}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_3(\text{CH}_3\text{COO})_4]$. Geometri di sekitar atom pusat yaitu tetrahedral terdistorsi. Ligan asetat berkoordinasi dengan atom pusat sebagai ligan monodentat dan jembatan. Penentuan struktur yang lebih akurat dapat diketahui dengan menggunakan metode Difraksi Sinar-X Kristal Tunggal.

DAFTAR RUJUKAN

- Ajibade, P. A., Zulu, N. H., & Oyedeji, A. O. 2014. Synthesis, Characterization, and Antibacterial Studies of Some Metal Complexes of Dialkyl Thiourea: The Xray Single Crystal Structure of $[\text{CoCl}_2(\text{detu})_2]$. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 43:524–531.
- Chen, X. & Tong, Y. 1994 A Dinuclear Zinc Carboxylate Complex of Biological Relevance. Crystal Structure of $[\text{Zn}_2(\text{bpy})_2(\text{MeCO}_2)_3]\text{ClO}_4$ (bpy = 2,2'-Bipyridine). *Inorg. Chem*, 33:4586-4588.
- Marcotrigiano, G. 1976. Preparation, Infrared, Raman and N.M.R. Spectra of N^2 -Diethylthiourea Complexes with Zinc(II), Cadmium(II) and Mercury(II) Halides. *Z. anorg. allg. Chem*, 422:80-88.
- Marcotrigiano, G., Peyronel, G., & Battistuzzi, R. 1975. Ethylthiourea Complexes of Zinc(II), Cadmium(II) and Mercury(II). *J. Inorg, Nucl. Chem.*, 37: 1675-1677.
- Vogel, A.I. 1979. *Vogel's Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. New York: Longman.
- Zhu, Q., Huang, R., Lu, K., Dong, L., & Hu, C. 2009. Anion-Directed Assembly of Metal–Organic Coordination Complexes from 1,3-imidazolidine-2-thione Ligand and Silver Salts. *Inorganica Chimica Acta*, 362:4943–4952.

Dion Notario, dkk_Kimia Anorganik

Immobilisasi Senyawa Koordinasi Astaxanthin dengan Ion Fe(III) dalam Matrix Carbon Aktif

Dion Notario¹, Rokiy Alfanaar²
Program Studi Farmasi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Ma Chung¹
Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Ma Chung²
e-mail: dion.notario@machung.co.id

Abstrak: Astaxanthin adalah salah satu jenis senyawa organik yang memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan senyawa karotenoid lain. Salah satu upaya meningkatkan kemampuan astaxanthin adalah dengan menambahkan ion Fe(III) membentuk senyawa koordinasi. Senyawa Fe(III)-Astaxanthin memiliki kemampuan antioksidan. Aktivitas antioksidan astaxanthin-Fe lebih tinggi dibandingkan dengan vitamin C maupun ekstrak astaxanthin pada konsentrasi yang sama yaitu 5 μM . Aktivitas penghambatan radikal bebas DPPH oleh Fe(III)-Astaxanthin sekitar dua kali lipat lebih besar daripada vitamin C dan hampir 7 kali lipat dibandingkan dengan ekstrak astaxanthin. Salah satu cara meningkatkan kestabilan Fe(III)-Astaxanthin adalah dengan immobilisasi pada karbon aktif. Perubahan sebelum dan sesudah immobilisasi dipelajari spektrofotometri FT-IR.

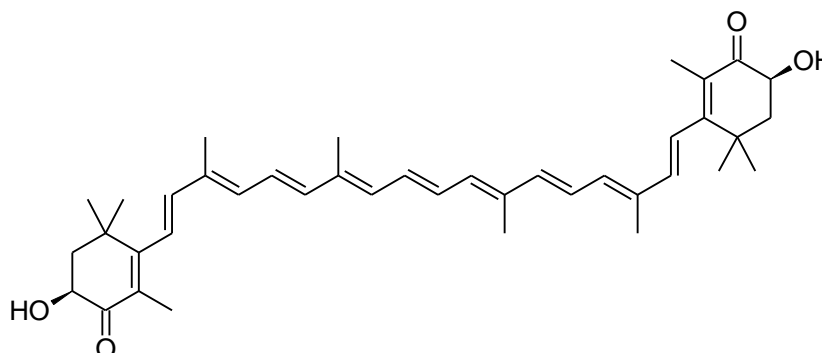
Kata kunci: astaxanthin, immobilisasi, ion Fe(III)

Abstract: Astaxanthin is one type of organic compound that has a higher antioxidant activity than other carotenoid compounds. One of the efforts of improving the ability of antioxidant activity of astaxanthin is to add the ion Fe (III) forms coordination compounds. Fe(III)-Astaxanthin compound antioxidant activity was higher as compared with vitamin C as well as extracts of the same concentration of astaxanthin on IE 5 μM . Inhibitory activity of free radical DPPH by Fe (III)-Astaxanthin approximately two-fold greater than Vitamin C and nearly 7 times compared with astaxanthin extract. One of the way to improve the stability of Fe (III)-Astaxanthin was by immobilization on activated carbon. Changes before and after the immobilization were studied using FT-IR spectrophotometry.

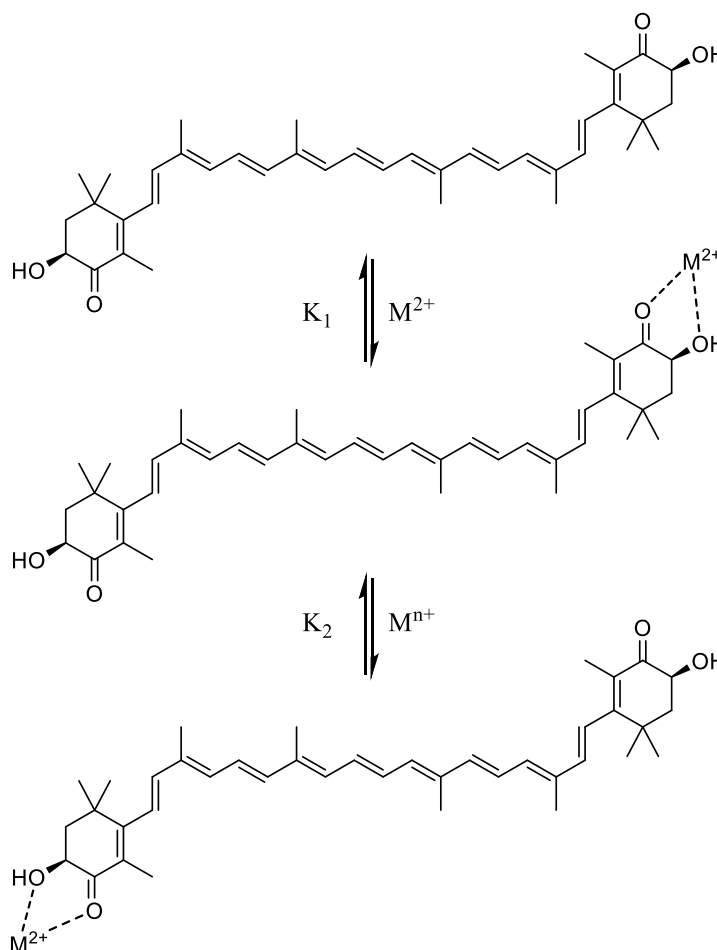
Keywords: astaxanthin, immobilization, Fe(III) ion

Karotenoid adalah terpenoid yang terbentuk dari unit isoprena yang memberikan pigmen. Astaxanthin menghasilkan warna merah membentuk kompleks dengan protein atau lipoprotein (Fennema, 2000; Higuera-Ciapar, dkk., 2006). Struktur astaxanthin dicirikan dengan sistem konjugasi ikatan pi (π) yang memiliki nama IUPAC 3,3'-dihidroksi-4,4'-diketo- β - β karoten (Herrera-Andrea dkk., 2011) dengan rumus molekul $\text{C}_{40}\text{H}_{52}\text{O}_4$. Ikatan rangkap pada poliena pada karotenoid memiliki konformasi *cis* atau *trans* (Rodriguez-Amaya, 2001) yang

disajikan pada Gambar 2. Kebanyakan karotenoid berada pada keadaan isomer *trans* karena lebih stabil secara termodinamika dibandingkan dengan isomer *cis* (Chen, dkk., 2007; Chen, dkk., 2007).



Gambar 1. Struktur Molekul Astaxanthin



Gambar 2. Efek Kestimbangan pada Stabilisasi Kompleks Astaxanthin dengan Logam

Salah satu kegunaan karotenoid adalah sebagai agen antioksidan (Naguib, 2000). Astaxanthin adalah salah satu jenis karotenoid yang memiliki kemampuan antioksidan tertinggi. Pada penelitian ini, antioksidan dari astaxanthin diuji dengan modifikasi pembentukan senyawa koordinasi dengan ion Fe(III). Ion logam transisi

seperti Co(II) telah dilaporkan dapat membentuk senyawa koordinasi dengan astaxanthin yang mampu membentuk kesetimbangan dalam larutan seperti pada Gambar 2 (Shuatith, 2015).

Salah satu upaya mempertahankan struktur dan kualitas suatu senyawa organik adalah dengan proses immobilisasi. Karbon aktif adalah salah satu material padat yang mampu menghasilkan interaksi adsorpsi dengan senyawa organik (Lou & Zhang, 2009). Astaxanthin yang telah mengikat ion Fe(III) diprediksi teradsorpsi dan terimmobilisasi pada permukaan karbon aktif.

METODE

Sintesis Senyawa Koordinasi Fe(III)-astaxanthin

Senyawa koordinasi Fe(III)-astaxanthin disintesis dengan pencampuran ion Fe(III) dari FeCl₃ dan Astaxanthin dengan perbandingan mol 1:1 dalam pelarut etanol. Sintesis dilakukan dengan bantuan gelombang suara 21 KHz. Karakterisasi senyawa koordinasi dilakukan dengan AAS dan FT-IR.

Pengujian Aktivitas Antioksidan Fe(III)-astaxanthin

Prosedur uji aktivitas antioksidan diadaptasi dari penelitian sebelumnya (Sharma & Bhat, 2009) dengan beberapa modifikasi. Larutan DPPH (3,0 mL, 100 µM) dalam metanol dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambah dengan 1,0 mL larutan uji, kemudian divorteks selama 30 detik. Larutan diinkubasi dalam tempat gelap selama 30 menit kemudian dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 517 nm terhadap blanko metanol. Pengukuran absorbansi larutan kontrol juga dilakukan dengan mengganti larutan uji dengan metanol. Aktivitas antioksidan dinyatakan dengan persen penangkapan radikal (%inhibisi) yang dihitung dengan persamaan 1.

$$\% \text{Inhibisi} = 100(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{uji}})/A_{\text{kontrol}} \quad (1)$$

Immobilisasi Kompleks Fe(III)-astaxanthin pada Matrix Karbon Aktif

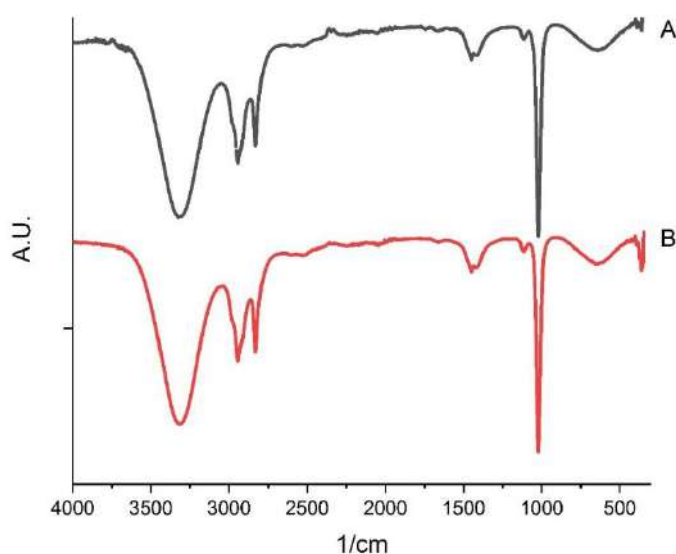
Sebanyak 20 mL larutan kompleks Fe(III)-astaxanthin yang telah disintesis ditambahkan dengan 0,5 gram karbon aktif. Keberhasilan immobilisasi dikonfirmasi dengan instrumentasi FT-IR.

HASIL

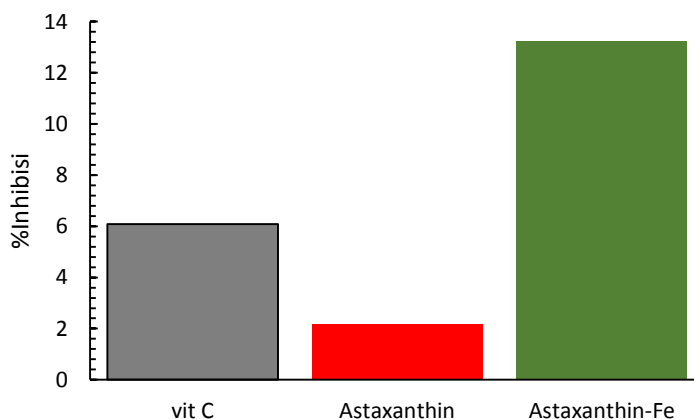
Astaxanthin merupakan senyawa organik yang terdiri dari dua buah sistem cincin terminal yang terhubung dengan gugus poliena. Struktur molekul yang banyak mengandung atom karbon ini mengakibatkan astaxanthin bersifat sangat non-polar ($\log K_{ow} = 13,27$). Selain itu, ikatan rangkap terkonjugasi yang cukup besar mengakibatkan molekul astaxanthin mampu menyerap sinar tampak pada panjang gelombang maksimum sebesar 476 nm dalam pelarut etanol dan berwarna merah (Buchwald & Jencks, 1968; PubChem, 2017).

Senyawa koordinasi astaxanthin dengan ion Fe(III) dikarakterisasi dengan AAS untuk mengetahui Fe(III) pada hasil reaksi. FT-IR digunakan untuk mempelajari vibrasi gugus fungsi yang terjadi. Gambar 3 menyajikan hasil FTIR Astaxanthin dan hasil sintesis Astaxanthin dengan ion Fe(III). Gambar 3B menjadi acuan untuk studi immobilisasi.

Astaxanthin dan senyawa koordinasi Fe(III) dengan astaxanthin diuji aktivitas antioksidannya dan dibandingkan dengan vitamin C. Aktivitas antioksidan astaxanthin-Fe lebih tinggi dibandingkan dengan vitamin C maupun ekstrak astaxanthin pada konsentrasi yang sama yaitu 5 μM . Aktivitas penghambatan radikal bebas DPPH oleh astaxanthin-Fe sekitar dua kali lipat lebih besar daripada vitamin C dan hampir 7 kali lipat dibandingkan dengan ekstrak astaxanthin yang diberikan pada Gambar 4.

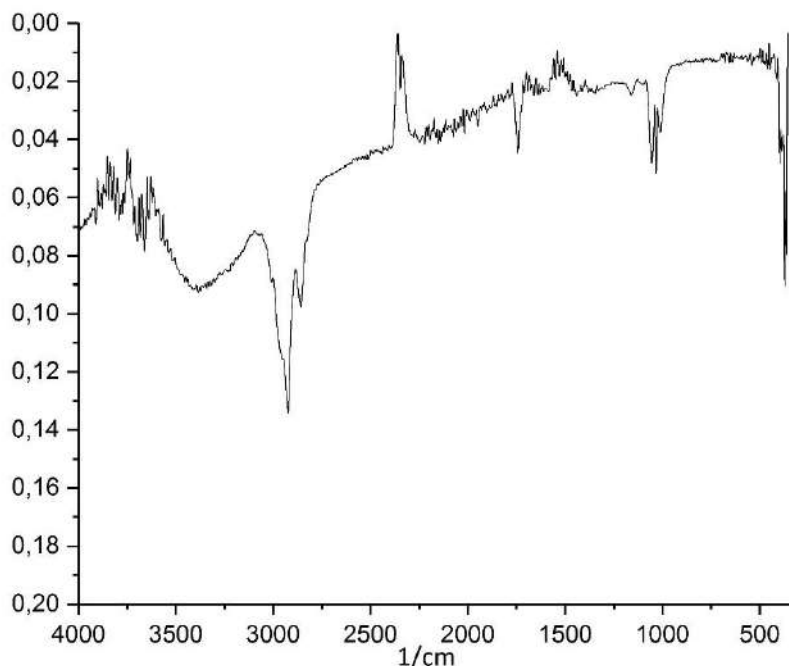


Gambar 3. A. Spektra FTIR Astaxanthin dan B. Spektra Hasil Sintesis Fe(III) dengan Astaxanthin



Gambar 4. Aktivitas Antioksidan

Immobilisasi kompleks [Fe(III)-Astaxanthin] dilakukan pada matrix karbon aktif. Pada Gambar 5 ditampilkan spektra FTIR kompleks [Fe(III)-Astaxanthin] yang telah diimmobilisasi. Perbandingan vibrasi gugus fungsi pada astaxanthin, [Fe(III)-astaxanthin], dan karbon aktif terimmobilisasi [Fe(III)-astaxanthin] disajikan pada Tabel 1.



Gambar 5. Spektra FT-IR Hasil Immobilisasi Senyawa Koordinasi Fe(III) dengan Astaxanthin dalam Matriks Karbon Aktif

Tabel 1. Vibrasi Gugus Fungsi pada Astaxanthin, [Fe(III)-Astaxanthin], dan Karbon Aktif Terimmobilisasi [Fe(III)-Astaxanthin]

Vibrasi Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (1/cm)		
	Astaxanthin	[Fe(III)-Astaxanthin]	Kompleks terimmobilisasi
C-H	635, 2950	634, 2950	2927
C=C	1435	1435	1444
C=O	1690	1664	1748
O-H	3347	3347	3379
Fe-O	-	353	368

PEMBAHASAN

FTIR adalah instrumentasi yang dapat menggambarkan vibrasi yang terjadi pada sampel. Gambar 3A, tampak vibrasi gugus-gugus yang menjadi ciri dari astaxanthin seperti O-H pada 3347 cm^{-1} , C=O pada 1690 cm^{-1} , C=C pada 1435 , C-H pada 1022 dan 635 cm^{-1} pada Gambar 3B. Terlihat pengurangan intensitas vibrasi gugus C=O pada bilangan gelombang 1664 cm^{-1} . Pengurangan intensitas

dan pergeseran bilangan gelombang C=O mengindikasikan ada perubahan pada gugus tersebut yang mengindikasikan terbentuk ikatan dengan ion Fe(III) yang diperkuat dengan munculnya vibrasi pada bilangan gelombang 353 cm^{-1} yang mengindikasikan vibrasi dari Fe-O.

Pada Gambar 5 terlihat perubahan hasil FTIR dimana vibrasi C-H mengalami pergeseran pada bilangan gelombang 2927 cm^{-1} , C=C pada bilangan gelombang 1444 cm^{-1} , C=O pada bilangan gelombang 1748 cm^{-1} , O-H pada 3379 cm^{-1} , dan Fe-O pada 368 cm^{-1} . Terlihat intensitas C=O meningkat dibandingkan pada spektra FTIR kompleks, hal ini disebabkan kesetimbangan kompleks pada larutan dimana kedua gugus C=O akan mengikat ion logam tidak terjadi. Hanya satu sisi gugus C=O yang mengikat ion Fe(III) pada fase padat, hal ini mengakibatkan kenaikan intensitas gugus C=O. Adanya vibrasi Fe-O pada bilangan gelombang 368 cm^{-1} mengindikasikan yang terimmobilisasi pada matriks karbon aktif adalah kompleks [Fe(III)-Astaxanthin].

SIMPULAN DAN SARAN

Immobilisasi Kompleks Fe(III) dengan ligan Astaxanthin telah berhasil dengan bantuan gelombang suara. Immobilisasi dilakukan dalam matriks karbon aktif yang telah dikonfirmasi dengan spektrofotometri FTIR. Dari penelitian ini, disarankan untuk menggunakan tipe matriks material berpori dan berlapis untuk mengetahui efek immobilisasi pada kompleks [Fe(III)-Astaxanthin].

DAFTAR RUJUKAN

- Buchwald, M. & Jencks, W.P., 1968, Optical Properties of Astaxanthin Solutions and Aggregates. *Biochemistry*, 7(2): 834–843.
- Chen, C. S., Wu, S. H., Wu, Y. Y., Fang, J. M., & Wu, T. H. 2007. Properties of Astaxanthin/ Ca^{2+} Complex Formation in The Deceleration of cis/trans Isomerization. *Organic Letters*, 9(16): 2985–2988.
- Chen, X., Chen, R., Guo, Z., Li, C., & Li, P. 2007. The Preparation and Stability of The Inclusion Complex of Astaxanthin with b-cyclodextrin. *Food Chemistry*, 101(4): 1580–1584.
- Fennema, O. 2000. *Química de los alimentos*. España: Acribia.
- Herrera-Andrade, M. H., Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., NúñezGastélum, J. A., & Moreno-Ramos, O. H. 2011. Extracción de la astaxantina y su estabilidad. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 7(1): 21–27.
- Higuera-Ciapara, I., Felix-Valenzuela, L., & Goycoolea, F. M. 2006. Astaxanthin: A Review of its Chemistry and Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2): 185–196.

- Luo, X. & Zhang, L., 2009. High Effective Adsorption of Organic Dyes on Magnetic Cellulose Beads Entrapping Activated Carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1):340-347.
- Naguib, Y.M. 2000. Antioxidant Activities of Astaxanthin and Related Carotenoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4):1150-1154.
- PubChem. 2017. Astaxanthine.
(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281224>, diakses tanggal 8 September 2017).
- Rodriguez-Amaya, D. B. 2001. A Guide to Carotenoid Analysis in Foods. WashingtonDC: ILSI press.
- Sharma, O.P. & Bhat, T.K.. 2009. DPPH Antioxidant Assay Revisited. *Food Chem.*, 113(4):1202–1205.
- Shuaith, N. 2015. *Synthesis and Characterisation of Novel Astaxanthin Metal Complexes*. Tesis tidak diterbitkan. Letterkeny Institute of Technology.

Devi Indah Anwar, dkk_Kimia Anorganik

Impregnasi TiO_2 pada Zeolit Alam Cikembar Sukabumi untuk Fotodegradasi Metilen Biru

Devi Indah Anwar, Lela Lailatul Khumaisah,
Salih Muharam, Nurma Lisafitri
Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas
Muhammadiyah Sukabumi
e-mail: deviindahanwar@ummi.ac.id

Abstrak: Telah dilakukan fotodegradasi metilen biru menggunakan fotokatalis TiO_2 -Zeolit yang berasal dari zeolit alam Cikembar Sukabumi. Fotokatalis TiO_2 -Zeolit disintesis dengan variasi rasio bobot TiO_2 -Zeolit. Optimasi fotodegradasi dilakukan pada pH 3-11 dan waktu 20-100 menit. Persentase degradasi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil XRD dan SEM menunjukkan TiO_2 telah terdispersi pada permukaan zeolit. Fotodegradasi optimum metilen biru diperoleh sebesar 98.34% pada rasio bobot TiO_2 -Zeolit 40:60%, pH 9, dan waktu 60 menit. Dilakukan *reuse* fotokatalis TiO_2 -Zeolit dan diperoleh nilai persentase degradasi sebesar 92,62% dan 89,63%. Nilai persentase degradasi hasil *reuse* yang relatif besar menunjukkan bahwa fotokatalis TiO_2 -Zeolit dapat digunakan kembali dalam proses fotodegradasi selanjutnya.

Kata kunci : metilen biru, fotodegradasi, fotokatalis TiO_2 -Zeolit,
reuse

Abstract: Photodegradation of methylene blue using photocatalyst TiO_2 -Zeolite from natural zeolite of Cikembar Sukabumi has been done. Photocatalyst TiO_2 -Zeolite was made with variations of TiO_2 -Zeolite weight ratio. Photodegradation optimization was performed at pH 3-11 and time of 20-100 minutes. Percent degradation was measured by spectrophotometer UV-Vis. XRD and SEM results showed TiO_2 was dispersed on the surface of zeolite. Photodegradation of methylene blue, optimum on 40:60% TiO_2 -Zeolite, pH 9, and 60 minutes, with 98.34% percent degradation. Reuse of TiO_2 -Zeolite obtained percent degradation 92.62% and 89.63%. It was show that TiO_2 -Zeolite can be reused in the process of next photodegradation.

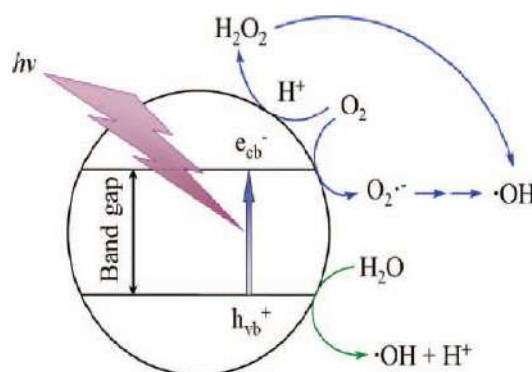
Key words: methylene blue, photodegradation, photocatalyst TiO_2 -
Zeolite, reuse

Metilen biru dari limbah cair industri tekstil merupakan suatu senyawa organik yang memiliki struktur aromatik yang kompleks, sehingga sulit terdegradasi secara alamiah. Metode pengolahan limbah cair zat warna tekstil yang saat ini mulai dikembangkan adalah fotodegradasi. Metode fotodegradasi mampu

menguraikan limbah zat warna menjadi komponen – komponen sederhana dengan menggunakan bantuan energi foton dari radiasi sinar UV.

Metode fotodegradasi dapat dilakukan dengan menggunakan fotokatalis berupa semikonduktor. Semikonduktor TiO_2 adalah fotokatalis semikonduktor yang paling efektif karena mempunyai energi celah pita relatif besar yaitu 3,2 eV (Joshi & Shirivastva, 2010). Pada proses degradasi tersebut dihasilkan radikal $\cdot\text{OH}$ yang sangat reaktif untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik menjadi produk akhir yang tidak berbahaya. Pada proses ini, TiO_2 diradiasi dengan sinar ultraviolet. Elektron yang dilepaskan akan tereksitasi dari pita valensi (*valence band*) ke pita konduksi (*conduction band*) yang menghasilkan pasangan elektron pita konduksi (e_{cb}^-) dan lubang positif (h_{vb}^+). Mekanisme fotokatalisis pada permukaan semikonduktor TiO_2 tersebut ditunjukkan Gambar 1 (Wang & Xu, 2012).

Kemampuan degradasi dari TiO_2 dapat ditingkatkan dengan cara diimbangkan pada suatu mineral alam sehingga memiliki fungsi ganda yaitu sebagai adsorben dan fotokatalis (Ramadhana, dkk., 2013). Adsorben yang biasa digunakan adalah zeolit karena zeolit mempunyai struktur 3 dimensi dengan pori yang besar sehingga dapat mengadsorbsi senyawa lain yang berukuran lebih kecil (Slamet & Bismo, 2008).



Gambar 1. Mekanisme fotokatalisis pada permukaan semikonduktor (Wang & Xu, 2012)

METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah metilen biru, TiO_2 , zeolit alam Sukabumi, etanol, akuades, dan H_2SO_4 , dan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, pengaduk magnetik, spektrofotometer UV-Vis 1800 Shimadzu, *Difraktometer Sinar - X* (XRD) Shimadzu 7000 dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) ZEISS EVO 50.

Prosedur kerja

Aktivasi Zeolit

Zeolit alam Cikembar Sukabumi ditimbang, kemudian digerus sampai halus lalu diayak dan aktivasi dengan H_2SO_4 1 M. Dicuci dengan aquades sampai netral kemudian disaring selanjutnya zeolit dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C selama 4 jam.

Sintesis TiO_2 -Zeolit Alam Sukabumi

Fotokatalis TiO_2 -Zeolit dibuat dengan variasi rasio bobot TiO_2 -Zeolit total 3 gram. Kemudian ditambahkan 10 mL etanol 96% diaduk dengan pengaduk magnetik selama 5 jam, setelah itu disaring. TiO_2 -Zeolit yang terbentuk kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 5 jam. Selanjutnya TiO_2 -Zeolit dikalsinasi pada temperatur 500°C selama 5 jam.

Optimasi Rasio Fotokatalis TiO_2 -Zeolit Terhadap Degradasi Metilen Biru

TiO_2 -Zeolit (0,4 gram) dengan rasio bobot yaitu 0:100, 20:80, 40:60, 50:50, 60:40, 80:20, 100:0 ($\frac{b}{b} \%$) ditambahkan metilen biru (100 ppm, 200 mL) kemudian diaduk dan dilakukan penyinaran menggunakan sinar ultraviolet (UV) di dalam fotoreaktor dengan penyinaran selama 60 menit, setelah itu campuran disaring dan diukur absorbansinya.

Optimasi pH Metilen Biru Terhadap Degradasi Fotokatalis TiO_2 -Zeolit

Sebanyak 0,4 gram TiO_2 -Zeolit pada rasio bobot optimum ditambahkan metilen biru (100 ppm, 200 mL) dengan pH 3, 5, 7, 9, dan 11. Kemudian diaduk dan disinari menggunakan sinar ultraviolet (UV) di dalam fotoreaktor dengan lama penyinaran 60 menit, setelah itu disaring. Diukur absorbansinya

Optimasi Waktu Fotokatalis TiO_2 -Zeolit Terhadap Degradasi Metilen Biru

Timbang 0,4 gram TiO_2 -Zeolit pada rasio bobot dan kondisi pH optimum, ditambahkan metilen biru (100 ppm, 200 mL). Kemudian diaduk dan disinari menggunakan sinar ultraviolet (UV) di dalam fotoreaktor dengan lama penyinaran selama 20, 40, 60, 80, 100 menit, setelah itu disaring. Diukur absorbansinya

Karakterisasi Fotokatalis TiO_2 -Zeolit

Karakterisasi fotokatalis TiO_2 -Zeolit dilakukan dengan menggunakan XRD untuk mengetahui nilai kristanilitas dan SEM untuk analisis morfologi

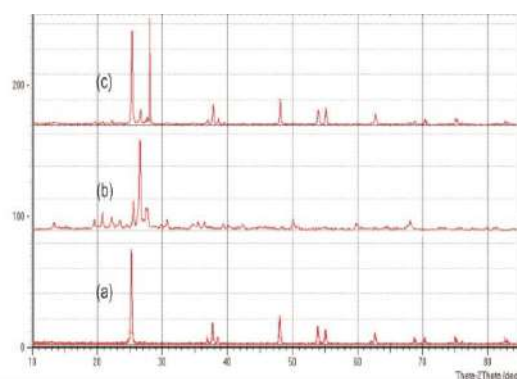
Uji Efektivitas Penggunaan Kembali (*Reuse*) Fotokatalis TiO_2 -Zeolit pada Degradasi Metilen Biru

Residu TiO_2 -Zeolit hasil fotodegradasi pada optimasi waktu dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Setelah itu dicuci dan dikeringkan pada suhu 110°C selama 1 jam dan digunakan kembali untuk fotodegradasi larutan

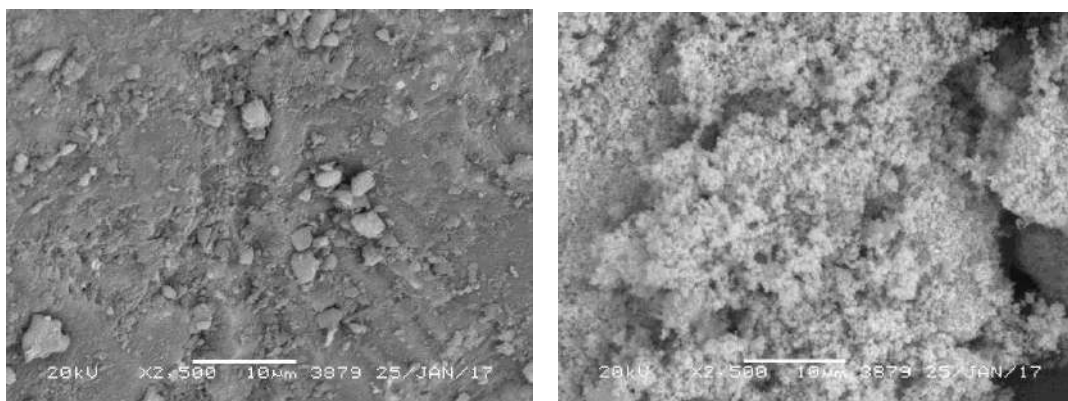
metilen biru dengan konsentrasi massa 40:60 %, pH 9 dan waktu 60 menit pada prosedur yang sama.

HASIL

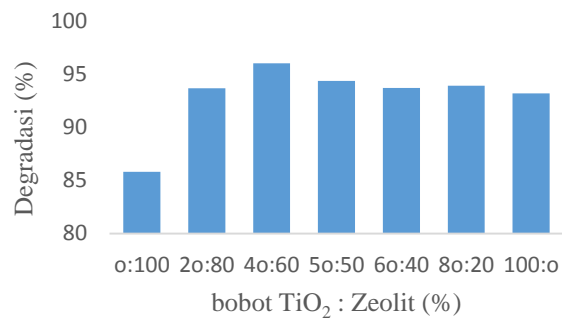
Hasil XRD fotokatalis TiO_2 -Zeolit hasil sintesis ditunjukkan melalui difraktogram pada Gambar 2 dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada Gambar 3, menunjukkan permukaan zeolit yang tertutup oleh partikel berbentuk agregat. Gambar 4 menunjukkan hubungan komposisi TiO_2 -Zeolit alam Sukabumi dengan kemampuan degradasinya (% degradasi). komposisi TiO_2 -Zeolit alam Sukabumi paling baik pada rasio bobot 40:60 (%) dengan persen degradasi sebesar 96,03%.



Gambar 2. Difraktogram Fotokatalis TiO_2 -Zeolit: (a) T:Z (100:0), (b) T:Z (0:100), (c) T:Z (40:60)

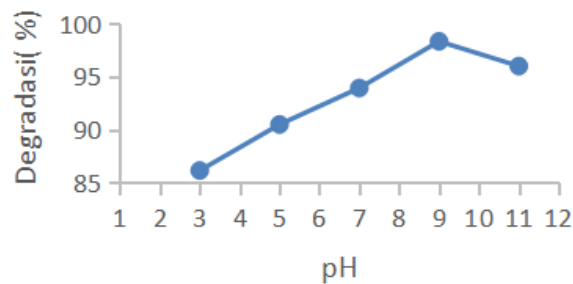


Gambar 3. Hasil SEM Degradasi Fotokatalis TiO_2 -Zeolit Perbesaran 2500x
(a) T:Z (0:100), (b) T:Z (40:60)

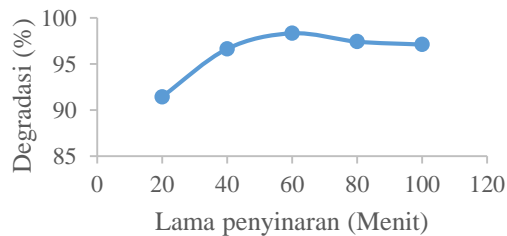


Gambar 4. Pengaruh Rasio Bobot terhadap Fotodegradasi Metilen Biru

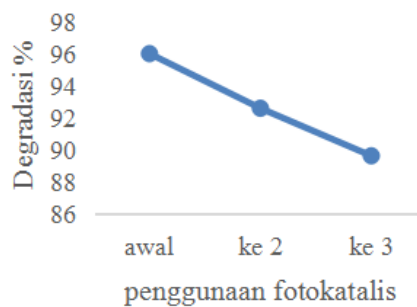
Gambar 5, 6 dan 7 masing-masing menunjukkan pengaruh pH dan lama penyinaran serta efektifitas penggunaan kembali fotokatalis TiO_2 -zeolit



Gambar 5. Pengaruh pH terhadap Fotodegradasi Metilen Biru



Gambar 6. Pengaruh Waktu terhadap Fotodegradasi Metilen Biru.



Gambar 7. Efektifitas Penggunaan Kembali Fotokatalis TiO_2 -zeolit

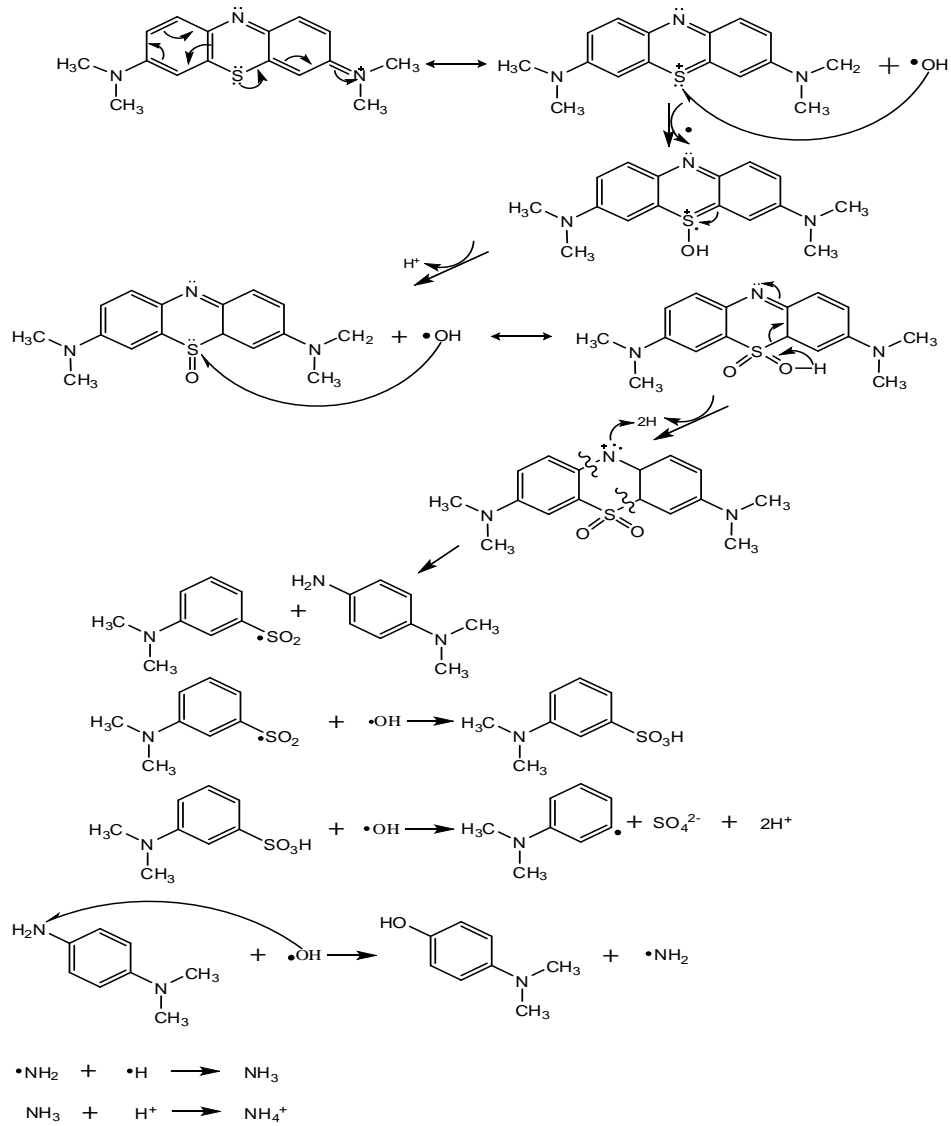
PEMBAHASAN

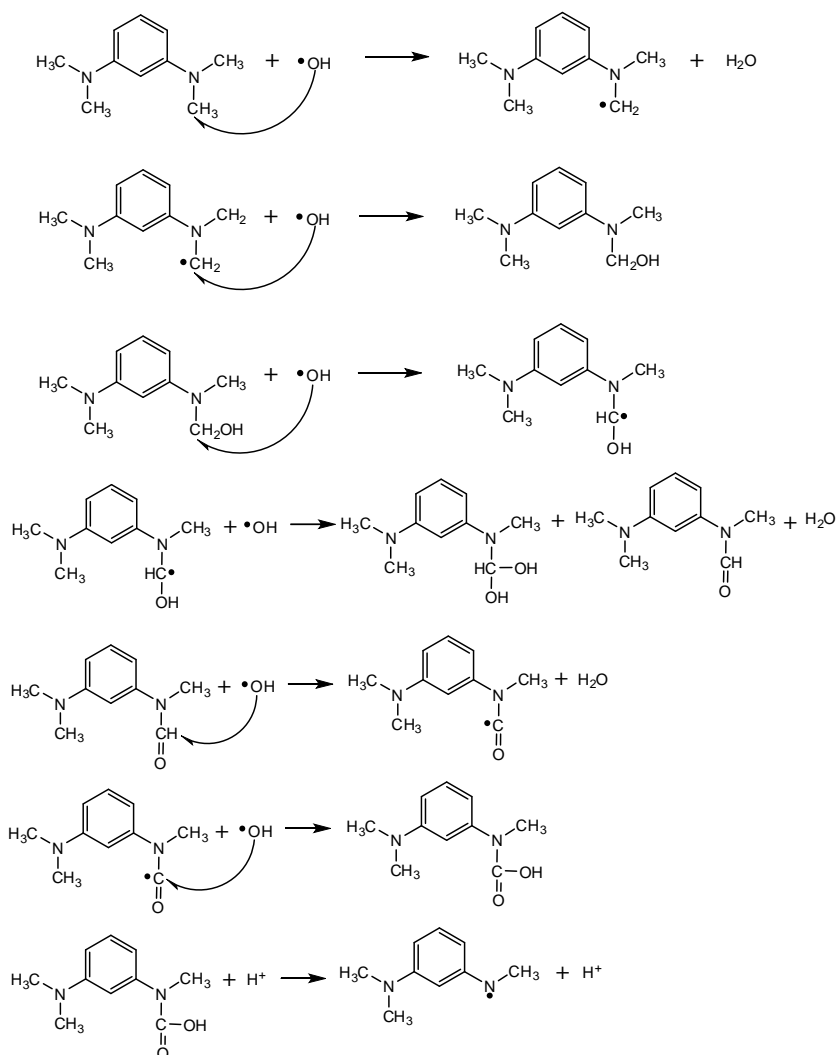
Difraktogram pada Gambar 2 menunjukkan adanya beberapa puncak khas yang merupakan karakteristik TiO₂-Zeolit. TiO₂ memiliki puncak utama pada $2\theta = 25,25^\circ$ (Gambar 2a), pada pola difraksi zeolit alam Cikembar Sukabumi terdapat puncak yang muncul pada daerah $2\theta = 25,54^\circ$; $26,56^\circ$; dan $27,52^\circ$ (Gambar 2b). TiO₂-Zeolit menunjukkan puncak-puncak yang khas keduanya pada daerah $2\theta = 25,34^\circ$ dan $28,09^\circ$ (Gambar 2c). Berdasarkan data difraktogram tersebut diketahui bahwa TiO₂ sudah terdistribusi di daerah zeolit. Pendapat ini didukung oleh hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Gambar 3) yang menunjukkan adanya partikel berbentuk agregat yang diduga TiO₂ pada permukaan zeolit.

Gambar 4 menunjukkan komposisi TiO₂-Zeolit alam Cikembar Sukabumi paling baik pada rasio massa 40:60 (%) dengan persentase degradasi sebesar 96,03%. Degradasi metilen biru meningkat seiring peningkatan jumlah fotokatalis TiO₂ karena menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang semakin banyak. Namun untuk penambahan jumlah fotokatalis TiO₂ lebih lanjut menurunkan persentase degradasi metilen biru, hal ini disebabkan adanya sintering sehingga dapat menyebabkan terjadinya penurunan sisi aktif fotokatalis (Wulandari, dkk., 2014). Pada komposisi TiO₂:Zeolit (0:100) diperoleh persentase degradasi metilen biru sebesar 85,82%. Hal ini menjelaskan bahwa penurunan konsentrasi metilen biru terjadi karena adanya proses adsorpsi oleh zeolit dan naiknya persentase degradasi akibat penambahan TiO₂ yang diimbangi pada zeolit.

Sani (2009) melaporkan bahwa nilai persentase degradasi metilen biru oleh fotokatalis TiO₂-Zeolit alam Tasikmalaya sebesar 82,5 %. Hal ini menunjukkan bahwa Zeolit alam Cikembar Sukabumi relatif lebih baik dibandingkan dengan zeolit alam Tasikmalaya.

Radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) memiliki kontribusi terbesar dalam mendegradasi metilen biru. Mekanisme fotodegradasi metilen biru ditunjukkan Gambar 8. Degradasi metilen biru diawali dengan terbentuknya gugus sulfoksida melalui serangkaian reaksi. Radikal hidroksil yang kedua dapat menyerang gugus sulfoksida dan menginisiasi reaksi disosiasi dari cincin. Radikal hidroksil kemudian menyerang gugus *sulfone* (SO₂) sehingga terbentuk asam sulfonat, yang diserang oleh radikal hidroksil berikutnya sehingga terjadi pelepasan ion SO₄²⁻. Radikal hidroksil juga dapat menyerang gugus amino yang dihasilkan dari reaksi disosiasi metilen biru sehingga terbentuk senyawa fenol. Reaksi ini disertai dengan pelepasan radikal NH₂ \bullet yang nantinya bisa bereaksi dengan H \bullet menghasilkan ammonia (NH₃). Dua gugus simetris dimetil fenil amin lainnya mengalami peningkatan degradasi oksidasi dari 1 gugus metil dengan serangan radikal $\bullet\text{OH}$ menghasilkan alkohol (tidak terdeteksi), selanjutnya aldehid secara spontan teroksidasi menjadi asam yang mengalami reaksi dekarboksilat menjadi CO₂ (Houas, dkk., 2001). Mekanisme ini dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti yang tampak pada hasil penelitian.





Gambar 8. Mekanisme Fotodegradasi Metilen Biru (Houas, dkk., 2001).

Gambar 5 menunjukkan persentase degradasi metilen biru adalah yang tertinggi sebesar 98,34% pada pH basa yaitu pH 9 . Hal ini diduga disebabkan pada kondisi basa permukaan TiO_2 bermuatan negatif dan sebaliknya pada kondisi asam maka permukaan TiO_2 akan bermuatan positif karena TiO_2 bersifat amfoter (Hoffmann, dkk, 1995):

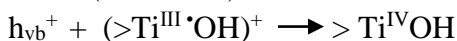
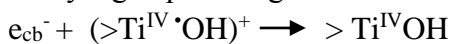


Zat warna metilen biru merupakan zat warna kationik (bermuatan positif) sehingga pH basa meningkatkan efektifitas fotodegradasinya. Hal ini karena adanya interaksi elektrostatik yang menyebabkan metilen biru berada dekat di permukaan TiO_2 sehingga interaksi radikal $\bullet\text{OH}$ di permukaan semakin tinggi. Peningkatan konsentrasi ion OH^- juga akan meningkatkan jumlah radikal $\bullet\text{OH}$ yang dihasilkan.

Pada pH yang lebih basa terjadi penurunan persentase degradasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Diantariani, dkk. (2014) yang melaporkan bahwa pada pH lebih basa terjadi penurunan persentase degradasi yang disebabkan adanya ion OH^-

berlebih yang menutupi permukaan fotokatalis, sehingga fotokatalis tidak maksimal terkena oleh foton, keadaan ini menyebabkan produksi *hole* dan elektron semakin sedikit, *hole* (h_{vb}^+) yang dihasilkan tidak mencukupi untuk bereaksi dengan OH^- yang dapat menghasilkan $\bullet OH$, yang selanjutnya mengoksidasi metilen biru.

Waktu penyinaran merupakan lamanya interaksi antara fotokatalis TiO_2 dengan cahaya UV dalam menghasilkan radikal $\bullet OH$. Lama penyinaran dapat mempengaruhi proses fotodegradasi metilen biru. Waktu penyinaran 20-60 menit menunjukkan peningkatan persentase degradasi metilen biru, dimana waktu optimum yang didapatkan adalah 60 menit sebesar 98,34 %. Hasil ditunjukkan pada Gambar 6. Pada waktu 80-100 menit terjadi penurunan persentase degradasi. Hal ini disebabkan oleh elektron pada pita konduksi e_{cb}^- dan *hole* pada pita valensi h_{vb}^+ dapat mengalami penggabungan kembali (rekombinasi) (Hoffman, dkk, 1995). Rekombinasi tersebut akan mengurangi aktivitas fotokatalis karena ketersediaan h_{vb}^+ yang dapat menghasilkan radikal $\bullet OH$ juga berkurang.



Pada proses penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis TiO_2 -zeolit terjadi penurunan persentase degradasi. Hasil ditunjukkan pada Gambar 7. Pada proses fotodegradasi pertama dihasilkan nilai persen degradasi larutan metilen biru sebesar 98,34% sedangkan pada proses penggunaan kembali (ke-dua dan ke-tiga) sebesar 92,615% dan 89,63%. Hal ini membuktikan bahwa katalis TiO_2 terdistribusi dengan baik di permukaan polimer zeolit dengan stabil sehingga masih aktif untuk menguraikan senyawa organik. Pada proses penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis TiO_2 -zeolit terjadi penurunan persentase degradasi, disebabkan adanya senyawa metilen biru yang masih tersorpsi di dalam zeolit dan tidak mengalami desorpsi meskipun dilakukan pencucian (Prakasa, 2012).

SIMPULAN

Fotokatalis TiO_2 -zeolit disintesis menggunakan metode dispersi padat-padat. Uji aktivitas fotokatalis TiO_2 -Zeolit terhadap metilen biru menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik pada rasio bobot 40:60 % ($^b/b$), pH 9, waktu 60 menit dengan persentase degradasi metilen biru tertinggi sebesar 98,34%. TiO_2 -Zeolit yang digunakan kembali (*reuse*) menunjukkan sedikit penurunan degradasi, yang membuktikan bahwa TiO_2 -zeolit dapat digunakan kembali untuk beberapa kali pemakaian dalam proses fotodegradasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Diantariani, Widihati, I.A.G., & Megasari, R. 2014. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar Ultraviolet dan Katalis ZnO. *Jurnal kimia*, 9(2):134-143.
- Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W., & Bahnemann, D.W. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Review*, 95: 69-96.

- Houas, A., Lachheb, H., Ksibi, M., Elaloui, E., Guillard, C., & Herman, J.M. 2001. Photocatalytic Degradation Pathway of Methylene Blue in Water. *Appl. Catal. B: Environ*, 31: 145-157.
- Joshi, K.M. & Shirivastva, V.S. 2010. Removal of Hazardious Textile dyes From Aqueous Solution by Using Commercial Activated Carbon with TiO₂ and ZnO as Photocatalyst. *International Journal of Chem Tech Research*, 2: 427-435.
- Kusdarto. 2008. Potensi Zeolit di Indonesia. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 7(2): 78-87.
- Prakasa, A.T.M. 2012. *Studi Fotodegradasi Variasi Konsentrasi Hidrogen Peroksida terhadap Konstanta Laju Fotodegradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis Bentonit-TiO₂*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Brawijaya.
- Ramadhana, A.K.K., Wardhani, S., & Purwonugroho, D. 2013. Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan TiO₂-Zeolit dengan Penambahan Ion Persulfate. *Kimia student journal*, 1(2): 168-174.
- Sani, A.A. 2009. Pembuatan Fotokatalis TiO₂-Zeolit Alam Asal Tasikmalaya untuk Fotodegradasi Methylene Blue. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 8(1): 6-14.
- Slamet, M. E. & Bismo, S. 2008. Modifikasi Zeolit Alam Lampung dengan Fotokatalis TiO₂ Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya untuk Penyisihan Fenol. *Jurnal Teknologi*, Edisi (1): 59-68.
- Wang, J. L. & Xu, L. J. 2012. Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: Formation of Hydroxyl Radical and Application. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(3): 251-325.
- Wulandari, O.I., Wardhani, S., & Purwonugroho, D. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis ZnO pada Zeolit. *Kimia Student Journal*. 1(2): 241-247.

I Wayan Dasna, dkk_Kimia Anorganik

Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks $M(R\text{-COO})_x$ ($M = \text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$, $R\text{-COO}^- = \text{Ion karboksilat}$)

I Wayan Dasna, Fidyah Nanda Kusuma, Oktavina Kartika Putri
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang, Jawa Timur
e-mail: idasna@um.ac.id

Abstrak: Senyawa kompleks dari ion logam transisi bivalen dengan ligan ion karboksilat rantai alkil panjang mempunyai potensi sebagai bahan matriks material. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis senyawa kompleks dari ion logam Cu^{2+} dan Fe^{3+} dengan ligan ion karboksilat yang diperoleh dari hasil hidrolisis minyak kelapa dan karakterisasi sifat-sifatnya. Sintesis dilakukan melalui reaksi saponifikasi antara minyak kelapa dengan natrium hidroksida yang dilanjutkan dengan reaksi *trans*-saponifikasi sabun natrium dengan ion Cu^{2+} dan Fe^{3+} . Hasil penelitian berupa kompleks tembaga karboksilat (serbuk berwarna biru muda, titik lebur $98\text{-}100,5^\circ\text{C}$; larut dalam oktanol, $\mu_{\text{eff}} = 1,98 \text{ BM}$); dan kompleks besi(III) karboksilat (serbuk coklat, titik lebur $93\text{-}106^\circ\text{C}$; larut dalam oktanol dingin atau panas, $\mu_{\text{eff}} = 5,98 \text{ BM}$).

Kata kunci: *trans*-esterifikasi, kompleks Cu-karboksilat, Fe-karboksilat

Abstract: The complex compounds of transition metal ions with long alkyl chain carboxylic ion ligands have potential application as material matrix. This study aims to synthesize complex compounds of Cu^{2+} and Fe^{2+} metal ions with ligands of carboxylic ions obtained from hydrolysis of coconut oil. Characterization of this complex was conducted to determine the physical and chemical properties and their potential as catalysts. The synthesis was carried out by saponification reaction between coconut oil and sodium hydroxide followed by *trans*-saponification reaction of sodium soap with Cu^{2+} and Fe^{2+} ions. The result of the research were complexes of carboxylic copper (light blue powder, melting point $98 - 100,5^\circ\text{C}$; soluble in octanol ($0.01 \text{ g} / 1 \text{ mL}$; paramagnetic with $\mu_{\text{eff}} = 1.98 \text{ BM}$) and complex iron(III) carboxylate (brown powder, melting point $93 - 106^\circ\text{C}$; soluble in cold or hot octanol, $\mu_{\text{eff}} = 5.98 \text{ BM}$).

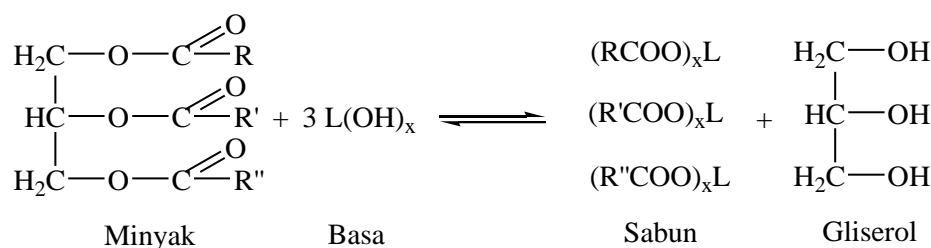
Keywords: *trans*-esterification, Cu-carboxylate, Fe-carboxylate

Krstić dkk. (2015) telah mensintesis senyawa-senyawa kompleks antara ion logam M(II) dengan ligan-ligan non-steroidal yang berfungsi sebagai obat anti-inflammasi jenis asam. Ion logam M(II) meliputi Cu(II), Zn(II), Co(II), dan Mn(II). Pada senyawa-senyawa kompleks tersebut terjadi koordinasi antara ion logam M(II) dengan gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$). Senyawa-senyawa hasil sintesis tersebut berpotensi sebagai obat antibakteri dan antitumor. Hasil penelitian lainnya, Carlsson dkk. (2004) menggunakan ion logam Ni(II) dengan ligan yang mengandung polikarboksilat untuk menghasilkan senyawa kompleks yang bersifat

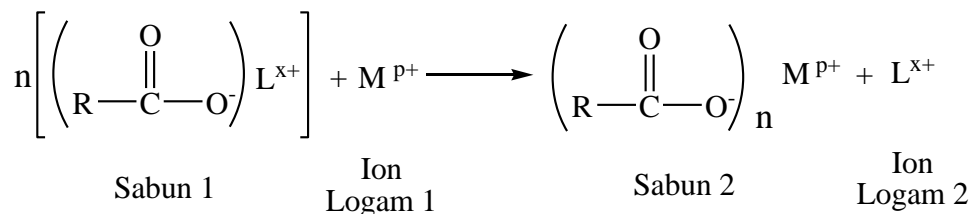
urease aktif. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa senyawa-senyawa kompleks dari ion logam transisi bivalen dengan ligan-ligan karboksilat atau turunan ligan karboksilat berpotensi sebagai senyawa-senyawa antibakteri dan koenzim yang aktif. Bila sumber karboksilat dari asam atau garam karboksilat rantai panjang, maka senyawa kompleks yang dibentuk dapat sebagai sabun logam transisi. Sabun ini berbeda dengan sabun pada umumnya yang dibuat dari reaksi saponifikasi basa logam alkali atau alkali tanah dengan ion asam karboksilat yang diperoleh dari hasil hidrolisis minyak kelapa/sawit atau minyak jarak.

Indonesia merupakan produsen minyak sawit yang sangat besar sehingga sangat potensial dicari alternatif untuk menghasilkan produk lain. Sejauh ini, selain digunakan langsung dalam pengolahan makanan dan industri pangan, minyak digunakan sebagai bahan baku sabun dan bahan baku *bio-fuel*. Penggunaan minyak sebagai bahan baku senyawa kompleks yang dapat dimanfaatkan dalam bidang material dan obat-obatan belum banyak dipublikasikan. Untuk tujuan ini, diperlukan hidrolisis minyak menjadi asam karboksilat yang dapat berfungsi sebagai ligan.

Asam karboksilat dapat berfungsi sebagai ligan karena atom O pada gugus karboksilatnya (R-COOH) mempunyai pasangan elektron bebas yang dapat didonorkan kepada orbital kosong ion logam transisi. Berbeda dengan reaksi saponifikasi, pembentukan kompleks ion karboksilat dan ion logam transisi melalui reaksi trans-saponifikasi. Pada reaksi ini terjadi perubahan dari sabun-Na menjadi sabun-L (dimana L = ion Co^{2+} atau Fe^{2+}). Pada reaksi saponifikasi, senyawa trigliserida pada minyak dihidrolisis oleh basa logam alkali (basa kuat) untuk menghasilkan garam alkali-karboksilat yang disebut sabun. Berdasarkan teori keras-lunak asam basa dari Pearson dalam Huheey dan Keiter (1993), ion Na^+ dapat disubstitusi oleh Co^{2+} atau Fe^{2+} karena ion-ion logam transisi tersebut mempunyai jari-jari ion lebih besar. Namun demikian, substitusi yang terjadi bukan merupakan substitusi asam-basa namun pembentukan senyawa kompleks. Reaksi saponifikasi dan trans-esterifikasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1a. Reaksi Saponifikasi



Gambar 1b. Reaksi *trans*-saponifikasi

Dasna dkk. (2008) telah mensintesis kompleks dengan ligan-ligan karboksilat tidak hanya menggunakan minyak sawit namun juga dari minyak jarak pagar, asetilasetonat, dan kurkumin untuk menghasilkan senyawa kompleks dalam bentuk sabun logam transisi. Senyawa-senyawa kompleks yang diperoleh pada umumnya merupakan senyawa non polar yang sukar larut dalam air namun dapat larut dalam pelarut alkohol rantai panjang seperti oktanol. Kelarutan dalam oktanol mengindikasikan bahwa senyawa tersebut mempunyai kepolaran yang rendah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai campuran dari parafin lilin untuk menghasilkan warna nyala lilin sesuai kandungan ion logamnya. Penurunan kepolaran senyawa kompleks dari ion logam transisi dengan ligan karboksilat dapat terjadi karena pengaruh rantai karbon yang panjang dari karboksilat. Rantai panjang tersebut akan menyebabkan tolakan antar gugus alkil rantai panjang sehingga dapat diduga bahwa kompleks tersebut akan mempunyai pori-pori sebagai akibat dari tolakan antar rantai karbon. Keadaan struktur yang demikian dapat dimanfaatkan sebagai penyangga senyawa tertentu. Oleh sebab itu, kompleks ini dapat dimanfaatkan sebagai matriks oksida-oksida tertentu.

Pada penelitian ini, senyawa kompleks $\text{M}(\text{RCOO})_x$ yang diperoleh dari reaksi *trans*-saponifikasi di-*blend* dengan senyawa lain seperti oksida logam. Kompleks yang diperoleh akan berfungsi sebagai penyangga atau matriks dari senyawa oksida tersebut. Senyawa *blended* ini dapat terjadi karena (1) kompleks $\text{M}(\text{RCOO})_x$ mempunyai ligan karboksilat dengan R rantai panjang (C_{13} - C_{17}) sehingga akibat tolakan struktur akan terjadi pori-pori dalam kompleks yang dapat diisi oleh senyawa lain, (2) adanya atom-atom H yang terikat pada rantai karbon asam karboksilat mempunyai dipol positif sehingga dapat berinteraksi dengan senyawa-senyawa yang mengandung atom-atom yang mempunyai dipol negatif seperti oksigen. Interaksi gaya van der Waals yang terjadi pada campuran senyawa tersebut dapat menghasilkan campuran senyawa yang stabil. Pada makalah ini dilaporkan kompleks $\text{Cu}(\text{RCOO})_x$ dan $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ serta *blend* dari $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ dengan oksida besi, Fe_2O_3 . Jumlah RCOO^- yang diikat oleh Cu^{2+} atau Fe^{2+} masih dinyatakan dalam x karena dari reaksi dengan perbandingan Cu^{2+} atau Fe^{2+} terhadap RCOO^- (1 : 6) belum dapat diidentifikasi jumlah RCOO^- yang terikat. Kristal tunggal dari kompleks ini belum pernah didapat sehingga strukturnya belum dapat ditentukan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang (UM). Karakterisasi XRF dan Difraksi sinar-X dilaksanakan di Laboratorium sentral UM, dan uji sifat magnetik dilaksanakan di ITB Bandung atas bantuan Prof. Djulia Onggo.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk sintesis antara lain: labu leher tiga dengan karet penutupnya, perangkat *reflux*, mortar, pastel, gelas kimia, cawan petri, botol semprot, corong pemisah, desikator, termometer, *magnetic stirrer*, *hot plate*, neraca analitik *Sartorius Element* ELT103. Alat-alat untuk karakterisasi hasil sintesis meliputi: *Melting Point Apparatus* (SIBATA Mel-270), FTIR *Spectrofotometer* (SHIMADZU IR Prestige-21), seperangkat alat *X-ray Fluorescence* (XRF) MINIPAL 4 (PANalitical), seperangkat alat *X-Ray Diffraction* (XRD) *Powder Cell*, dan *Magnetic Susceptibility Balance* (MSB) *Sherwood Scientific*.

Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk sintesis meliputi: minyak sawit (dibeli di pasaran tanpa perlakuan lebih lanjut), etanol absolut (Merck; p.a.), NaOH (Merck; p.a.), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Merck; p.a.), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck; p.a.), Fe_2O_3 , kertas saring, gliserol, oktanol, aseton, dan aquades.

Cara Kerja

Sintesis Sabun Natrium

Sintesis sabun natrium melalui reaksi saponifikasi dengan mereaksikan minyak sawit dan natrium hidroksida dengan perbandingan mol natrium hidroksida : minyak sawit = 4,5 : 1. Sebanyak 10 gram minyak sawit dilarutkan dalam 20 mL etanol 96% lalu ditambahkan larutan natrium hidroksida yang dibuat dari 2,124 gram natrium hidroksida dilarutkan dalam sekitar 25 mL etanol 96% sampai semua padatan terlarut. Campuran tersebut diaduk hingga larut sempurna selama ± 6 jam. Kedua larutan dicampur dan dipanaskan hingga suhu larutan yaitu 77-78 °C serta diaduk selama 3 jam. Didapatkan larutan yang berwarna putih, kemudian larutan tersebut disaring, dicuci dengan etanol hingga diperoleh etanol hasil pencucian dengan pH netral yaitu pH 7. Selanjutnya sabun natrium yang telah dicuci dimasukkan dalam desikator selama 3-5 hari atau hingga diperoleh sabun natrium yang kering.

Sintesis Senyawa Kompleks $\text{Cu}(\text{RCOO})_x$

Sebanyak 6 mol sabun natrium dilarutkan dalam 20 mL etanol panas kemudian dicampurkan dengan larutan tembaga(II) klorida yang diperoleh dari melarutkan 1 mol $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam 15 mL etanol. Hasil yang diperoleh berupa larutan (campuran homogen antara tembaga(II) nitrat dan sabun natrium dalam etanol) yang berwarna biru muda. Larutan tersebut didiamkan selama 5

menit hingga membentuk padatan yang berwarna biru muda. Rendemen senyawa kompleks tembaga karboksilat adalah 71 % (Kusuma, 2009).

Sintesis Senyawa Kompleks Fe(RCOO)_x

Sintesis kompleks besi(III) karboksilat dilakukan melalui reaksi *trans*-saponifikasi garam FeCl₃.6H₂O dengan sabun natrium perbandingan 1 : 3. Sebanyak 0,5 g sabun natrium dilarutkan dalam etanol dan direfluk pada suhu 70-72°C. Setelah semua sabun natrium larut, ditambahkan tetes demi tetes larutan FeCl₃ yang dibuat dari melarutkan 0,15 g garam FeCl₃.6H₂O dilarutkan dalam 10 mL etanol absolut. Beberapa saat setelah penambahan larutan garam FeCl₃, timbul endapan coklat kompleks besi(III) karboksilat. Campuran tersebut terus diaduk dan suhu dijaga agar berada dalam rentang 50-52°C selama 3 jam. Endapan coklat disaring dan dicuci berkali-kali dengan etanol absolut kemudian dicuci berkali-kali dengan aquades. Endapan yang telah dicuci dimasukkan ke dalam desikator sampai kering.

Kompleks Besi(III) Karboksilat : Fe₂O₃ = 1 : 1

Sebanyak 0,862 gram kompleks besi(III) karboksilat dilarutkan dalam 10 mL oktanol sambil diaduk. Larutan ini kemudian ditambahkan larutan 0,160 g Fe₂O₃ dalam 30 mL etanol. Campuran diaduk terus sampai bercampur sempurna. Setelah bercampur sempurna, campuran kompleks dan Fe₂O₃ dikeringkan dengan cara diuapkan sambil terus diaduk dan dipanaskan perlahan. Proses penguapan ini dilakukan dalam lemari asam. Hasilnya diperoleh campuran berupa pasta berwarna merah kecoklatan.

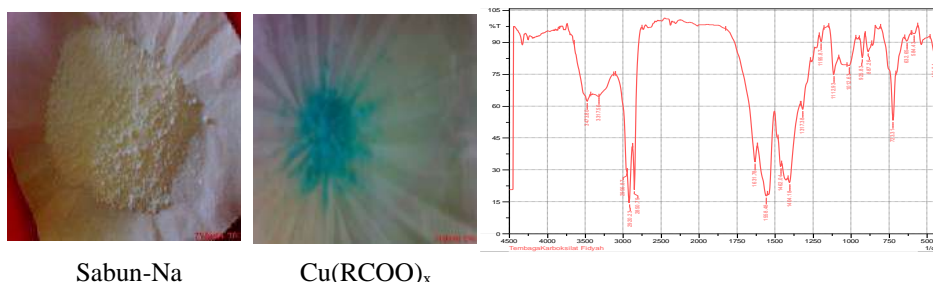
Senyawa-senyawa hasil sintesis dikarakterisasi titik lebur, infra merah, dan SEM-EDX, uji magnetik, dan *x-ray* difraktometer (Putri, 2010).

HASIL

Sabun Tembaga Karboksilat

Senyawa kompleks warna biru (Gambar 2) yang diperoleh mempunyai titik lebur 98 - 100,5 °C berbeda dengan titik lebur sabun-Na (91 - 92 °C). Analisis menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan kadar ion logam tembaga dalam senyawa itu adalah 98,30% dan tidak terdapat ion logam natrium. Hal ini menunjukkan bahwa ion logam natrium telah tersubstitusi sempurna ketika reaksi *trans*-saponifikasi. Hasil uji dengan IR menunjukkan pada daerah 1638,71 cm⁻¹ terdapat serapan gugus C=O turunan karboksilat seperti disajikan pada Gambar 3. Hasil sintesis ini menunjukkan bahwa telah berhasil disintesis senyawa kompleks (COO)_x menggunakan reaksi *trans*-saponifikasi. Dari analisis IR tidak teridentifikasi adanya gugus -OH yang dapat berasal dari air atau pelarut etanol yang digunakan. Dapat diduga bahwa Cu²⁺ dapat mengikat minimal 2 molekul karboksilat untuk membentuk kompleks geometri tetrahedral atau 3 molekul karboksilat untuk membentuk geometri oktahedral. Hal ini terjadi karena gugus -

COO^- merupakan ligan bidentat dimana masing-masing atom O dapat mendonorkan pasangan elektronnya pada orbital kosong tembaga(II).



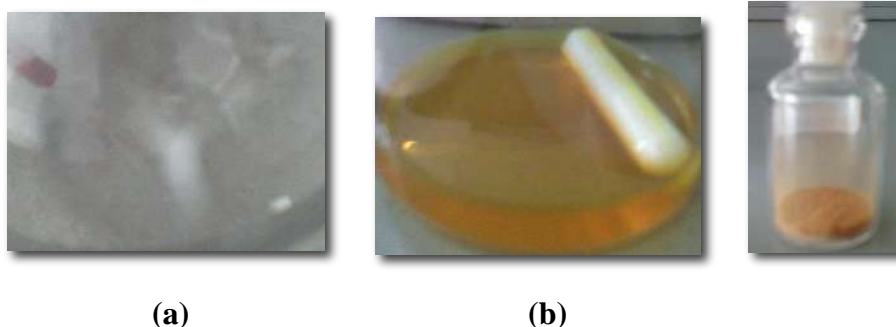
Sabun-Na Cu(RCOO)_x

Gambar 2. Sabun hasil sintesis

Gambar 3. Spektra IR dalam KBr dari Cu(RCOO)_x

Kompleks Fe(RCOO)_x

Hasil reaksi yang berupa endapan coklat diduga merupakan kompleks besi(III) karboksilat. Indikasi berhasilnya reaksi *trans*-saponifikasi adalah adanya perubahan fisik dari senyawa asal yang berupa larutan tidak berwarna sabun natrium dan larutan kuning kecoklatan garam FeCl_3 menjadi endapan coklat kompleks besi(III) karboksilat.



Gambar 4. Penampakan Fisik Reaktan dan Hasil Reaksi *Trans*-saponifikasi (a) Larutan Sabun Natrium dalam Etanol Absolut, (b) Larutan Garam FeCl_3 dalam Etanol Absolut, dan (c) Endapan Kompleks Besi(III) Karboksilat setelah dikeringkan

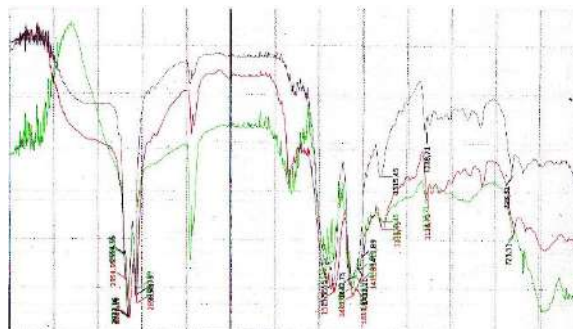
Berdasarkan hasil sintesis, diperoleh rendemen kompleks besi(III) karboksilat sebesar 45,42%. Hasil sintesis ini mempunyai nilai titik lebur $93 - 106^\circ\text{C}$. Analisis dengan XRF menunjukkan bahwa zat hasil sintesis mengandung 74,43% Fe dan tidak mengandung logam Na. Hal ini menunjukkan bahwa telah diperoleh sabun Fe dari reaksi *trans*-saponifikasi tersebut.

Senyawa kompleks Fe(RCOO)_x yang diperoleh kemudian di-*blend* dengan oksida logam Fe_2O_3 menggunakan teknik pencampuran dalam larutan. Senyawa Fe(RCOO)_x dilarutkan dalam oktanol baru kemudian ditambahkan sedikit demi sedikit besi(III) oksida sehingga keduanya larut. Larutan yang diperoleh kemudian diuapkan sehingga diperoleh endapan (pasta) yang kemudian dikeringkan. Hasil yang diperoleh berupa padatan warna coklat seperti disajikan pada Gambar 5. *Mixed* tersebut menunjukkan terjadi pencampuran yang homogen

antara kompleks dengan besi(III) oksida yang mengindikasikan bahwa senyawa kompleks $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ dapat berperan sebagai penyangga senyawa oksida tersebut.



Gambar 5. Mixed $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ dengan Fe_2O_3 (1:1)



Gambar 6. Spektra IR Gabungan Kompleks Besi(III) Karboksilat (Hitam), Campuran Kompleks Besi(III) Karboksilat dengan Fe_2O_3 Perbandingan 1 : 1 (Merah),

Dari spektra IR (Gambar 6) dapat diketahui bahwa serapan IR kompleks besi(III) karboksilat dan campuran kompleks kompleks besi(III) karboksilat dengan Fe_2O_3 perbandingan 1 : 1 mempunyai daerah serapan yang sama. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada perubahan ikatan atau gugus fungsi oleh adanya penambahan Fe_2O_3 . Serapan pada daerah pada $2954,95 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-H metil yang diperkuat dengan adanya puncak-puncak pada serapan $2922,16 \text{ cm}^{-1}$ dan $2850,79 \text{ cm}^{-1}$. Serapan pada daerah $1850\text{-}1500 \text{ cm}^{-1}$ khas untuk ulur C=O, pada senyawa ditemukan puncak ini pada serapan $1529,55 \text{ cm}^{-1}$. Pada serapan $1433,11 \text{ cm}^{-1}$ dan $1411,89 \text{ cm}^{-1}$ ditemukan puncak tajam yang khas untuk ulur $(\text{COO})^-$ simetri. Adanya ikatan C-O pada ion karboksilat ditunjukkan dengan adanya puncak pada serapan $1315,45 \text{ cm}^{-1}$ dan $1118,71 \text{ cm}^{-1}$. Tidak munculnya pita serapan yang tajam dan melebar menunjukkan bahwa senyawa tidak memiliki gugus O-H.

Analisis dengan *x-ray diffraction powder* menunjukkan bahwa campuran kompleks besi(III) karboksilat dengan Fe_2O_3 perbandingan 1 : 1 terdapat puncak-puncak yang identik sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut, terdapat lima nilai 2θ yang sama pada puncak-puncak difraksi campuran kompleks besi(III) karboksilat dengan Fe_2O_3 perbandingan 1 : 1 dan puncak-puncak difraksi Fe_2O_3 . Hal tersebut memperkuat fakta bahwa dalam campuran kompleks besi(III) karboksilat dengan Fe_2O_3 perbandingan 1 : 1 terkandung Fe_2O_3 . Dengan kata lain kompleks besi(III) karboksilat bertindak sebagai matriks magnetik. Adanya perbedaan intensitas pada puncak-puncak difraksi campuran kompleks besi(III) karboksilat dengan Fe_2O_3 perbandingan 1 : 1 dan Fe_2O_3 disebabkan oleh adanya perbedaan banyak sinar yang didifraksikan pada 2θ tertentu. Semakin besar intensitas, maka semakin banyak sinar yang didifraksikan pada 2θ tertentu. Sebaliknya, semakin kecil intensitas maka semakin sedikit sinar yang didifraksikan pada 2θ tertentu. Tiap-tiap senyawa memiliki nilai 2θ yang khas. Hal inilah yang

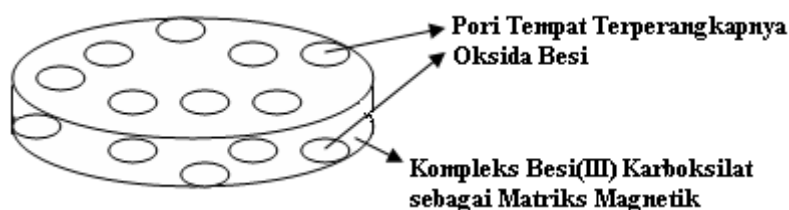
dapat digunakan untuk menentukan senyawa apa saja yang terkandung dalam suatu campuran.

Tabel 1. Perbandingan Puncak-puncak Difraksi Campuran Kompleks Besi(III) Karboksilat dengan Fe₂O₃ Perbandingan 1 : 1 dengan Puncak-puncak Difraksi Fe₂O₃

Campuran Kompleks Besi(III) Karboksilat : Fe ₂ O ₃ = 1 : 1		Fe ₂ O ₃	
2θ	Intensitas (I)	2θ	Intensitas (I)
24,19	22	24,18	18
33,29	13	33,31	100
35,77	16	35,77	75
41,03	18	41,03	18
49,55	13	49,54	63
54,29	15	54,28	63
57,61	14	57,61	13
62,31	18	62,32	50
64,23	13	64,24	50
69,65	8	69,65	3
72,11	18	72,10	18
75,43	12	75,46	13
77,63	5	77,62	3
80,75	8	80,76	8
83,29	8	83,30	5
85,11	6	85,10	13
88,99	10	88,99	10

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa puncak-puncak difraksi *blend* Fe(RCOO)_x dan Fe₂O₃ dibandingkan dengan Fe₂O₃ menunjukkan adanya puncak-puncak yang sama sehingga tidak terjadi senyawa baru pada *blend* Fe(RCOO)_x dan Fe₂O₃. Dengan kata lain, senyawa Fe(RCOO)_x hanya berperan sebagai matriks dari Fe₂O₃. Dan tidak terbentuk ikatan kimia antara kedua senyawa tersebut. Deskripsi kedua senyawa tersebut seperti disajikan pada Gambar 7.

Hasil analisis magnetik menggunakan *Magnetic Susceptibility Balance* (MSB), diperoleh nilai momen magnet efektif kompleks besi(III) karboksilat sebesar 5,95 BM. Nilai momen magnet efektif yang berharga positif menunjukkan bahwa kompleks besi(III) karboksilat bersifat paramagnetik. Nilai momen magnet efektif tersebut sesuai dengan momen magnet efektif untuk kompleks dengan spin tinggi yang memiliki 5 elektron tidak berpasangan secara teori.



Gambar 7. Blend antara Fe(RCOO)_x dan Fe₂O₃

PEMBAHASAN

Berdasarkan paparan data hasil penelitian ini telah diketahui bahwa kompleks M(RCOO)_x dimana M = Cu(II) atau Fe(III) dapat diperoleh

menggunakan reaksi *trans*-saponifikasi. Reaksi ini menggunakan pelarut alkohol absolut untuk menghindari substitusi ligan RCOO^- oleh H_2O . Molekul air dapat dengan mudah mensubstitusi ligan karboksilat karena molekulnya yang lebih kecil sedangkan ligan karboksilat walaupun merupakan ligan sepi tetapi adanya rantai panjang alkil akan menyebabkan tolakan antar ligan sehingga mudah disubstitusi.

Senyawa kompleks $\text{Cu}(\text{RCOO})_x$ dan $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ sangat mudah dibedakan dengan sabun-Na karena warna kedua kompleks ini berbeda. Keadaan ini sangat menguntungkan dalam sintesis karena terjadinya senyawa baru dapat dilihat dari warna senyawa yang berbeda. Hasil sintesis juga merupakan senyawa murni yang ditunjukkan dari harga titik lebur yang relatif tajam dan tidak adanya molekul air atau gugus $-\text{OH}$ dari spektra IR. Sintesis yang relatif mudah ini dapat memberikan keuntungan bila senyawa-senyawa ini disediakan dalam jumlah yang besar.

Jumlah ligan karboksilat pada penelitian ini belum dapat ditentukan secara pasti walaupun reaksi dilakukan dengan perbandingan $\text{M} : \text{ligan} = 1:3$ karena adanya kesulitan menentukan jumlah ligan secara kuantitatif. Penentuan struktur kristal senyawa sulit dilakukan karena senyawa kompleks yang diperoleh belum dapat dikristalkan, sedangkan penentuan dengan metode lain belum ditentukan. Namun demikian, dari harga MSB dapat diketahui bahwa senyawa $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ mengandung ion Fe^{3+} sesuai dengan moment magnetiknya untuk ion dengan 5 elektron tidak berpasangan. Mengacu pada data ini, ion $\text{Fe}(\text{III})$ paling banyak dapat mengikat 3 ion karboksilat yang berperan sebagai ligan bidentat.

Berdasarkan data *x-ray diffractometer* diketahui bahwa kompleks $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ berperan sebagai matriks. Besi(III) oksida yang dicampurkan secara homogen dengan kompleks ini mengisi ruang-ruang kosong antar kompleks dalam senyawa sebagaimana disajikan pada Gambar 7. Interaksi ini dapat terjadi karena adanya interaksi van der Waals antara ligan-ligan pada kompleks dengan oksida. Interaksi ini sangat stabil terbukti dari *blend* yang terbentuk sangat stabil pada suhu ruang dengan warna stabil coklat tua.

Hasil penelitian ini sangat penting dalam dalam pemanfaatan kompleks $\text{M}(\text{RCOO})_x$ yang merupakan kompleks stabil, mudah diperoleh, dan mudah disintesis sebagai bahan matriks senyawa-senyawa lain. Sebagaimana telah banyak diteliti, turunan besi(III) oksida dapat dibuat sebagai nano-magnetit, Fe_3O_4 , yang dalam kondisi tertentu memerlukan bahan penyangga. Dengan demikian, senyawa kompleks $\text{M}(\text{RCOO})_x$ dapat dioptimalkan sifat-sifatnya untuk tujuan tertentu melalui pencampuran senyawa tersebut dengan bahan lain seperti bahan yang bersifat magnetik, anti bakteri, atau sebagai pengamobil suatu enzim. Terdapatnya ruang-ruang yang ruah antar molekul kompleks dan dapat diisi oleh senyawa lain merupakan potensi penting dari kompleks $\text{M}(\text{RCOO})_x$, untuk dimanfaatkan sebagai matriks zat-zat tertentu. Pengembangan dan pemanfaatan dari kompleks $\text{M}(\text{RCOO})_x$ masih terus dilakukan oleh peneliti.

SIMPULAN DAN SARAN

Kompleks $M(\text{RCOO})_x$ dimana $M = \text{Cu(II)}$ atau Fe(III) telah dapat disintesis melalui reaksi *trans*-saponifikasi dalam pelarut alkohol. Kompleks yang terbentuk relatif murni dan relatif mudah diperoleh. Kompleks ini bersifat magnetik dan dapat berfungsi sebagai matriks senyawa lain seperti Fe_2O_3 . Analisis *blend* kompleks $\text{Fe}(\text{RCOO})_x$ dan Fe_2O_3 menunjukkan bahwa campuran ini sangat homogen namun tidak ada ikatan kimia antara kompleks dengan oksida. Besi(III) oksida menempati ruang-ruang kosong dari kompleks sehingga spektra *x-ray* antara *blend* dibandingkan Fe_2O_3 hampir sama. Sifat ini sangat penting untuk menunjukkan bahwa kompleks $M(\text{RCOO})_x$ mempunyai ruang-ruang kosong pada struktur molekulnya dan dapat diisi dengan senyawa lain sesuai dengan tujuan dan pemanfaatannya.

Senyawa kompleks kompleks berpori mempunyai potensi sebagai katalis tertentu. Oleh sebab itu, penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan senyawa $M(\text{RCOO})_x$ masih perlu terus dilakukan karena senyawa ini dapat memanfaatkan minyak kelapa (sawit) bahkan minyak bekas yang pada umumnya dibuang. Pemanfaatan minyak sawit sebagai ligan akan dapat mendiversifikasi penggunaannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Carlsson, H., Haukka, M., Bousseksou, A., Latour, J-M., & Ebbe Nordlander, E. 2004. Nickel Complexes of Carboxylate-Containing Polydentate Ligands as Models for the Active Site of Urease. *Inorg. Chem.*, 43 (26): 8252–8262.
- Dasna, I.W., Parlan, & Pratiwi, A. 2008. Sintesis Sabun Logam Transisi dari Minyak Jarak dan Uji Potensinya Sebagai Pewarna Nyala Lilin. *Artikel*. (Belum dipublikasikan).
- Huheey, J.E., & Keiter, R.L. 1993. *Inorganic Chemistry: Principles of Structure and Reactivity*. 3rd Ed. New York: Harper Collins College Publisher.
- Krstić, N. S., Nikolić, R.S., Stanković, M.N., Nikolić, N.G., & M Đorđević, D.M. 2015. Coordination Compounds of M(II) Biometal Ions with Acid- Type Anti-inflammatory Drugs as Ligands – A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 14 (2): 337-349.
- Kusuma, F. A. 2009. *Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Tembaga dengan Ligan Karboksilat Melalui Reaksi Trans-Saponifikasi Sabun Natrium serta Uji Potensinya sebagai Pewarna Nyala Lilin*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang.
- Putri, O. K. 2010. *Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Potensi Kompleks Besi(III) dengan Ligan Karboksilat dari Minyak Sawit Sebagai Matriks Magnetik*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang.

Erlyna Yunestha Sansivera, dkk. _Kimia Anorganik

Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Kadmium(II) Nitrat dan Ligan 2,2'-Bipiridina dengan Stoikiometri Sebesar 1 : 3

Erlyna Yunestha Sansivera, Fariati, Effendy
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: f4riati@gmail.com

Abstrak: Senyawa kompleks dari $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ dan 2,2'-bipiridina (2,2'-bipy) dengan stoikiometri 1 : 3 belum pernah dilaporkan. Tujuan penelitian adalah mensintesis dan memprediksi struktur senyawa kompleks dari kadmium(II) nitrat dan 2,2'-bipy dengan stoikiometri 1 : 3 berdasarkan hasil karakterisasinya. Senyawa kompleks yang disintesis secara langsung dalam pelarut metanol menghasilkan kristal tak berwarna dan berbentuk batang. Kristal merupakan senyawa baru dan murni karena melebur pada suhu 208-210°C. Rumus empiris dari analisis EDX (*Energy Dispersive X-Ray Analysis*) adalah $\text{C}_{30}\text{H}_{24}\text{CdN}_8\text{O}_6$. Hasil uji DHL (Daya Hantar Listrik) dan kualitatif ion nitrat menunjukkan bahwa kompleks merupakan senyawa ionik dan nitrat berperan sebagai anion pengimbang. Struktur yang diterima adalah $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_3](\text{NO}_3)_2$ dengan geometri oktahedral terdistorsi yang memiliki energi bebas -1836,731 kJ/mol.

Kata kunci: senyawa kompleks, 2,2'-bipiridina, kadmium(II) nitrat.

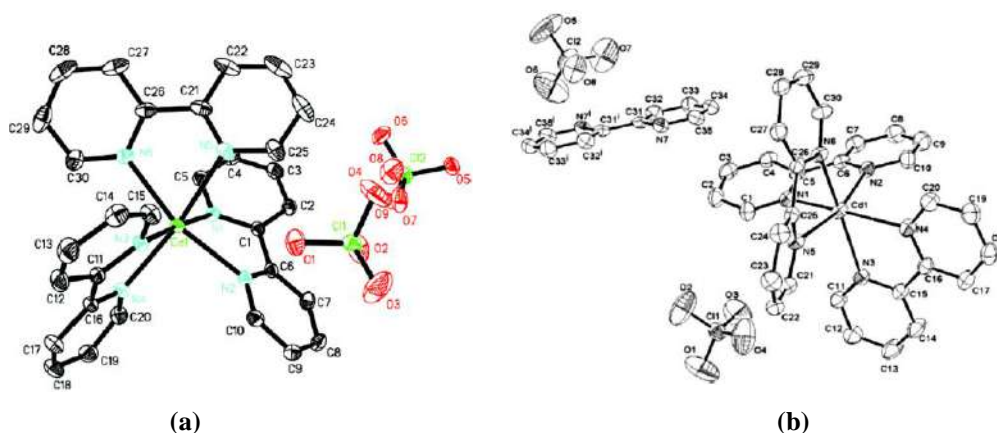
Abstract: Adduct of $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ and 2,2'-bipyridine (2,2'-bipy) with 1 : 3 stoichiometry have not been reported. The purposes of this research was synthesizing and predicting adduct structure of cadmium(II) nitrate and 2,2'-bipy with 1 : 3 stoichiometry based on their characterization. The complex was synthesized by direct method in methanol solvent, produced stick colorless crystal. Melting point of this crystal was 208-210°C that indicated a pure and new compound. EDX analysis has given $\text{C}_{30}\text{H}_{24}\text{CdN}_8\text{O}_6$ as empirical formula. The result of DHL measurement and nitrate qualitative test have shown that the new compound was an ionic complex compound and nitrate ion as anion. Based on this data, chemical formula for this complex was $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_3](\text{NO}_3)_2$ with distorted octahedral coordination and free energy calculated was -1418,163 kJ/mol.

Keywords: coordination compound, 2,2'-bipyridine, cadmium(II) nitrate.

Senyawa kompleks dari kadmium(II) perklorat dan 2,2'-bipy dengan stoikiometri 1 : 3 yang telah dilaporkan adalah $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_3](\text{ClO}_4)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (Zhang, dkk., 2009) dan $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_3](\text{ClO}_4)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ($\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2$) (Ranjbar, dkk., 2007) pada Gambar 1. Kedua kompleks tersebut merupakan kompleks monomer ionik yang memiliki kation $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_3]^{2+}$. Geometri oktahedral terdistorsi pada

senyawa kompleks tersebut memiliki tiga ligan 2,2'-bipy yang terkoordinasi pada kadmium(II).

Kadmium(II) perklorat dan kadmium(II) nitrat memiliki anion yang bersifat sebagai basa lemah, sehingga keduanya dapat bertindak sebagai anion pengimbang dalam senyawa kompleks. Senyawa kompleks dari kadmium(II) nitrat dan ligan 2,2'-bipy dengan stoikiometri 1 : 2 yang telah dilaporkan adalah $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_2(\text{NO}_3)_2]$ dan $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_2(\text{NO}_3)(\text{H}_2\text{O})]\text{NO}_3$ (Turner, dkk., 1982). Senyawa kompleks dari kadmium(II) nitrat dan ligan 2,2'-bipy dengan stoikiometri 1 : 3 belum pernah disintesis sehingga perlu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mensintesis senyawa kompleks tersebut dan memprediksi strukturnya berdasarkan hasil karakterisasi.



(a)

(b)

Gambar 1. Struktur Senyawa Kompleks

- (a) Tris-(2,2'-bipiridina)kadmium(II) bis(perklorat) hemihidrat (Zhang, dkk., 2009)
(b) Tris-(2,2'-bipiridina)kadmium(II) bis(perklorat) hemihidrat 2,2'-bipiridina (Ranjbar, dkk., 2007)

METODE

Penelitian yang dilakukan terdiri dari dua tahap yaitu sintesis senyawa kompleks dan karakterisasinya. Senyawa kompleks disintesis secara langsung antara kadmium(II) nitrat dan ligan 2,2'-bipiridina dengan stoikiometri 1 : 3 dalam pelarut metanol. Karakterisasi senyawa kompleks yang telah diperoleh meliputi: (1) uji titik lebur; (2) analisis *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX); (3) uji daya hantar listrik (DHL); (4) uji kualitatif anion; dan (5) perhitungan energi bebas senyawa kompleks.

Sintesis Senyawa Kompleks

Padatan $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (154 mg; 0,5 mmol) dilarutkan dalam 4 mL metanol dan 2,2'-bipy (234 mg; 1,5 mmol) dilarutkan dalam 3 mL metanol. Larutan $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ dimasukkan ke dalam larutan 2,2'-bipy tetes demi tetes dan digetarkan dalam bak pencuci ultrasonik selama 1,5 jam. Larutan tak berwarna yang dihasilkan selanjutnya dievaporasi perlahan pada temperatur kamar. Metode

sintesis senyawa kompleks secara langsung didasarkan pada prosedur Alizadeh dkk. (2010) dengan perbedaan ligan dan stoikiometri yang digunakan.

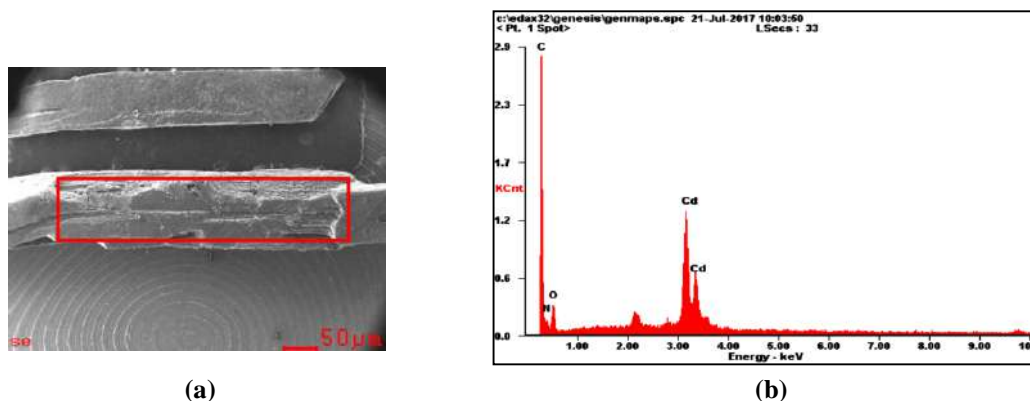
HASIL

Senyawa kompleks hasil sintesis merupakan kristal tak berwarna yang terbentuk pada hari ketiga. Hasil pengukuran titik lebur reaktan dan kristal senyawa kompleks hasil sintesis diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penentuan Titik Lebur Senyawa Reaktan dan Senyawa Hasil Sintesis

Senyawa	Titik Lebur (°C)
Cd(NO ₃) ₂	360 (<i>Merck Index</i>)
2,2-bipiridina	70-72
Kompleks	208-210

Gambar 2 (a) merupakan hasil SEM yang menunjukkan bentuk kristal yang berupa batang. Hasil EDX memberikan spektrum yang berupa aliran energi sinar-X terhadap intensitasnya seperti pada Gambar 2 (b).



**Gambar 2. (a) Hasil SEM Senyawa Kompleks pada Perbesaran 50µm
 (b) Spektrum EDX Senyawa Kompleks Hasil Sintesis**

Hasil analisis EDX memberikan jenis atom beserta konsentrasinya dalam presentase massa (% *Wt*) dan atom (% *At*) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

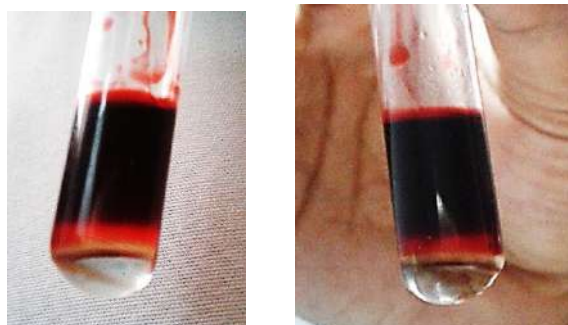
Tabel 2. Komposisi Atom-atom Penyusun Senyawa Kompleks Hasil Analisis EDX

Unsur	(% <i>Wt</i>)	(% <i>At</i>)
C	48,04	65,08
N	14,71	17,09
O	14,27	14,51
Cd	22,98	3,33

Hasil uji DHL diberikan pada Tabel 3 dan hasil uji kualitatif ion nitrat terhadap senyawa kompleks hasil sintesis ditandai dengan terbentuknya cincin berwarna coklat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 3. Hasil Uji Daya Hantar Listrik (DHL)

Larutan	DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Metanol	20,4
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$	242
Senyawa Kompleks	167,2



Gambar 3. Terbentuknya Cincin Coklat

Perhitungan energi bebas senyawa kompleks hasil sintesis adalah $-1836,731 \text{ kJ/mol}$ dengan rumus kimia $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{NO}_3)_2$.

Besarnya panjang dan sudut ikatan kation kompleks $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3]^{2+}$ pada senyawa kompleks $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{NO}_3)_2$ hasil analisis *Gaussian 09W* diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis *Gaussian 09W* Panjang dan Sudut Ikatan Kation Kompleks $[\text{Cd}(2,2'\text{-Bipy})_3]^{2+}$ pada Senyawa Kompleks $[\text{Cd}(2,2'\text{-Bipy})_3](\text{NO}_3)_2$

Panjang Ikatan (Å)	Sudut Ikatan ($^\circ$)				
Cd-N(1)	2,288	N(6)-Cd-N(5)	70,42	N(3)-Cd-N(1)	99,17
Cd-N(2)	2,291	N(3)-Cd-N(4)	70,64	N(1)-Cd-N(5)	102,31
Cd-N(3)	2,304	N(1)-Cd-N(2)	70,70	N(6)-Cd-N(4)	102,46
Cd-N(4)	2,355	N(2)-Cd-N(4)	92,63	N(3)-Cd-N(2)	102,84
Cd-N(5)	2,371	N(6)-Cd-N(3)	92,93	N(3)-Cd-N(5)	154,12
Cd-N(6)	2,384	N(4)-Cd-N(5)	93,13	N(1)-Cd-N(4)	158,49
		N(6)-Cd-N(1)	96,82	N(6)-Cd-N(2)	161,11
		N(2)-Cd-N(5)	97,78		

PEMBAHASAN

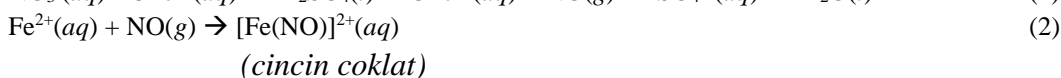
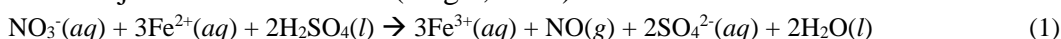
Kristal hasil sintesis merupakan kristal tak berwarna karena orbital *d* pada atom pusat kadmium(II) terisi penuh oleh elektron sehingga tidak terjadi transisi *d-d*. Bentuk kristal adalah batang yang ditunjukkan dari hasil SEM pada Gambar 2 (a). Hasil uji titik lebur yang diberikan pada Tabel 1 membuktikan bahwa senyawa hasil sintesis merupakan senyawa baru dan murni karena memiliki titik lebur yang berbeda dengan garam maupun ligan dan memiliki rentang titik lebur 2°C .

Spektrum EDX pada Gambar 2 (b) menunjukkan bahwa senyawa kompleks mengandung unsur C, N, O, dan Cd. Data ini membuktikan bahwa senyawa kompleks tersebut merupakan hasil reaksi antara $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ dengan ligan $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2$ (2,2'-bipy). Pada Tabel 2, kompleks hasil sintesis memiliki perbandingan jumlah atom Cd : C : N : O sebesar 1,43 : 28,00 : 7,33 : 6,23 atau 1 : 28 : 7 : 6. Harga

perbandingan jumlah atom tersebut adalah dekat dengan perbandingan jumlah atom senyawa kompleks yang terdiri dari $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ dan 2,2'-bipy dengan perbandingan 1 : 3. Rumus empiris senyawa kompleks yang memenuhi adalah $\text{C}_{30}\text{H}_{24}\text{CdN}_8\text{O}_6$.

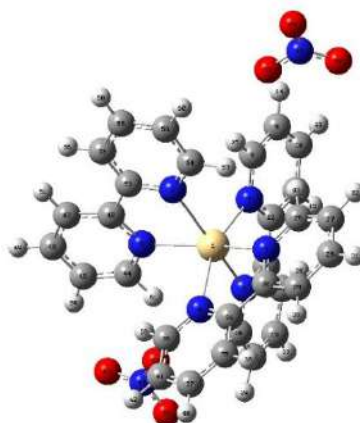
Hasil uji DHL pada Tabel 3 menunjukkan bahwa harga DHL kompleks lebih dekat dengan DHL garam $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ sehingga senyawa kompleks hasil sintesis merupakan senyawa kompleks ionik. Uji kualitatif ion nitrat yang ditandai dengan cincin coklat pada Gambar 3, mengindikasikan bahwa ion nitrat tidak terkoordinasi dengan atom pusat, namun bertindak sebagai anion pengimbang pada persamaan reaksi (1) dan (2).

Reaksi uji kualitatif ion nitrat (Vogel, 1979).



Berdasarkan hasil karakterisasi, senyawa kompleks hasil sintesis merupakan senyawa kompleks ionik yang terdiri dari ion $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3]^{2+}$ dan NO_3^- . Rumus kimia senyawa kompleks yang diterima adalah $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{NO}_3)_2$ pada Gambar 4 dengan energi bebas terendah sebesar -1836,731 kJ/mol dan energi bebas per ikatan sebesar -24,489 kJ/mol.

Senyawa kompleks $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{NO}_3)_2$ terdiri dari kation kompleks $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3]^{2+}$ yang memiliki bilangan koordinasi (BK) 6 dengan geometri oktahedral terdistorsi yang strukturnya mirip dengan kation kompleks $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{ClO}_4)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (2,2'-bipy) (Ranjbar, dkk., 2007), dan $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{ClO}_4)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (Zhang, dkk., 2009). Kecenderungan kompleks memiliki BK 6 karena ligan berukuran ruah atau besar. Semakin kecil bilangan koordinasi yang dimiliki atom pusat suatu kompleks mengakibatkan tolakan antar substituen yang semakin kecil sehingga meningkatkan kestabilan kompleks.



Gambar 4. Struktur Senyawa Kompleks $[\text{Cd}(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)_3](\text{NO}_3)_2$ Hasil Analisis *Gaussian 09W*

Pada Tabel 4, data panjang ikatan $\langle \text{Cd-N} \rangle$ pada $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{NO}_3)_2$ hasil analisis *Gaussian 09W*, $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{ClO}_4)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (2,2'-bipy) (Ranjbar, dkk., 2007), dan $[\text{Cd}(2,2'\text{-bipy})_3](\text{ClO}_4)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (Zhang, dkk., 2009) berada pada

kisaran 2,280 - 2,390 Å. Hal ini menunjukkan bahwa panjang ikatan <Cd-N> pada ketiga senyawa kompleks tersebut tidak jauh berbeda dan ikatan <Cd-N> pada masing-masing kation senyawa kompleks cenderung sama panjang. Berdasarkan data sudut ikatannya, ketiga senyawa kompleks cenderung memiliki sudut ikatan yang sama besar pada posisi yang sama. Pada ketiga kation kompleks $[Cd(2,2'$ -bipy) $]$ $^{2+}$, besar sudut *cis* <N-Cd-N> adalah 70 - 72° yang berada di antara dua cincin piridina pada ligan 2,2'-bipy dan 79 - 107° antar ligan 2,2'-bipy. Besar sudut pada posisi *trans* <N-Cd-N> adalah 154 - 177°. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga kation kompleks memiliki kemiripan pola struktur yakni oktahedral terdistorsi di sekitar atom pusatnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Sintesis senyawa kompleks dari kadmium(II) nitrat dengan ligan 2,2'-bipiridina pada stoikiometri 1 : 3 menghasilkan kristal tak berwarna dan berbentuk batang. Senyawa kompleks hasil sintesis merupakan kompleks ionik dengan rumus kimia $[Cd(2,2'$ -bipy) $]$ $(NO_3)_2$ yang memiliki geometri oktahedral terdistorsi di sekitar atom pusatnya dengan energi bebas sebesar -1836,731 kJ/mol.

Metode yang digunakan pada penelitian ini hanya mampu menentukan prediksi struktur senyawa kompleks, struktur senyawa kompleks yang lebih akurat dapat diketahui dengan analisis menggunakan metode kristal tunggal-XRD (*XRD-single crystal*).

DAFTAR RUJUKAN

- Alizadeh, R., Eshlaghi, P.M., & Amani, V. 2010. Dichlorido(6,6'-dimethyl-2,2'-bipyridine- κ^2N,N') Cadmium(II). *Acta Crystallographica*, E (66): m1024.
- Eom, G.H., Park, H.M., Hyun, M.Y., Jang, S.P., Kim, C., Lee, J.H., Lee, S.J., Kim, S.-J., & Kim, Y. 2011. Anion Effects on the Crystal Structures of Zn^{II} Complexes Containing 2,2'-bipyridine: Their Photoluminescence and Catalytic Activities. *Polyhedron*, 30: 1555-1564.
- Ranjbar, R.Z., Morsali, A., & Zhu, L-G. 2007. Two Different 2,2'-bipyridine cadmium(II) Perchlorate Complexes, $[Cd(2,2'$ -bipy) $]$ $(H_2O)(ClO_4)](ClO_4)$ and $[Cd(2,2'$ -bipy) $]$ $(ClO_4)_2 \cdot 0,5H_2O$ 2,2'-bipy, Syntheses, Characterization, Thermal, and Structural Studies. *Journal of Coordination Chemistry*, 60 (6): 667-676.
- Turner, R.W., Rodesiler, P.F., & Amma, E.L. 1982. The Crystal Structure, Solid and Solution ^{113}Cd NMR of bis(α,α' -dipyridyl)cadmium(II) Nitrate and its Relationship to Cd Containing Proteins. *Inorganica Chimica Acta*, 66: L13-L15.
- Vogel, A.I. 1979. *Textbook of Macro & Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. New York: Longman, Inc.
- Zhang, W., Jiang, Z., & Lu, L. 2009. Tris(2,2'-bipyridine- κ^2N,N')cadmium(II) Bis(perchlorate) Hemihydrate. *Acta Crystallographica*, E (65): m7.

Anugrah Ricky Wijaya, dkk_Kimia Analitik

Pengembangan Metode Analisis Ni dalam Air Laut Prigi Menggunakan ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*)

Anugrah Ricky Wijaya, Bambang Semedi
Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5 Malang, 65145
Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Ketawanggedhe, Kecamatan
Lowokwaru, Malang
e-mail: anugrah.ricky.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Pengembangan metode analisis konsentrasi logam Ni dalam air laut Prigi menggunakan ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) bertujuan untuk menentukan konsentrasi Ni secara akurasi dan presisi melalui pra konsentrasi dan optimasi analisis ICP-MS. Hasil metode konsentrasi Ni bermanfaat untuk menentukan kualitas dan proteksi lingkungan perairan sedini mungkin. Sampel air laut terlebih dahulu dianalisis pra konsentrasi Ni menggunakan kolom kromatografi. Hasil uji pra konsentrasi meliputi uji efisiensi kolom 102%, *recovery* 110%, $r^2 = 0,99$, limit deteksi menghasilkan $0,13 \cdot 10^{-4}$ ppb dan limit kuantisasi sebesar $0,04 \cdot 10^{-3}$ ppb. Hasil optimasi analisis Ni menggunakan ICP-MS berhasil menurunkan interferensi poliatomik ion seperti $^{43}\text{Ca}^{16}\text{OH}$ dikarenakan TDS air laut diatas 0,50%. Penentuan analisis Ni dalam air laut secara terkoreksi menggunakan *software* perhitungan terkoreksi ICP-MS sebesar 1,45 ppb.

Kata Kunci: ICP-MS, Ni, air laut, akurasi, presisi

Abstract: The purpose of development of Ni metal concentration analysis method in Prigi seawater using ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) is to determine the concentration of Ni accurately and precision through pre-concentration and optimization of ICP-MS analysis. The result of Ni concentration method was useful to determined the quality and protection of the aquatic environment at the earliest possible stage. The seawater samples were firstly analysed by concentration of Ni using chromatography column. Pre-concentration test results showed 102% column efficiency test, 110% recovery, $r^2 = 0.99$, detection limit of $0.13 \cdot 10^{-4}$ ppb and quantification limit of $0.04 \cdot 10^{-3}$ ppb. The optimization results of Ni analysis using ICP-MS successfully decreased of polyatomic interference of ions such as $^{43}\text{Ca}^{16}\text{OH}$ due to value of TDS was greater than 0.50%. Determination of corrected Ni analysis in seawater using software calculation of ICP-MS was 1.45 ppb.

Keywords: ICP-MS, Ni, sediment, accuracy, precision

Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) adalah alat instrumen dengan kombinasi ionisasi plasma argon dan spektroskopi massa dengan sensitifitas dan selektifitas pemisahan yang sangat tinggi. Plasma argon sebagai sumber ionisasi mampu menyebabkan lebih dari 80% elemen-elemen logam dapat

terionisasi sempurna. Rata-rata limit deteksi dalam pengukuran elemen menggunakan ICP-MS adalah $0,1\mu\text{g/l}$. Wijaya dkk. (2016) telah menggunakan alat instrumen ICP-MS dalam pengukuran hasil analisis total fraksinasi elemen-elemen, seperti Pb, Cd, Zn, As, Cu, Ca, Fe dan Mn dalam sedimen muara dekat laut Sungai Chao Phraya, Thailand dan Sungai Sumida, Jepang yang termobilisasi dalam fraksi *mobile/exchangable, soluble, reducible, oxidizable* dan *residuals* (Wijaya, dkk., 2012; 2013). Hasil pengukuran konsentrasi terendah elemen-elemen dalam sedimen, dapat menunjukkan pada batas deteksi kisaran 0.1-0.2 ppb. Namun, Wijaya dkk. 2016 tidak menganalisis elemen-elemen dalam air laut karena konsentrasinya yang terlalu kecil dan gangguan isotopnya, yang menyebabkan rendahnya tingkat keakurasian dan presisinya. Konsentrasi elemen-elemen dalam air laut cenderung lebih rendah daripada konsentrasinya dalam sedimen, sehingga perlu ada cara mengatasi gangguan selama pengukuran ICP-MS.

Air laut terdiri dari elemen-elemen runtu dengan konsentrasi terlalu kecil, dan faktor interferensi atau matriks Na^+ , dan Cl^- (saliniti), yang menyebabkan tingginya padatan terlarut atau TDS (*Total Dissolved Solids*). Beberapa peneliti melakukan pra konsentrasi analisis elemen-elemen dalam air laut menggunakan resin penukar kation dan membran sebelum pengukuran ICP-MS untuk menghasilkan maksimal (Sumida, dkk., 2006; Vegueria, dkk., 2013; Sondergaard, dkk., 2015). Beberapa teknik analisis menggunakan ICP-MS dalam air laut tidak perlu menggunakan pra konsentrasi dalam air laut, tetapi cukup menggunakan optimasi ICP-MS dengan cara *system flow injection, sequential injection analysis, ultrasonic nebulization*, dan optimasi data melalui *software* ICP-MS (Beck, dkk., 2002; Jimenez, dkk., 2002; Minami, dkk., 2012). Dua cara teknik analisis ICP-MS diatas menghasilkan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi setelah diuji melalui program interkalibrasi QUASIMEME. Teknik pra konsentrasi dan optimasi ICP-MS dalam air laut inilah yang akan diaplikasikan oleh penulis untuk menganalisis elemen Ni pada Teluk Prigi, Trenggalek, Jawa Timur.

Teluk Prigi merupakan daerah yang potensial untuk ekowisata. Monitoring dan penentuan kualitas air perlu dilakukan untuk secara rutin dengan menganalisis logam berat dalam menjaga ekosistem laut. Salah satu menjadi masalah kontaminan dalam air Laut Prigi adalah tingginya TDS akibat sumber natural daerah muara Prigi. Tingginya TDS mempengaruhi penentuan logam ^{60}Ni dalam ICP-MS karena proses digesti menggunakan plasma pada suhu tinggi $\sim 10,000^\circ\text{K}$ menyebabkan pembentukan poliatomik ion seperti $^{43}\text{Ca}^{16}\text{O}$, $^{42}\text{Ca}^{16}\text{OH}$, dan $^{43}\text{Ca}^{16}\text{OH}$. Dalam penelitian ini, penulis melaporkan teknik analisis ^{60}Ni menggunakan ICP-MS melalui pra konsentrasi dan optimasi *software* dengan metode numerik pada air laut prigi. Teknik ini diharapkan bisa memberikan kontribusi terhadap penilaian kualitas lingkungan yang terpercaya terutama analisis akurasi dan presisi logam Ni.

METODE

Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan adalah: resin Chelex-100, referensi air laut (CASS-4 dan NASS-5), Larutan standar Ni (SRM-981 ICP-MS) 100 ppb yang diencerkan dengan HNO₃ 1% menjadi larutan standar Ni 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; dan 10 ppb, Blanko yang digunakan *ultrapure* HNO₃ 65%, air laut Teluk Prigi, 10 ppb larutan campuran Li, Ce, Y, dan Tl untuk operasional *tuning* ICP-MS. *Tuning* ICP-MS dilakukan sampai memenuhi standar sinyal Li, Ce, Y, dan Tl dan dilakukan sebelum pengukuran sampel.

Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas dan teflon, Oven, ICP-MS Perkin Elmer-NexION™ 300X, 1; 7 mL *vial*, 7 mL teflon, microwave digestion MARS-6, *syringe* dan *software* ICP-MS.

Prosedur Kerja

Pra Konsentrasi Menggunakan Kromatografi Kolom Penukar Kation *Slurry* Chelex-100

Resin penukar kation Chelex-100 direndam dalam 1 M NH₄OH hingga terbentuk *slurry*, selanjutnya direndam dengan 5 M HCl selama ±24 jam. *Slurry* disaring menggunakan penyaring mikrofiber, dicuci dengan 2 M HNO₃, kemudian dibilas dengan aquades. *Slurry* yang telah diaktivasi dimasukkan dalam kromatografi kolom yang ujung bawahnya telah terisi dengan *glass wool*. Larutan dalam kolom dikondisikan pH 7 dengan larutan buffer pH 7 (2 M CH₃COONH₄) untuk menambah situs NH₄⁺ dalam resin untuk digunakan pada pertukaran ion Na⁺ pada sampel air laut. Larutan buffer dibuat dengan cara melarutkan 140 gram NH₄OH dan 121 gram asam asetat glasial dalam 1000 mL aquades diatur dengan cara menambahkan NH₄OH atau CH₃COOH hingga pH 7.

Sampel air laut kemudian dipompa menuju kromatografi kolom (borosilikat) yang berisi resin Chelex 100 yang terkondisikan pH 7, berfungsi untuk menghilangkan matriks NaCl dan mengurangi gangguan pada saat analisis ICP-MS merujuk Ellis & Robert (2015). Hasil sampel dari kromatografi kolom, didigesti dengan *ultrapure* HNO₃ menggunakan *microwave digestion* MARS-6 dan selanjutnya diukur *Total Dissolve Solid* (TDS) menggunakan TDS meter dan konsentrasi Ca dan Ni menggunakan ICP-MS. Efisiensi kolom kromatografi dihitung dengan mempertimbangkan konsentrasi Ni yang masuk dibandingkan dengan konsentrasi Ni yang keluar setelah dianalisis menggunakan ICP-MS.

Analisis Ni Menggunakan Optimasi ICP-MS

Untuk analisis kuantitatif, beberapa deretan larutan standar Ni 0; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 dan 10 ppb dipersiapkan menggunakan *Certified Seawater reference material* (CRM) NASS-5 yang diencerkan 1:1 menggunakan larutan buffer pH 7, dan

didigesti menggunakan *ultrapure* HNO₃ untuk dikondisikan perlakuan yang sama dengan sampel air laut. Laju alir sampel, integrasi waktu, kekuatan *RF*, refleksi, laju alir plasma dan gas Argon sebagai nebuliser dan kondisi optimum, optimasi ICP-MS menggunakan referensi Wijaya dkk. (2012; 2013). Kondisi optimum meliputi laju alir sampel diatur 0,1 mL/menit menggunakan *microflow PFA nerl*, waktu integrasi 3 detik/massa, laju alir plasma 16,0 l/menit dan laju argon 1,0 liter/menit. Untuk awal pengoperasian ICP-MS masing-masing puncak sinyal larutan standar Ni dievaluasi menggunakan larutan standar Li, Ce, Y, and Tl 10 ppb untuk memastikan kondisi ICP-MS berjalan dengan sempurna. Hal ini dilakukan secara seri sampai 25 kali pengulangan. Untuk memastikan sinyal Ni dalam keadaan sempurna, sinyal larutan standar Ni dibandingkan dengan standar sinyal Ni pada *Agilent's Fileview Software* untuk deteksi ⁶⁰Ni dan interferensinya ⁴³Ca¹⁶OH. Perhitungan sinyal puncak dan *baseline* dikoreksi dengan variasi larutan standar internal. Kurva kalibrasi dibuat berdasarkan respons *cps* vs konsentrasi Ni setelah dianalisis menggunakan ICP-MS. Tingkat akurasi konsentrasi Ni yang dihasilkan dievaluasi menggunakan standar referensi CRMs CASS-4.

HASIL

Untuk sampel air laut yang melewati tahapan kromatografi kolom, uji profil elusi dan uji efisiensi kolom perlu dipertimbangkan untuk tingkat keakurasian dan presisinya terhadap analisis Ni. Tujuan kolom kromatografi adalah mengikat NaCl, agar tidak mengganggu analisis Ni dalam sampel air laut. Konsentrasi Ni dalam sampel yang keluar dari kolom, diharapkan tetap memperoleh *recovery* ~100% dan meminimalkan kandungan NaCl dalam sampel. Untuk menguji *recovery*, kami menambahkan deretan larutan standar dengan volume dan konsentrasi sampel yang sama (*spike*) menggunakan larutan standar referensi CASS-4. Salah satu uji keakurasian adalah menghitung % efisiensi kolom. Hasil persen efisiensi kolom dibandingkan dengan standar deviasi menunjukkan 102%±5, yang mengindikasikan bahwa resin bekerja dengan baik. Hasil pertukaran situs NH₄⁺ dan Na⁺ berjalan dengan baik dan mampu menyerap Cl⁻ dalam air laut. Persen *recovery* Ni dihitung setelah deretan larutan standar ditambahkan dengan volume yang sama sejumlah C_{spike} menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Recovery} = ((C_{\text{Pengukuran}} - C_{\text{standar}}) / (C_{\text{spike}})) * 100\%$$

Hasil *recovery* Ni setelah pengukuran ICP-MS menghasilkan 110%±4 memenuhi standar referensi untuk persen *recovery* yang ideal (90-110%). Hal ini mengindikasikan metode analisis air laut ini bisa direkomendasikan untuk penentuan Ni. Hasil nilai *r*² untuk kurva standar Ni menghasilkan 0,99 yang memenuhi standar tingkat kelinieran (0.90-1.00). Hal ini mengindikasikan pembuatan deretan larutan standar Ni 0; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 dan 10 ppb vs sinyal *cps* dari ICP-MS menunjukkan tingkat kelinieran yang tinggi. Berikut contoh hasil

perhitungan akurasi dan presisi analisis Ni menggunakan ICP-MS yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Akurasi dan Presisi Analisis Ni dalam Air Laut Menggunakan ICP-MS

Unsur isotop	Efisiensi Kolom	%Recovery	r^2
Ni (60)	Input sampel 5.00 ppb	Standar sampel 5.00 ppb Spike	0,99
	Output sampel 4.90 ppb	1.00 ppb Pengukuran 6.20 ppb	
	102%±5	110±4	

Tabel 2 menunjukkan tingkat keakuratan dan presisi analisis Ni ditinjau dari limit deteksi dan limit kuantisasi. Blanko berupa HNO₃ 1% dan larutan standar 10 ppb dari pengenceran larutan standar Ni 100 ppb referensi NASS-5. Larutan standar Ni 10 ppb dipilih dari konsentrasi tinggi deretan konsentrasi yang dibuat pada kurva standar. Limit deteksi Ni menggunakan persamaan:

$$D_L = (C_1 - C_0 / I_1 - I_0) 3\sigma$$

Dimana:

C_1 = Konsentrasi Ni tertinggi

C_0 = Konsentrasi blanko

I_1 = Intensitas (cps) ICP-MS yang dihasilkan (C_1)

I_0 = Intensitas blanko

σ = Standar deviasi untuk pengulangan 2 kali

atau:

$$D_L = (10,0 - 0,00) / (1010,6 - 102,4) * 3 * 0,0004 = 0,13 \cdot 10^{-4} \text{ ppb}$$

$$Q_L = D_L * (10/3) = 0,04 \cdot 10^{-3} \text{ ppb}$$

Tabel 2. Perhitungan Limit Deteksi dan Limit Kuantisasi Analisis Ni

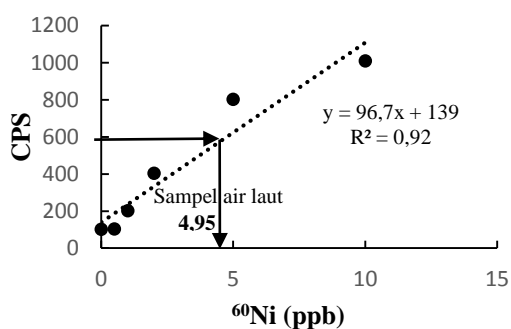
Sampel	Pengukuran (ppb)	CPS
Blanko		
0 ppb Ni	0,01	101,4
	0,03	103,4
	Rata-rata (0,02)	(102,4)
	* σ (SD) (0,0004)	
	*RSD (2,00)	
NASS-5		
10 ppb Ni	10.1	1010,6
	10.1	1010,5
	Rata-Rata (10.1)	(1010.6)
	σ (SD) (0,00)	
	*RSD (0,00)	
Limit deteksi		
(D_L)	0,13.10 ⁻⁴ ppb	
Limit Kuantisasi		
(*Q_L)	0,04.10 ⁻³ ppb	

$$* \sigma \text{ (Deviasi Standar)} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X)^2}{n-1}}$$

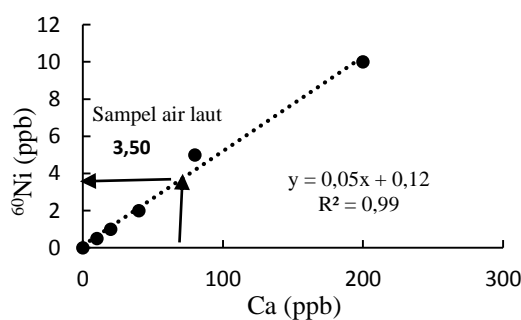
$$*RSD \text{ (Deviasi standar relative)} = 100 * \text{Standar deviasi/rata-rata.}$$

$$*Q_L \text{ (Kuantifikasi limit)} = D_L * (10/3)$$

Pertimbangan analisis Ni selain akurasi dan presisi pada pra konsentrasi, yaitu kondisi optimasi penentuan Ni menggunakan ICP-MS. Contoh perhitungan Ni terkoreksi, ditunjukkan kompilasi antara Gambar 1 dan Gambar 2. Tahap awal dilakukan adalah menganalisis Ni, kemudian pengukuran interferensi Ca dengan ICP-MS. Data yang dihasilkan dibuat korelasi antar keduanya. Tahap berikutnya seperti ditunjukkan Gambar 1, korelasi antara deretan larutan standar Ni vs sinyal ICP-MS (*cps*) menghasilkan $r^2 = 0,92$ dengan persamaan $y = 96,8 X + 139$. Sampel air laut dianalisis sinyal *cps*nya dan kemudian dihitung dengan persamaan regresi diatas. Hasil tersebut merupakan Ni tak terkoreksi sebesar 4,95 ppb. Seperti tersaji pada Gambar 2, sampel air laut mengandung Ca ~75 ppb setelah dianalisis dengan ICP-MS. Hasil konsentrasi Ca sebesar 75 ppb diregresikan dengan kurva kalibrasi ^{60}Ni vs Ca dengan $r^2 = 0,99$ dan persamaan $y = 0,05x + 0,123$ didapatkan $^{60}\text{Ni}_A$ sampel air laut sebesar 3,50 ppb. Ni terkoreksi yang dihasilkan adalah 1,45 ppb. Hasil interferensi Ca yang terlalu besar disebabkan sumber Ca dari proses lepasnya ion Ca^{2+} terumbu karang dalam air laut Prigi.



Gambar 1. Kurva $^{60}\text{Ni}_{\text{uncorrected}}$



Gambar 2. Kurva ^{60}Ni vs interferensi Ca

PEMBAHASAN

Penetapan metodologi analisis Ni melalui tahap pra konsentrasi dan optimasi ICP-MS telah dikaji tingkat keakurasian dan presisinya. Tahap-tahap ini merupakan kesatuan untuk mengurangi interferensi pada analisis Ni. Penulis menjelaskan secara terperinci bagaimana tahapan tingkat keakurasian dan presisinya suatu metodologi menggunakan profil elusi, efisiensi kolom kromatografi dan perolehan kembali (*recovery*), kelinieran dan limit deteksi. Larutan standar yang digunakan telah memiliki sertifikat internasional. Referensi air laut yang terdiri dari larutan stok kandungan konsentrasi Ni tertentu (misal 100 ppb) diencerkan sesuai dengan larutan standar yang dirancang dan dibutuhkan. Larutan stok standar untuk pembuatan kurva kalibrasi melalui pengenceran larutan stok 100 ppb *referensi materials* NASS-5 menjadi larutan standar Ni 0,2; 0,5; 1; 2; 5 dan 10 ppb, sedangkan larutan blanko yang digunakan adalah larutan HNO_3 1%. Proses pembuatan larutan standar harus memenuhi kelinieran 0.90-1 untuk memastikan proses pengencerannya sudah benar. Larutan standar NASS-5 dipilih untuk mengurangi interferensi NaCl. Terbukti pada pengaruh sinyal pada ICP-MS

tidak terjadi *ionic suppression*, sehingga konsentrasi larutan standar sebanding dengan *counting per second (cps)* dalam kurva kalibrasi. Larutan standar internal Li, Ce, Y, and Tl 10 ppb juga meminimalkan terjadinya oksida ketika sampel masuk ke plasma karena potensial ionisasi atau massa yang berhimpitan dan sinyal yang berdekatan dengan konsentrasi analit sampel. Limit deteksi dan kuantisasi menunjukkan ketersediaan batas pengukuran yang bisa dianalisis dengan ICP-MS. Hal ini menunjukkan ICP-MS dalam pengukuran Ni bisa digunakan untuk konsentrasi yang relatif sangat kecil terutama skala konsentrasi ppt. Dalam hal penentuan kualitas lingkungan, dibutuhkan alat deteksi skala kecil untuk pencegahan proteksi kerusakan lingkungan awal. Metode ini sangat direkomendasikan untuk proteksi lingkungan laut Prigi yang merupakan laut ekowisata.

Keuntungan lain menggunakan optimasi analisis ICP-MS adalah memisahkan fraksinasi isotop-isotop elemen, termasuk Ni menggunakan detektor massanya. Reaksinya sebagai berikut:



Reduksi gangguan spektra ${}^{60}\text{Ni}$ terjadi bila memiliki massa atom yang sama berupa poliatomik ion seperti ${}^{43}\text{Ca}^{16}\text{OH}$. Pembentukan poliatomik yang sangat tinggi terjadi ketika TDS diatas 0,5% sehingga pada saat diplasma mudah membentuk oksidanya. Analisis dan komputasi metode numerik menggunakan *software* ICP-MS dapat digunakan untuk mengurangi interferensi tersebut. Langkah yang dilakukan adalah mendeteksi Ca yang merupakan gangguan spektra Ni, sehingga harus dianalisis kandungan Ca melalui grafik Ca vs Ni, untuk menghitung interferensi Ca. Persamaan perhitungan untuk analisis konsentrasi Ni yang tepat dapat dilakukan sebagai berikut: ${}^{60}\text{Ni}_{\text{corr}} = ({}^{60}\text{Ni}_A)_{\text{uncorr}} - {}^{60}\text{Ni}_A$ dan ${}^{60}\text{Ni}_A = \text{Ca} \times ({}^{60}\text{Ni}/\text{Ca}) + \text{b}$, dimana *Corr* adalah *Corrected* atau konsentrasi Ni yang terkoreksi, *uncorr* adalah *uncorrected* atau konsentrasi Ni yang terukur oleh ICP-MS, dan A adalah intensitas isotop. Nilai $({}^{60}\text{Ni}/\text{Ca})$ merupakan *slope* dan b adalah intersep antara kurva konsentrasi Ca dan intensitas isotop ${}^{60}\text{Ni}$.

SIMPULAN DAN SARAN

Metode pra konsentrasi Ni dan optimasi analisisnya ICP-MS telah dihitung tingkat keakurasian dan presisinya. Kolom efisiensi, %*recovery*, r^2 , limit deteksi dan limit kuantisasi berturut-turut sebagai berikut: 102%; 110%, 0,99; $0,13 \cdot 10^{-4}$ ppb dan $0,04 \cdot 10^{-3}$ ppb. Tingkat akurasi dan presisi yang tinggi dilanjutkan penentuan analisis Ni secara terkoreksi sebesar 1,45 ppb. Metode ini memberikan rekomendasi ketelitian yang tinggi baik metode pra konsentrasi Ni maupun analisis Ni menggunakan ICP-MS untuk pemetaan geoeksplorasi logam Ni dalam air laut Prigi.

DAFTAR RUJUKAN

- Beck, N.G., Franks, R.P., & Bruland, K.W. 2002. Analysis for Cd, Cu, Ni, Zn, and Mn in Estuarine Water by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Coupled with an Automated Flow Injection System, *Analytical Chemical Acta*, 455, 11-12.
- Ellis, L.A. & Roberts., D.J. 1998. Determination of Copper, Cadmium, Manganese, and Lead in Saline Water with Flow Injection and Atom Trapping Atomic Absorption Spectrometry. *Journal Analytical Atomic Spectrometry*, 13: 631-634.
- Jimenez, M., Velarte, R., & Castillo, J.R. 2002. Performance of Different Preconcentration Column Used in Sequential Injection Analysis and Inductively Coupled Plasma-mass Spectrometry for Multielemental Determination in Seawater, *Spectrochimica Acta B*, 57: 391-402.
- Minami, T., Konagaya, W., Zheng, L., Takano, S., Sasaki, M., Murata, R., Nakaguchi, Y., & Sohrin, Y. 2015. An Off-line Automated Preconcentration System with EDTA Chelating Resin for the Determination of Trace Metals in Seawater by High-resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, *Analytical chemical acta*, 481: 127-138.
- Sondegaard, J., Asmund, G., & Larsen, M.M. 2015. Trace Elements Determinations in Seawater by ICP-MS with Online Pre-concentration on a Chelex-100 Column Using a Standard Instrument Setup. *MethodsX*, 2: 323-330.
- Sumida, T., Nakazato, T., Tao, H., Oshima, M., & Motomizu, S. 2006. On-line Preconcentration System Using Mini-column Packed with a Chelating Resin for the Characterization of Seasonal Variations of Trace Elements in Seawater by ICP-MS and ICP-AES. *Analytical Science*, 1163-1168.
- Vegueria, T., Godoy, J.M., Compos, R.C., & Goncalves, R.A. 2006. Trace Element Determination in Seawater by ICP-MS using Online, Offline and Bath Procedures of Preconcentration and Matrix Elimination. *Microchemical Journal*, 106: 121-128.
- Wijaya, A.R., Ouchi, A.J., Tanaka, K., Shinjo, R., & Ohde, S. 2012. Metal Contents and Pb Isotopes in Road-side Dust and Sediment of Japan. *Journal of Geochemical Exploration*, 118: 68-76.
- Wijaya, A.R., Ouchi, A.J., Tanaka, K., Cohen, D.K., Sirirattanachai, S., Shinjo, R., & Ohde, S. 2013. Evaluation of Heavy Metal Contents and Pb Isotopic Compositions in the Chao Phraya River Sediments: Implication for Anthropogenic Inputs from Urbanized Areas, Bangkok. *Journal of Geochemical Exploration*, 126-127: 45-54.

Wijaya, A.R., Ohde, S., Shinjo, R., Ganmane, M., & Cohen, D.K., 2016.
Geochemical Fractions and Modeling Adsorption of Heavy Metals Into
Contaminated River Sediments in Japan and Thailand Determined by
Sequential Leaching Technique Using ICP-MS. *Arabian Journal of
Chemistry*, DOI: 10.1016/j.arabjc.2016.10.015.

Evi Triyana Damayanti, dkk_Kimia Analitik

Perbandingan Metode Penentuan Vitamin C pada Minuman Kemasan Menggunakan Metode Spektrofotometer UV-Vis dan Iodimetri

Evi Triyana Damayanti, Puji Kurniawati
Universitas Islam Indonesia D III Analisis Kimia
Jalan Kaliurang km 14,5 Sleman Yogyakarta 55584, Indonesia
e-mail: etriyanad@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil dari metode iodimetri dan spektrofotometer UV-Vis, untuk mengetahui metode yang akurat dalam menentukan kadar vitamin C. Hasil analisis vitamin C pada minuman kemasan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dan iodometri masing-masing yaitu 202,1918 mg dan 238,2904 mg. Parameter penentuan vitamin C secara spektrofotometri UV-Vis meliputi uji presisi % RSD = 0,6585%, linearitas $r = 0,9958$, batas deteksi dan batas kuantifikasi, LOD = 2,1546 dan LOQ = 7,1819, dan akurasi % R = 105,38%. Penentuan vitamin C secara iodometri menunjukkan % RSD = 1,2402%. Hasil uji t pada kedua metode tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan.

Kata kunci: vitamin C, spektrofotometri UV-Vis, iodimetri

Abstract: The aim of this study was to compare the results of vitamin C analysis using iodimetry and UV-Vis spectrophotometry method. The results of vitamin C analysis on beverage packaging using UV-Vis spectrophotometry and iodimetry were 202.1918 mg and 238.2904 mg. The parameters of UV-Vis spectrophotometry method were precision (% RSD= 0.6585%), linearity ($r = 0.9958$), limit of detection (LOD = 2.1546), limit of quantitation (LOQ = 7.1819), and accuracy (% R = 105.38 %). The iodimetry method showed % RSD= 1,2402% for n=15. The results of t-test on both methods showed no significant difference.

Keywords: vitamin C, UV-Vis spectrophotometry, iodimetry

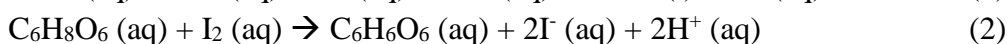
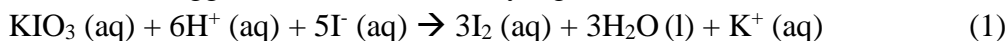
Vitamin C merupakan salah satu senyawa yang sangat dibutuhkan pada reaksi metabolisme tubuh. Kekurangan vitamin C pada makanan yang dikonsumsi dapat menyebabkan penurunan daya tahan tubuh. Jumlah kecukupan gizi terhadap konsentrasi vitamin per hari yang berhubungan dengan kesehatan harus disesuaikan dengan *Recommended Daily Allowance* (RDA) (Yuliarti, 2009). Penyakit *deficiency disease scurvy* dapat dicegah dengan asupan vitamin C paling sedikit 10 mg per hari (Weber, dkk., 1996). Kebutuhan vitamin C dapat dipenuhi dengan mengkonsumsi buah dan sayur. Perkembangan produksi makanan yang terus berkembang menyebabkan maraknya produk olahan buah dan sayur dalam bentuk makanan atau minuman kemasan. Produk turunan olahan buah dan sayur tersebut

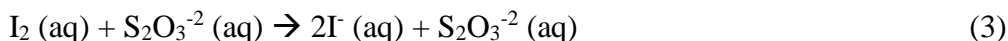
harus dipantau kandungan gizinya. Salah satunya adalah kandungan vitamin C pada produk minuman kemasan.

Proses aktivitas biologi dapat mengubah asam askorbat (vitamin C) menjadi *L-dehydroascorbic acid* (DHA) lewat proses oksidasi yang kemudian dapat diubah menjadi asam asetat dalam tubuh manusia (Al Majidi & Al Quruby, 2016). Metabolisme manusia tidak dapat mensintesis vitamin C karena tidak memiliki enzim gulonolaktose oksidase yang dapat mengubah glukosa menjadi asam askorbat di dalam hati yang biasanya terdapat pada mamalia (Padayatty, dkk., 2003). Selain itu, vitamin C dapat berfungsi sebagai antioksidan dan dapat mengurangi resiko kanker payudara, kolon, rektum, dan paru-paru (Al Majidi & Al Quruby, 2016). Menurut Permenkes RI Nomor 75 Tahun 2013 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan Bagi Bangsa Indonesia menyatakan bahwa kebutuhan vitamin C per hari minimal yaitu 40 - 50 mg (bayi di bawah 1 tahun), 40 mg (umur 1 - 3 tahun), 45 mg (umur 4 - 6 tahun), 45 - 50 mg (umur 7 - 12 tahun), 100 mg (wanita hamil) dan 150 mg (ibu menyusui).

Penentuan vitamin C pada bahan makanan dan minuman kemasan dapat dilakukan dengan metode spektrofotometri dan titrasi. Metode spektrofotometri dapat dilakukan dengan metode oksidasi asam askorbat menjadi *dehydroascorbic acid* dalam larutan brom yang mengandung asam asetat kemudian dikomplekskan dengan 2,4-diitrofenilhidrazin (DNPH) dan diukur absorbansinya pada 521 nm (Kapur, dkk, 2012; Al Majidi & Al Quruby, 2016). Pembentukan senyawa kompleks dengan DNPH dilakukan pada suhu 37°C dan didinginkan dengan penangas es yang ditetesi dengan H₂SO₄ 85% (Mussa & Sharaa, 2014). Selain itu, penentuan vitamin C dapat dianalisis dengan menggunakan titrasi redoks berupa titrasi balik iodometri. Prinsip analisis ini adalah mereaksikan asam askorbat dengan iodin dan larutan iodin yang tersisa dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat. Penentuan vitamin C juga dapat dilakukan dengan proses titrasi menggunakan larutan *indophenol dye* (Kumar, dkk., 2013). Melo, dkk. (2006) melakukan titrasi vitamin C menggunakan 2,6-dichlorophenolindophenol (DCIP). Penentuan vitamin C juga dapat dilakukan dengan metode HPLC dan reaksi enzimatik (Bekele & Geleta, 2015).

Penelitian ini membandingkan penentuan vitamin C pada minuman kemasan dengan metode spektrofotometri dan titrasi. Prinsip analisis secara spektrofotometri UV dilakukan dengan mengukur vitamin C secara langsung pada panjang gelombang 265 nm karena vitamin C memiliki gugus kromofor, sedangkan metode titrasi yang digunakan adalah titrasi iodometri. Reaksi redoks yang terjadi pada titrasi iodometri dapat dilihat pada persamaan 1, 2 dan 3. Parameter Parameter pengujian dengan alat spektrofotometer UV-Vis ini meliputi presisi, linearitas, *Limit of Detection* (LOD), *Limit of Quantitation* (LOQ) serta akurasi. Titrasi iodimetri menggunakan bahan standar yang sudah distandardisasi.





METODE

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu : spektrofotometer UV-Vis (Hitachi UH 5300), alat-alat gelas, timbangan analitik (Ohaus P224), corong, buret, kertas saring, dan kuvet. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam askorbat (Merck), KIO_3 (Merck), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Merck), I_2 (Merck), H_2SO_4 (Merck), amilum (Merck), akuades dan sampel minuman kemasan yang mengandung vitamin C.

Cara Kerja :

Penentuan Kadar Vitamin C Dengan Spektrofotometer UV-Vis.

Penetapan Kadar Sampel

Minuman kemasan disaring kemudian dipipet 0,5 mL, setelah itu filtratnya dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Filtrat ditambahkan aquades sampai tanda batas kemudian dihomogenkan. Selanjutnya diukur serapannya pada panjang gelombang maksimum yaitu 265 nm, diulang sampai 15 kali pengukuran.

Penentuan Akurasi Dengan *Spike Matrix*

Minuman kemasan disaring kemudian dipipet 0,5 mL, setelah itu filtratnya dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Filtrat ditambahkan 2 mL larutan induk vitamin C 100 ppm kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas dan homogenkan. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 265 nm dan dilakukan pengujian duplo.

Penentuan Kadar Vitamin C Dengan Titrasi Iodimetri

Vitamin C pada minuman kemasan ditetapkan dengan larutan Iodium yang sudah distandarasi, yaitu dengan cara dipipet 10 mL larutan sampel lalu dimasukkan ke dalam erlemeyer. Larutan ditambahkan 1,2 mL larutan H_2SO_4 10 %, ditambahkan beberapa tetes larutan amilum 1% dan dititrasi dengan larutan I_2 standar sampai berwarna biru diulang 15 kali.

HASIL

Hasil Analisis Vit C Dengan Spektrofotometer UV-Vis

Tabel 1. Karakteristik Performa Kurva Kalibrasi

Parameter	Nilai
Koefisien determinasi (R^2)	0,990
Koefisien korelasi (R)	0,995
Intersep, abs	0,074
Slope, $\text{abs} \cdot \text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$	0,051

Tabel 2. Penentuan LOD dan LOQ

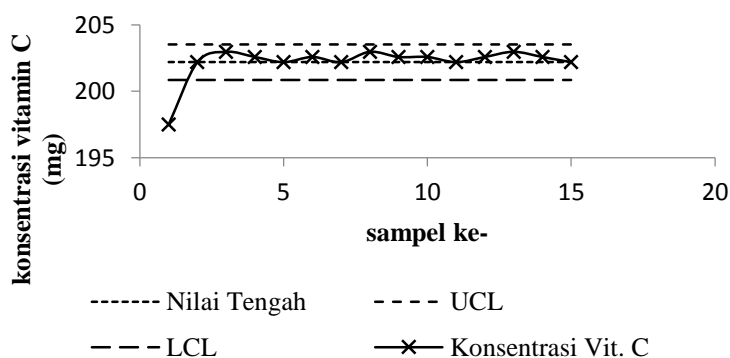
C asam askorbat (ppm)	absorbansi (y)	\hat{y}	$(y - \hat{y})$	$(y - \hat{y})^2$
2	0,162	0,1756	-0,0136	0,000185
4	0,248	0,2778	-0,0298	0,000888
8	0,512	0,4822	0,0298	0,000888
12	0,727	0,6866	0,0404	0,001632
16	0,904	0,891	0,013	0,000169
20	1,055	1,0954	-0,0404	0,001632
			Σ	0,005394
SD	0,0367			
LOD	2,1546			
LOQ	7,1819			

Tabel 3. Penentuan Presisi

sampel	Absorbansi sampel	konsentrasi (ppm) x	$x - \hat{x}$	$(x - \hat{x})^2$	Konsentrasi sampel (mg)
1	0,578	1974,951076	-46,966732	2205,873905	197,4951076
2	0,59	2021,917808	0,000000	0,000000	202,1917808
3	0,592	2029,745597	7,827789	61,274275	202,9745597
4	0,591	2025,831703	3,913894	15,318569	202,5831703
5	0,59	2021,917808	0,000000	0,000000	202,1917808
6	0,591	2025,831703	3,913894	15,318569	202,5831703
7	0,59	2021,917808	0,000000	0,000000	202,1917808
8	0,592	2029,745597	7,827789	61,274275	202,9745597
9	0,591	2025,831703	3,913894	15,318569	202,5831703
10	0,591	2025,831703	3,913894	15,318569	202,5831703
11	0,59	2021,917808	0,000000	0,000000	202,1917808
12	0,591	2025,831703	3,913894	15,318569	202,5831703
13	0,592	2029,745597	7,827789	61,274275	202,9745597
14	0,591	2025,831703	3,913894	15,318569	202,5831703
15	0,59	2021,917808	0,000000	0,000000	202,1917808
\hat{x}		2021,917808			
SD	1,331382				
%RSD	0,658475				

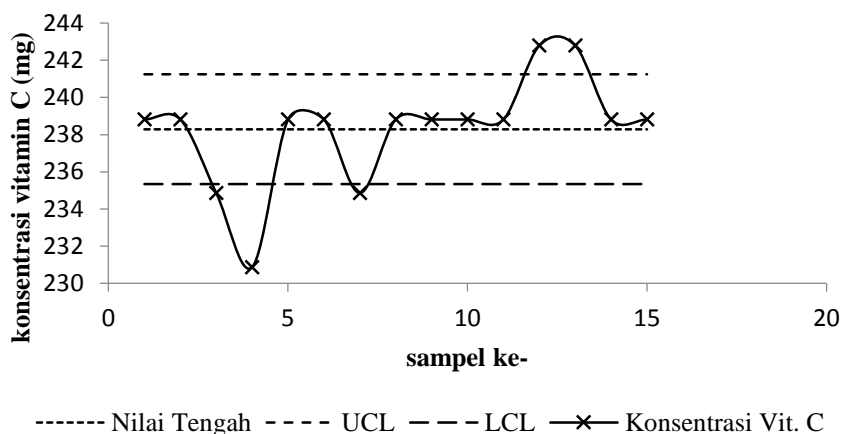
Tabel 4. Penentuan Persen Temu Balik (% Recovery, %R)

Spike	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
1	0,668	12,2172
2	0,668	12,2172
%R	105,38%	



Gambar 1. Control Chart Penentuan Vitamin C secara Spektrofotometri UV-Vis

Hasil Analisis Vit C Dengan Metode Iodimetri



Gambar 2. Control Chart Penentuan Vitamin C secara Iodometri

Tabel 5. Penentuan Uji T

	197,4951076	238,8187
Mean	202,5272575	238,2527
Variance	0,090901397	9,382873
Observations	14	14
Pearson Correlation	0,092819352	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	13	
t Stat	-43,82737428	
P(T<=t) one-tail	8,2369E-16	
t Critical one-tail	1,770933396	
P(T<=t) two-tail	1,64738E-15	
t Critical two-tail	2,160368656	

PEMBAHASAN

Penentuan Vitamin C secara Spektrofotometri UV-Vis Panjang Gelombang Maksimal

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan karena panjang gelombang suatu senyawa dapat berbeda bila ditentukan pada kondisi dan alat yang berbeda. Panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) merupakan panjang gelombang dimana terjadi eksitasi elektronik yang memberikan absorbansi maksimum. Penentuan panjang gelombang maksimum bertujuan untuk mengukur perubahan absorbansi untuk setiap satuan konsentrasi yang paling besar untuk mendapatkan panjang gelombang dimana kepekaan analisis yang maksimum diperoleh (Gandjar & Rohman, 2007). Pada penentuan panjang gelombang ini didapatkan 265 nm, yang menunjukkan bahwa serapan vitamin C berada pada daerah UV karena masuk rentang panjang gelombang 200 - 400 nm.

Linearitas

Linearitas adalah kemampuan (dalam rentang) metode analisis memberikan respon secara langsung atau bantuan transformasi matematik yang baik, untuk mendapatkan hasil dari variabel data (absorbansi dan rentang kurva) dimana secara langsung proporsional dengan konsentrasi (sesuai analit) dalam contoh kisaran yang ada, serta untuk mengetahui kemampuan standar dalam mendeteksi analit dalam contoh (Chan, dkk., 2004). Syarat nilai koefisiensi korelasi (r) yang didapat harus memiliki nilai $> 0,995$ (Ermer & Miller, 2005). Penentuan kurva kalibrasi dilakukan dengan menganalisis serangkaian konsentrasi larutan standar vitamin C yaitu asam askorbat dengan rentang konsentrasi 4 - 20 ppm. Hasil penentuan linearitas dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu nilai $r = 0,9958$ dan memberikan persamaan linear yaitu $y = 0,051x + 0,074$. Berdasarkan hasil tersebut, koefisien korelasi yang diperoleh menunjukkan adanya linearitas antara variabel x dan y .

Presisi

Presisi menunjukkan adanya derajat kesesuaian hasil uji yang dilakukan secara individual, yang merupakan penyebaran hasil uji secara individual dari nilai rata-rata dimana proses analisis dilakukan berulang pada sampel yang berasal dari campuran homogen (Riyanto, 2014). Nilai presisi dapat ditentukan dengan membandingkan *Relative Standard Deviasion* (RSD) atau *Coefficient Variation* (CV) dengan syarat keberterimaan. Kriteria seksama diberikan jika metode memberikan nilai $\% RSD \leq 2\%$ (Harmita, 2004). Berdasarkan data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai standar deviasi yang diperoleh sebesar 13,31382 dan nilai $\%$ standar deviasi relative ($\% RSD$) sebesar 0,658475%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode uji yang digunakan pada penentuan vitamin C menggunakan spektrofotometri UV-Visibel memenuhi syarat nilai $\% RSD$ yang diterima. Nilai penentuan vitamin C secara spektrofotometer UV-Vis adalah 202,192 mg dan nilai tersebut tidak sesuai dengan AKG yang tertera pada produk. Hal tersebut dapat terjadi karena vitamin C dapat mengalami oksidasi dengan udara sehingga hasil analisis dapat mengalami ketidaksesuaian jika tidak dianalisis dengan cepat.

Akurasi (Accuracy)

Kedekatan nilai hasil uji dari harga sebenarnya dapat dinyatakan dengan nilai akurasi. Nilai akurasi ini merupakan ukuran prosedur analisis dapat tepat mengukur konsentrasi analit yang sebenarnya (Mursyidi & Rohman, 2007). Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil $\% recovery$ yang diperoleh yaitu sebesar 105,38%. Menurut Harmita (2004), *range* nilai $\% recovery$ analit yang dapat diterima adalah 99-110%. Nilai $\% recovery$ yang diperoleh masuk dalam *range* yang dapat diterima sehingga dapat dikatakan metode ini memiliki akurasi yang baik.

LOD dan LOQ

Limit of Detection (LOD) atau batas deteksi merupakan jumlah atau konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi, namun tidak perlu diukur sesuai dengan nilai sebenarnya. *Limit of Quantitation* (LOQ) atau batas kuantitasi adalah jumlah analit terkecil dalam sampel yang dapat ditentukan secara kuantitatif pada tingkat ketelitian dan kerapatan yang baik. Hasil dari penentuan LOD dan LOQ dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai LOD 2,1546 mg/L, nilai ini menunjukkan jumlah analit terkecil yang masih dapat dideteksi dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Sedangkan LOQ sebesar 7,1819 mg/L yang artinya pada konsentrasi tersebut bila dilakukan pengukuran masih dapat memberikan kecermatan.

Penentuan Vitamin C secara Iodimetri

Titration iodometri merupakan jenis reaksi redoks yang mengukur jumlah iodine yang tersisa dari hasil reaksi redoks antara vitamin C dengan reaktan. Indikator yang digunakan adalah amilum yang ditambahkan saat sudah mendekati titik akhir titration. Hal tersebut dilakukan agar amilum tidak membungkus iodine sehingga penentuan titik akhir dapat ditentukan secara tepat. Titration ini menggunakan baku iodine (I_2) digunakan untuk senyawa-senyawa yang bersifat reduktor yang cukup kuat seperti vitamin C (Mursyidi & Rohman, 2007). Hasil analisis vitamin C dengan titration iodimetri dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil analisis iodometri dari replikasi sebanyak 15 kali menunjukkan nilai % RSD 1,2402% sehingga data hasil penentuan vitamin C memiliki tingkat presisi yang baik. Nilai konsentrasi vitamin C yang diperoleh yaitu 238,2904 mg dan kesesuaian nilai tersebut jauh dari nilai AKG yang tercantum dalam produk minuman kemasan. Analit yang dapat mengalami reaksi oksidasi dengan udara menyebabkan nilai analisisnya di bawah nilai sebenarnya.

Uji t (*t Test*)

Uji t digunakan untuk membandingkan nilai rata-rata dari dua populasi dengan selang kepercayaan tertentu. Pengujian dua kelompok data tersebut memberikan informasi adanya perbedaan kedua varian data yang diuji. Jika t hitung $< t$ Tabel maka kedua rata-rata tidak berbeda secara signifikan dan sebaliknya jika t hitung $> t$ Tabel maka kedua rata-rata berbeda secara signifikan (Rohman, 2014). Varian kedua kelompok yang diuji pada penelitian ini yaitu hasil analisis vitamin C menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dan hasil analisis vitamin C menggunakan metode iodimetri. Hasil yang diperoleh yaitu dapat dilihat pada Tabel 5, dengan nilai t hitung $\leq t$ Tabel ($-43,8274 < 1,7709$), yang dapat dikatakan bahwa kedua metode tersebut tidak berbeda secara signifikan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang didapat, kedua metode penentuan vitamin C ini tidak berbeda secara signifikan. Dilihat dari hasil uji t nilai t hitung \leq t Tabel. Hasil pengukuran menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara hasil analisis dengan nilai AKG yang tercantum dalam produk dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dan titrasi iodometri. Kondisi ini terjadi karena vitamin C dapat mengalami oksidasi dengan udara sehingga pengukuran vitamin C harus dilakukan dengan cepat.

Penentuan vitamin C secara spektrofotometri harus dilakukan pengompleksan untuk menjaga kestabilan senyawa. Perlu dilakukan variasi pelarut pada pengujian vitamin C, misalnya etanol pa, untuk mempersempit daerah pergeseran batokromik. Perlu dilakukan pengujian kadar vitamin C pada jenis makanan, suplemen, serta buah dan sayur segar.

DAFTAR RUJUKAN

- Al Majidi, M. I. H. & Al Quruby, H. Y. 2016. Determination of Vitamin C (ascorbic acid) Contents in Various Fruit and Vegetable by UV-Spectrophotometry and Titration Methods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 9(4): 2972-2974.
- Bekele, D.A & Geleta, G.S. 2015. Iodometric Determination of the Ascorbic Acid (Vitamin C) content of some Fruits consumed in Jimma Town Community in Ethiopia. *Res. J. Chem. Sci*, 5(1): 60-63.
- Chan, C.C., Herman Lam, Y.C.L., & Xue, M.Z. 2004. *Analytical Method Validation and Instrument Performance Verification*. New Jersey: John Willey & Sons, Inc Publication.
- Ermer, J.H. & Miller, M. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KgaA.
- Gandjar, G.H. & Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Jurnal Majalah Ilmu Komunikasi*, 1(3): 117-135
- Kapur, A., Haskovic, A., Copra-Janicijevic, A., Klepo, L., Topcagic, A., tahirovic, I., & Sofic, E. 2012. Spectrophotometric Analysis of Total Ascorbic Acid Content in Various Fruits and Vegetables. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 38: 39-42.
- Kerkenkes. 2013. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 75 Tahun 2013 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan Bagi Bangsa Indonesia*. Jakarta: Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

- Kumar, G. V., Kumar, A., Patel, G.R.R., & Manjappa, S. 2013. Determination of Vitamin C in some fruits and vegetables in Davanagere city (Karnataka)-India. *Int. J. Of Pharm. & Life Sci*, 4(3): 2489-2491.
- Melo, E.A., Lima, V.L.A.G., Maciel, M.I.S., Caetano, A.C., & leal, F.L.L. 2006. Polyphenol, Ascorbic Acid and Total Carotenoid Contents in Common Fruits and Vegetables. *Braz. J. Food Technol*, 9(2): 89-94.
- Mursyidi, A. & Rohman. A. 2007. *Pengantar Kimia Farmasi Analisis Volumetri dan Gravimetri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mussa, S. B. & Sharaa, I.E. 2014. Analysis of Vitamin C (ascorbic acid) Contents Packed Fruit Juice By UV-Spectrophotometry and Redox Titration Methods. *IOSR Journal of Applied Physics*, 6(5): 46-52.
- Padayatty, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A., Dutta, S.K., & Levine, M. 2003. Vitamin C as An Antioxidant: Evaluation of its Role in Disease Preventive. *Journal of American Collage of Nutrition*, 22(1): 18-35.
- Riyanto, 2014. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji*. Yogyakarta: Deepublish.
- Rohman, A. 2014 *Statika dan Kemometrika Dasar dalam Analisis Farmasi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Weber, P., Bendich, A., & Schalch, W. 1996. Vitamin C and Human Health – A Review of Recent data relevant to human requirements. *Intl. J. Vitam. Nutr. Res*, 66(1): 19-30.
- Yuliarti, N. 2009. *A To Z Food Supplement*. Yogyakarta: Andi.

Hani Handayani, dkk_Kimia Analitik

Penentuan Umur Pakai Karet Perapat (*Rubber Seal*) Katup Tabung Gas LPG Melalui Metode Perendaman dalam N-Pentana

Hani Handayani¹, Aprilia Sita², Yati Nurhayati¹

¹Pusat Penelitian Karet, Jalan Salak No. 1 Bogor 16151

²Institut Pertanian Bogor, Jalan Raya Dramaga, Babakan, Bogor 16680

e-mail: hani.handayani@puslitkaret.co.id

Abstrak: *Rubber seal* katup tabung gas LPG adalah cincin karet yang digunakan untuk perapat pada katup tabung gas LPG pada saat regulator dipasang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan umur pakai dari beberapa produk *rubber seal* yang beredar di pasaran serta analisis kelayakan pakainya. Sebanyak 6 buah contoh *rubber seal* direndam dalam n-pentana selama 1,3,5,7,9, dan 13 hari. Masing-masing dikeringkan dalam oven vakum dan ditentukan persen bahan terekstraknya. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh umur pakai *rubber seal* yang beredar di pasaran rata-rata kurang dari 30 hari sehingga hanya bisa digunakan untuk sekali pakai.

Kata kunci: umur pakai, karet perapat, karet alam, LPG, n-pentana

Abstract: Rubber seal valves of LPG gas cylinders are rubber rings used for sealing on LPG gas tube valves when the regulator is installed. This study was aimed to determine the lifetime of some rubber seal products on the market as well as feasibility analysis. Six samples of rubber seal were immersed in n-pentane for 1,3,5,7,9 and 13 days. Each was dried in a vacuum oven and determined percent of the extracted material. Based on the results of the study, the life of rubber seals on the market average less than 30 days so that it can only be used for single use.

Keywords: age wear, rubber seals, natural rubber, LPG, n-pentane

Industri karet di Indonesia saat ini masih bertumpu pada industri karet mentah seperti *crumb rubber*, RSS (*Ribbed Smoked Sheet*), dan lateks pekat. Pada tahun 2014 ekspor karet alam Indonesia mencapai 2,62 juta ton, sedangkan produksi karet alam Indonesia mencapai 3,20 juta ton, sehingga penyerapan karet alam di dalam negeri hanya sekitar 580 ribu ton (18,1%) (Tarmizi, 2015; IRSG, 2014).

Konsumsi karet alam saat ini masih didominasi oleh produk ban, upaya hilirisasi produk berbasis karet alam diperlukan terutama untuk produk selain ban terlebih adanya trend penurunan harga karet alam saat ini. Harga karet alam SIR 20 per kg pada tahun 2011 masih di atas 3,32 US\$, pada akhir tahun 2014 harga karet turun menjadi 1,71 US\$ dan pada pertengahan Agustus 2017 harga karet alam SIR 20 turun lagi menjadi 1,50 US\$. Dengan kondisi tersebut, maka diperlukan program hilirisasi karet alam.

Program konversi minyak tanah ke gas LPG dapat mendorong upaya hilirisasi karet alam melalui diversifikasi produk berbasis karet alam, salah satunya adalah *rubber seal* atau karet perapat pada katup tabung gas LPG. *Rubber seal* katup tabung gas LPG adalah cincin karet yang digunakan untuk perapat pada katup tabung gas LPG pada saat regulator dipasang yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran gas pada waktu pengisian atau penggunaan tabung LPG serta memperkuat kedudukan regulator. Agar fungsi *rubber seal* berjalan dengan baik, maka *rubber seal* harus memiliki standar yang dapat menyeleksi produk *rubber seal*.

Saat ini standar Indonesia untuk *rubber seal* sudah tersedia dan sudah diberlakukan secara wajib, yaitu SNI 7655:2010. Standar tersebut mengacu pada ISO 16010 “*Elastomeric seals – Material requirements for seals used in pipes and fittings carrying gaseous fuels and hydrocarbon fluids*”. Namun, syarat mutu yang terdapat di dalam standar tersebut masih belum dapat dipenuhi oleh produsen *rubber seal* sehingga produsen kesulitan memproduksi cincin karet sesuai dengan syarat mutu yang terdapat di dalam SNI 7655:2010 karena terkait masalah teknologi dan biaya produksi. Minimimnya produk *rubber seal* yang telah memenuhi standar menyebabkan banyaknya kejadian kebocoran gas LPG. Berdasarkan data yang dihimpun oleh BPKN (Badan Perlindungan Konsumen Nasional) hingga saat ini jumlah kebocoran gas LPG masih marak terjadi terutama pada pengguna gas LPG ukuran 3 kg.

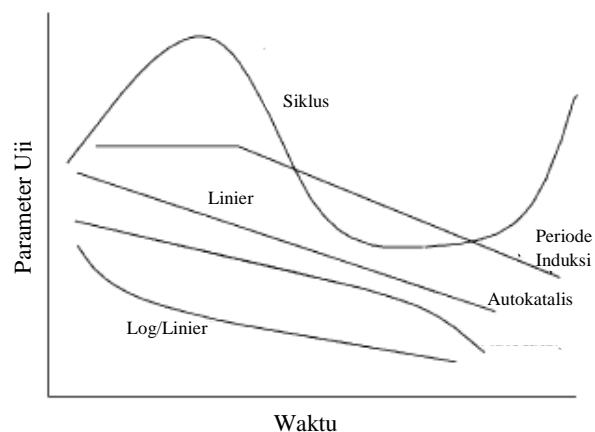
Maraknya kejadian ledakan akibat kebocoran gas LPG selain disebabkan oleh penggunaan *rubber seal* yang tidak memenuhi persyaratan SNI juga dapat disebabkan karena penggunaan *rubber seal* yang berulang melebihi umur pakainya sehingga fungsinya menurun. Beberapa waktu yang lalu sempat tersebar siaran dengan judul “Gerakan Cabut Karet Seal Tabung Gas” yang beredar di media sosial. Dalam pesan tersebut, disarankan kepada pengguna gas LPG agar mencabut karet seal pengaman tabung gas LPG yang telah terpakai sebelum menukarkan gas baru agar pihak Stasiun Pengisian Bahan Bakar LPG (SPBE) mengganti dengan karet seal baru.

Pertamina melalui *pers release* pada bulan Juli 2017 telah mengkonfirmasi kabar tersebut dan menyatakan bahwa pemilihan jenis karet sebagai komponen utama *rubber seal* telah disesuaikan dengan produk hidrokarbon yang terkontak langsung dengan LPG, yaitu bahan yang tahan terhadap LPG, sehingga tidak benar jika dikatakan umur pakai *rubber seal* hanya satu kali pemakaian. Akan tetapi di dalam rilis tersebut Pertamina tidak menyampaikan persisnya umur pakai produk *rubber seal* yang selama ini digunakan di SPBE Pertamina. Sampai dengan saat ini belum ada penelitian untuk menentukan umur pakai produk *rubber seal*. Sehubungan dengan peruntukannya yang memiliki resiko yang berbahaya jika produk yang dihasilkan rusak, selain kualitas dari produk yang memenuhi persyaratan mutu SNI, juga diperlukan informasi umur pakai dari produk *rubber seal*.

Produk barang jadi karet setelah didistribusikan ke konsumen dan setelah pemakaian akan mengalami penurunan kualitas sehingga mengakibatkan produk tersebut tidak berfungsi dengan baik atau bahkan dapat membahayakan konsumen. Prediksi umur pakai dari produk barang jadi karet relatif sulit dilakukan karena dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti bahan pendegradasi, kondisi penggunaan, perbedaan jenis polimer dan bahan penyusun. Bahan pendegradasi yang dapat menyebabkan penurunan kualitas produk barang jadi karet diantaranya suhu, cahaya, radiasi, kelembaban, fluida (gas, cairan, uap), mikroorganisme, mekanik, dan elektrik.

Teknik untuk memprediksi umur pakai dari produk secara langsung dapat dilakukan dengan cara ekstrapolasi dari data uji. Untuk pengujian pada kondisi tidak dipercepat diperlukan waktu yang lama untuk mencapai produk yang mengalami degradasi maksimum atau dibawah standar. Oleh karena itu diperlukan uji dipercepat dengan penambahan bahan pendegradasi pada dosis yang lebih besar daripada dosis pemakaian produk. Prosedur umum perhitungan prediksi umur pakai dengan cara mengukur derajat degradasi dengan memonitor perubahan sifat-sifat yang dipilih terhadap fungsi waktu.

Parameter uji yang diamati untuk perhitungan prediksi umur pakai disesuaikan dengan produk yang diuji. Untuk *rubber seal* parameter uji yang diamati terdiri dari dari kekerasan, cairan terserap, dan bahan terekstrak. Perubahan parameter uji terhadap fungsi waktu setelah perendaman untuk setiap jenis produk akan berbeda-beda. Beberapa kemungkinan perubahan parameter fungsi waktu disajikan pada Gambar 1. Model perubahan parameter yang paling sederhana berupa hubungan linier, tetapi model ini jarang terjadi karena perubahan parameter melibatkan beberapa faktor yang saling berinteraksi.



Gambar 1. Model Perubahan Parameter Uji Terhadap Waktu

Persamaan umum untuk menentukan perubahan parameter terhadap waktu adalah sebagai berikut:

$$P = P_0 \left(1 - \frac{t}{t_f} \right)^k + P_f \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

P : parameter uji pada waktu t

P₀: parameter uji pada saat t = 0

t : waktu

t_f : waktu akhir (pada saat produk terdegradasi secara maksimal)

P_f : parameter uji pada waktu t_f

k : konstanta

Apabila konstanta k = 1, maka perubahan parameter uji terhadap waktu linier, bila k > 1 maka degradasi akan cepat diawal kemudian akan melambat, dan bila k < 1 maka degradasi akan cepat diakhir.

Untuk memprediksi umur pakai dari produk *rubber seal* digunakan persamaan 1 dimana nilai konstanta dihitung dengan cara uji dipercepat sehingga nilai P_f dan t_f dapat diketahui secara cepat. Untuk mengetahui nilai t_f dilakukan uji komparasi antara perendaman dalam cairan dan dalam gas. Persamaan 1 dapat dipakai apabila nilai parameter akhir melewati dari standar. Apabila tidak, maka parameter pada saat umur pakai (P) sama dengan parameter akhirnya (P_f) dan umur pakai hanya ditentukan dengan menggunakan nilai t_f sebenarnya yang ditentukan dengan cara perbandingan laju ekstrak dalam liquid dan dalam gas.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan umur pakai dari beberapa produk *rubber seal* yang ada di pasaran dan produk *rubber seal* hasil inovasi Pusat Penelitian Karet menggunakan metode perendaman dalam n-pentana serta analisis kelayakan pakainya.

METODE

Penentuan Persen Bahan Terekstrak

Pengujian dilakukan dengan 3 kali ulangan. Contoh uji yang telah disiapkan ditimbang (m₀) kemudian direndam dalam pelarut n-pentana selama 1, 3, 5, 7, 9, dan 13 hari pada suhu (27 ± 2) °C. Contoh uji kemudian dikeringkan dalam oven vakum pada suhu 40 °C, sampai berat contoh uji konstan. Massa konstan (m₁) digunakan untuk menentukan perubahan massa. Persentase perubahan massa dihitung berdasarkan metode perendaman dalam n-pentana menggunakan hubungan sebagai berikut (2):

$$\% \text{ bahan terekstrak} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

m₀ : berat awal contoh

m₁ : berat contoh setelah dikeringkan

Penentuan Umur Pakai

Pada penelitian ini perhitungan umur pakai dari produk dilakukan dengan uji dipercepat menggunakan bahan pendegradasi yang dianggap paling mendekati LPG yaitu cairan n-pentana. Perhitungan umur pakai juga menggunakan variasi waktu sampai produk karet terdegradasi secara maksimal. *Rubber seal* dikatakan rusak atau tidak dapat dipakai apabila melewati titik kritis persen bahan terekstrak yaitu 30%.

Nilai *service life* atau *life-time* menunjukkan lamanya material karet dapat digunakan hingga mencapai maksimal perubahan sifat fisik dari syarat mutu yang ditetapkan. Analisa *life-time* dilakukan secara pendekatan dengan mengukur perubahan maksimal sifat fisik setelah perendaman dalam pelarut terhadap variasi waktu perendaman. *Life-time* dapat dihitung dengan ekstrapolasi waktu yang diperlukan material karet hingga mengalami penurunan sifat fisik terendah dari syarat mutu.

HASIL

Sebanyak 6 (enam) buah contoh *rubber seal* yang beredar di pasaran diambil secara acak untuk diuji umur pakainya. Keenam *sample* tersebut terdiri dari *rubber seal* yang sudah ber-SNI dan yang belum ber-SNI serta 2 buah *rubber seal* yang merupakan hasil inovasi dari Pusat Penelitian Karet juga turut diuji untuk dibandingkan dengan *rubber seal* yang beredar di pasaran. Hasil penentuan persen bahan terekstrak dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Penentuan Persen Bahan Terekstrak dari 6 Buah Sample Produk *Rubber Seal*

Hari ke-	Persen Bahan Terekstrak (%) <i>Sample Rubber Seal</i>					
	A	B	C	D	E	F
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	28,14	24,68	18,13	4,35	13,77	0,99
3	29,33	26,92	20,82	4,53	14,76	2,30
5	30,17	32,81	21,31	4,51	15,31	2,90
7	31,79	32,97	21,93	10,93	17,78	4,82
9	31,84	33,82	24,39	11,48	17,94	6,10
13	34,78	33,83	25,04	12,32	18,36	7,06

Keterangan:

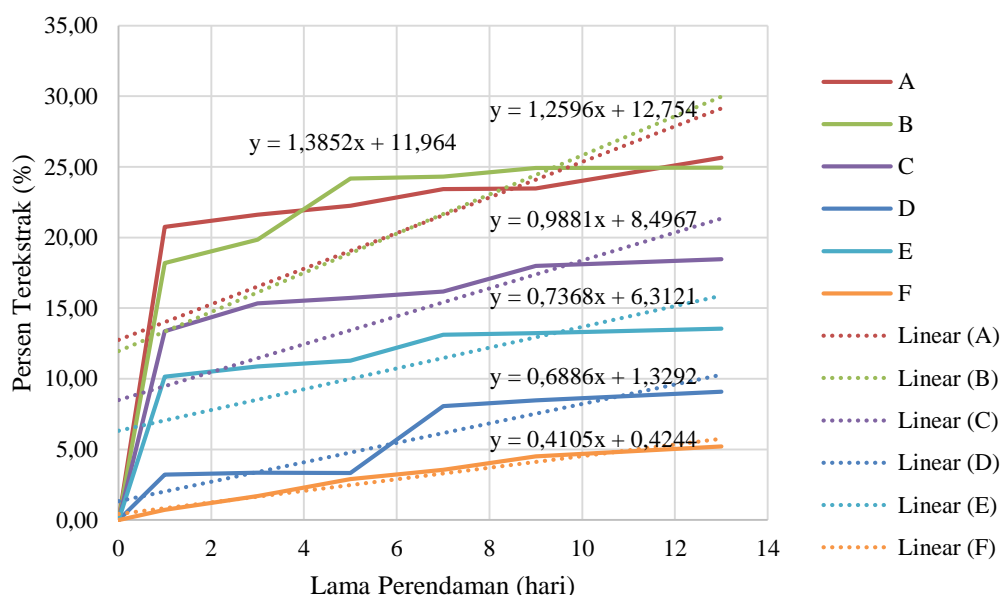
- A *Rubber seal* pasar SNI 1
- B *Rubber seal* pasar SNI 2
- C *Rubber seal* pasar SNI 3
- D *Rubber seal* inovasi Pusat Penelitian Karet 1
- E *Rubber seal* pasar non SNI
- F *Rubber seal* inovasi Pusat Penelitian Karet 2

Data tersebut kemudian diekstrapolasikan ke dalam persamaan linear sehingga diperoleh persamaan linearnya. Nilai k dalam persamaan tersebut merupakan laju kerusakan dari produk *rubber seal*. Kurva persamaan linearnya dapat dilihat pada Gambar 2. Dari kurva pada Gambar 2 diperoleh nilai konstanta laju, k untuk tiap *sample rubber seal* sehingga umur pakai dari masing-masing *sample* dapat dihitung. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Umur Pakai 6 Buah Sample Rubber Seal Berdasarkan Laju Ekstraksi di dalam n-pentana

Sample	Laju (% per hari)	Kritis (%)	Umur Pakai (hari)
A	1,2596	30	24
B	1,3852	30	22
C	0,9881	30	30
D	0,6886	30	44
E	0,7368	30	41
F	0,4105	30	73

Laju Ekstraksi di dalam n-pentana



Gambar 2. Kurva Persamaan Laju Ekstraksi di dalam n-pentana

PEMBAHASAN

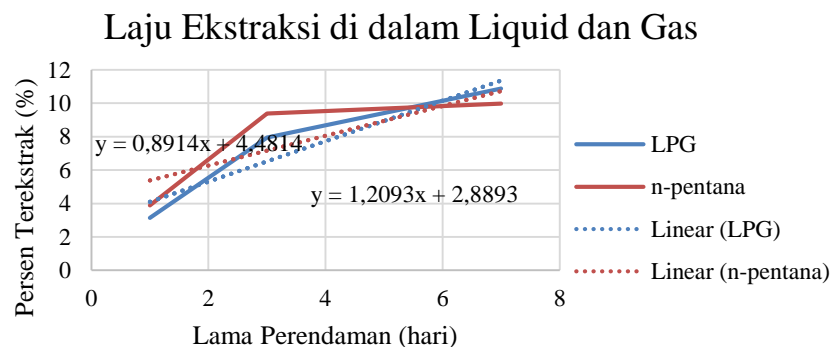
Rubber seal pada katup tabung gas LPG berfungsi sebagai perapat agar gas tidak mengalami kebocoran saat dialirkan ke dalam regulator. Pada saat bekerja, *rubber seal* akan berkontak dengan gas LPG dan mengalami penekanan oleh regulator. Untuk memprediksi umur pakai dari *rubber seal* perlu uji *compressive stress relaxation* dalam kondisi kontak dengan gas LPG. Tetapi uji *compressive stress relaxation* diperlukan contoh uji berupa silinder dengan diameter 13 mm dan ketebalan 6 mm. Contoh uji ini harus dibuat dari kompon *rubber seal* yang kemudian dicetak sesuai dengan contoh uji.

Pada penelitian ini contoh uji berupa produk sehingga untuk melakukan uji *compressive stress relaxation* sangat sulit. Oleh karena itu prediksi umur pakai pada penelitian ini hanya didasarkan dari kontak dengan gas LPG. Prediksi umur pakai pada *rubber seal* dilakukan dengan cara meningkatkan konsentrasi gas LPG. Peningkatan konsentrasi dilakukan dengan mengganti gas LPG dengan cairan n-pentana. Cairan n-pentana dianggap mewakili gas LPG karena memiliki nilai parameter kelarutan yang mendekati gas LPG. *Rubber seal* ketika kontak dengan n-pentana akan mengalami proses pengembangan dan ekstraksi atau *leaching*. Kedua proses ini akan mengakibatkan perubahan sifat fisik dari produk *rubber seal*.

Dalam penelitian ini, parameter pada saat umur pakai (P) sama dengan parameter akhirnya (P_f) sehingga umur pakai hanya ditentukan dengan menggunakan nilai t_f sebenarnya yang ditentukan dengan cara perbandingan laju ekstrak dalam liquid dan dalam gas. Hasil percobaan perendaman dalam liquid (n-pentana) dan gas LPG disajikan pada Tabel 3. Data pada Tabel 3 kemudian diekstrapolasi ke dalam kurva linear (Gambar 3) sehingga diperoleh nilai laju ekstraksi *sample* di dalam n-pentana dan gas LPG.

Tabel 3. Persen Terekstrak Sample Oleh LPG dan n-pentana

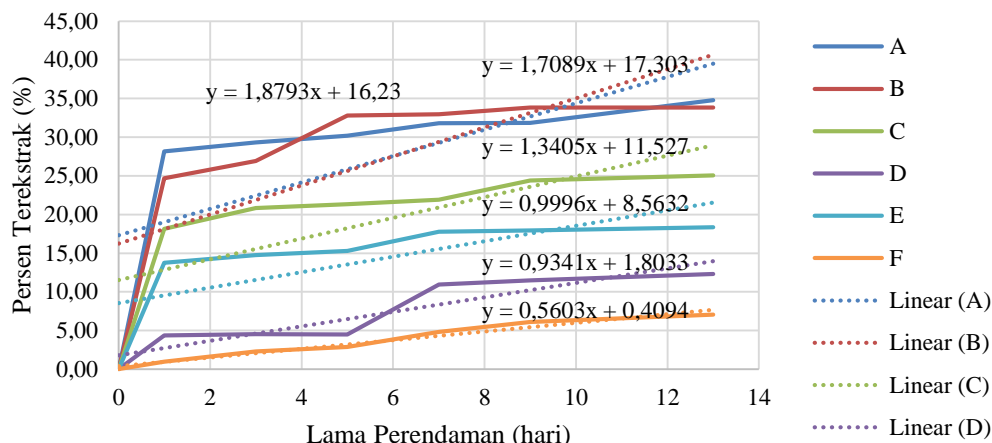
No.	Lama Perendaman (hari)	Persen Terekstrak (%)	
		LPG	n-pentana
1.	1	3,15	3,89
2.	3	7,94	9,38
3.	7	10,88	9,98



Gambar 3. Kurva Laju Ekstraksi Sample Di Dalam Liquid Dan Gas

Berdasarkan data pada Gambar 3, diperoleh nilai laju ekstraksi *sample* di dalam gas adalah 1,2093 % per hari sedangkan laju ekstraksi *sample* di dalam cairan n-pentana adalah 0,8914 % per hari. Sehingga perbandingan laju ekstraksi *sample* di dalam gas dan cairan adalah 1,36. Dari data tersebut diketahui bahwa *sample* terekstrak lebih banyak di dalam gas LPG. dibandingkan di dalam n-pentana. Nilai perbandingan tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung laju terekstrak di dalam gas LPG. Hasilnya disajikan dalam Gambar 4.

Laju Ekstraksi di dalam Gas LPG



Gambar 4. Kurva Persamaan Laju Ekstraksi di dalam Gas LPG

Berdasarkan data laju ekstraksi di dalam gas LPG, maka dapat dihitung umur pakai *rubber seal* di dalam LPG. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata umur pakai *rubber seal* di pasaran kurang dari 30 hari. Jika setiap rumah tangga diasumsikan menggunakan gas LPG ukuran 3 kg selama 10-15 hari, artinya dalam sebulan minimal setiap rumah tangga melakukan 2 kali pengisian gas LPG. Berdasarkan data perhitungan umur pakai yang diperoleh dalam penelitian ini berarti *rubber seal* yang beredar di pasaran tidak boleh digunakan berulang, artinya setiap kali pengisian harus dilakukan penggantian *rubber seal* karena akan menyebabkan penurunan fungsi *rubber seal*. Jika digunakan berulang maka *rubber seal* dikhawatirkan rusak sehingga dapat menyebabkan terjadinya kebocoran.

Tabel 4. Prediksi Umur Pakai 6 Buah Sample Rubber Seal di dalam Gas LPG

Sample	Laju (% per hari)	Kritis (%)	Umur Pakai (hari)
A	1,7089	30	18
B	1,8793	30	16
C	1,3405	30	22
D	0,9341	30	32
E	0,9996	30	30
F	0,5603	30	54

Pusat Penelitian Karet telah mengembangkan formula kompon untuk *rubber seal* yang memenuhi persyaratan SNI dan memiliki umur pakai paling lama dibandingkan dengan *rubber seal* yang ada di pasaran seperti data yang dapat dilihat pada Tabel 4. Dari tabel tersebut diketahui bahwa sample D dan F yang merupakan *rubber seal* hasil inovasi Pusat Penelitian Karet memiliki umur pakai paling lama dibandingkan dengan *rubber seal* lain yaitu lebih dari 30 hari, artinya *rubber seal* ini dapat digunakan berulang, sampai dengan maksimal tiga kali pemakaian.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rata-rata umur pakai *rubber seal* yang beredar di pasar kurang dari 30 hari. Penggunaan *rubber seal* berulang, lebih dari 1 kali pemakaian tidak disarankan karena dikhawatirkan fungsi *rubber seal* sudah rusak sehingga dapat menyebabkan kebocoran gas LPG. *Rubber seal* hasil inovasi Pusat penelitian Karet memiliki umur pakai paling lama dibandingkan *rubber seal* yang beredar di pasaran, yaitu lebih dari 30 hari sehingga dapat digunakan berulang, sampai dengan maksimal 3 kali pemakaian.

Untuk keamanan penggunaan *rubber seal* gas LPG, disarankan agar *rubber seal* diganti setiap mengganti tabung gas LPG. Pengawasan yang ketat dari Pemerintah dan pihak terkait sangat diperlukan untuk menjamin keselamatan konsumen sehingga kejadian ledakan akibat kebocoran gas LPG dapat diminimalisir.

DAFTAR RUJUKAN

- Aries, M. 2013. *Hilirisasi Produk Karet Indonesia Lemah*, (Online), (<http://www.republika.co.id/berita/ekonomi/bisnis/13/10/02/mu1cs5-hilirisasi-produk-karet-indonesia-lemah>, diakses 20 Oktober 2017).
- Brown, R.P. 2001. *Practical Guide to The Assessment of the Useful Life of Rubbers*. RAPRA Technology, Ltd.
- Burke, J. 1984. *Solubility Parameters: Theory and Application Vol.3*. Washington, D.C: The American institute for Conservation.
- IRSG. 2014. *Rubber Statistical Bulletin*, (Online), (<http://www.rubberstudy.com/news-article.aspx?id=5072&b=default.aspx>, diakses 20 Oktober 2016).
- ISO 16010. 2005. *Elastomeric seals -- Material requirements for seals used in pipes and fittings carrying gaseous fuels and hydrocarbon fluids*, (Online), (<https://www.iso.org/standard/40110.html>, diakses 10 Oktober 2017).
- ISO 2928. 2003. *Rubber hoses and hose assemblies for liquefied petroleum gas (LPG) in the liquid or gaseous phase and natural gas up to 25 bar (2,5 MPa) – Specification*, (Online), (<https://www.evs.ee/preview/iso-2928-2003-en.pdf>, diakses 10 Oktober 2017).
- Malaysian Rubber Export Promotion Council. 2014. *Daily Closing Prices (NR/Latex) Prices*, (Online), (<http://www3.lgm.gov.my/mre/>, diakses 13 Oktober 2017).
- Ramadhan, A.W. 2014. *Konversi Minyak Tanah ke LPG Kellar Tahun Ini*, (Online), (<http://www.republika.co.id/berita/ekonomi/ritel/14/04/21/n4dl3f-konversi-minyak-tanah-ke-lpg-kellar-tahun-ini>, diakses 16 Oktober 2017).

- SNI 7369:2008. 2008. *Regulator Tekanan Rendah Untuk Tabung Baja LPG*, (Online), (http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/9521), 12 Oktober 2017).
- SNI 7655:2010. 2010. *Karet Perapat (Rubber Seal) Pada Katup Tabung LPG*, (Online), (http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/11246), diakses 12 Oktober 2017).
- Standar Nasional Indonesia 06-7213-2006/Amd I: 2008. 2008. *Selang karet untuk kompor gas LPG, Amandemen 1*, (Online), (http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/11177), diakses 11 Oktober 2017).
- Sulistiyawan, W. 2016. *Gerakan Cabut Karet Sil Tabung Gas Beredar di Whatsapp, Bahaya Atau Tidak?*, (Online), (<http://www.tribunnews.com/regional/2016/11/12/gerakan-cabut-karet-sil-tabung-gas-beredar-di-whatsapp-bahaya-atau-tidak>), diakses 12 Oktober 2017).
- Tarmizi, T. 2015. *Gapkindo: Harga Karet Turun Resahkan Petani*, (Online), (<https://www.antaranews.com/berita/494976/gapkindo-harga-karet-turun-resahkan-petani>), diakses 12 Oktober 2017).
- Vinod, V, S., Varghese, S., & Kuriakose, B. 2002. Degradation Behaviour of Natural Rubber-Aluminium Powder Composites: Effect of Heat, Ozone and High Energy Radiation. *Polymer Degradation and Stability*, 75: 405-412.

Indriyana Rachmadani Santoso, dkk_Kimia Analitik

Pengaruh Metode Pencucian terhadap Penurunan Kadar Klorin dalam Beras dengan Titrasi Argentometri

Indriyana Rachmadani Santoso, Tri Esti Purbaningtias
Mahasiswa D3 Analisis Kimia, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km.14,5 Sleman, Yogyakarta, 55548
e-mail: rindriyana77@gmail.com

Abstrak: Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh metode pencucian terhadap penurunan kadar klorin dalam beras. Beras yang digunakan terdiri dari 2 rentang harga berbeda yaitu mahal dan murah. Pada titrasi argentometri, penentuan jumlah klorin ditunjukkan dengan adanya perubahan warna dari kuning menjadi merah kecoklatan. Variasi metode pencucian dilakukan untuk melihat adanya pengaruh suhu dan aliran air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pencucian dengan variasi aliran air memberikan penurunan kadar klorin yang tertinggi yaitu sebesar 22,54% untuk beras mahal dan 23,49% untuk beras murah. Hasil uji t menunjukkan bahwa metode variasi aliran air memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar klorin dalam beras.

Kata kunci : beras, klorin, argentometri

Abstract: This study was conducted to determine the effect of washing method on decreasing chlorine contents in rice. This research used two types of rice with the different price range that is expensive and cheap. In argentometry titration, the color changes from yellow to brownish-red indicates the amount of chlorine. Variations washing method conducted to observe the effect of temperature and water flow. The results showed that washing method with the variation of water flow gave the highest decrease of chlorine level that was equal to 22,54% and 23,49% for expensive and cheap rice respectively. T-test results showed that the flow of water has a significant influence on the decrease of chlorine contents in rice.

Keywords: rice, chlorine, argentometric

Beras merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia, karena beras merupakan bahan makanan yang mudah diolah, mudah disajikan, dan mengandung karbohidrat sebagai sumber energi sehingga berpengaruh besar terhadap aktivitas tubuh dan kesehatan. Namun dalam produk makanan maupun bahan makanan telah banyak mengandung zat kimia tambahan yang berbahaya. Permasalahan manipulasi mutu beras sering dilakukan oleh pedagang curang seperti penyemprotan zat aromatik dan pemakaian bahan pemutih (Samih, dkk., 2016).

Pemakaian bahan pemutih pada beras yang tidak jelas dan tidak sesuai spesifikasi bahan tambahan yang diperbolehkan untuk pangan, dan konsentrasi pemakaian melebihi batas sangat berbahaya untuk kesehatan manusia. Penggunaan klorin saat ini tidak hanya digunakan sebagai bahan pemutih pakaian dan kertas, tetapi telah digunakan sebagai bahan pemutih atau pengkilat beras agar beras yang berkualitas rendah menjadi beras berkualitas super (Wongkar, dkk., 2014).

Klorin adalah bahan kimia yang pada umumnya digunakan sebagai desinfektan. Zat klorin akan bereaksi dengan air membentuk asam hipoklorus yang diketahui dapat merusak sel-sel dalam tubuh. Klorin berwujud gas berwarna kuning kehijauan dengan bau cukup menyengat. Zat klorin yang terdapat dalam beras akan menggerus usus pada lambung (korosit) sehingga rentan terhadap penyakit maag. Pengonsumsi beras berpermutih dalam jangka panjang akan mengakibatkan penyakit kanker hati dan ginjal (Samiha, dkk., 2016).

Penggunaan bahan pemutih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.722/Menkes/per/IX/1988 tentang bahan tambahan pangan, klorin tidak tercatat dalam kelompok pemutih dan pematang tepung sehingga dalam kadar berapapun klorin dilarang penggunaannya dalam makanan. Salah satu penelitian tentang dampak penggunaan klorin menjelaskan bahwa penggunaan klorin atau pemutih untuk bahan-bahan organik sebesar 21% (Hasan, 2006). Sedangkan untuk SNI pemutih dalam bahan makanan yang diperbolehkan sebesar 250 mg/L.

Penentuan kadar klorin dapat ditentukan dengan titrasi argentometri, yaitu titrasi dengan menggunakan perak nitrat sebagai titran dimana akan terbentuk garam perak yang sukar larut. Alasan dipilih metode argentometri karena senyawa yang akan dianalisis merupakan golongan halogenida sehingga memerlukan adanya endapan sebagai hasil akhir dari titrasi. Salah satu metode argentometri adalah metode Mohr, yaitu metode yang dipilih berdasarkan indikator yang digunakan dalam titrasi. Kadar halogenida yang akan dititrasi berada pada suasana netral dengan larutan baku perak nitrat dan penambahan larutan kalium kromat sebagai indikator. Pada permulaan titrasi akan terjadi endapan perak klorida dan setelah mencapai titik ekuivalen, maka penambahan sedikit perak nitrat akan bereaksi dengan kromat dengan membentuk endapan perak kromat yang berwarna merah kecokelatan (Agung, 2009).

Perbandingan penurunan kadar klorin dapat dilakukan dengan variasi metode pencucian. Variasi pencucian dilakukan dengan perendaman sampel beras dengan air hangat 15 menit pada suhu 60-70°C, air dingin 15 menit dengan suhu 22°C dan mencuci dibawah air mengalir. Selain dengan variasi suhu dan aliran air, penurunan kadar klorin dapat dilakukan dengan replikasi pencucian. Hasil penelitian Irmayani dkk. (2013) menunjukkan bahwa semakin banyak pengulangan pencucian beras, maka kadar klorin yang terkandung didalamnya semakin banyak berkurang. Masyarakat yang mencuci beras dengan empat kali pengulangan terbukti mampu mengurangi kadar klorin lebih banyak dibandingkan dengan tiga kali pengulangan.

METODE

Alat dan bahan

Alat yang digunakan adalah buret (*Pyrex*) ukuran 50 mL, statif, klem, Erlenmeyer (*iwaki*) ukuran 250 mL, pipet ukur 1 mL; 10 mL, ball pipet, tabung reaksi, gelas beker 100 mL, corong gelas, sendok sungsu, neraca analitik (*Ohaus*), lumpang, alu, dan batang pengaduk.

Bahan yang digunakan adalah sampel beras yang diperoleh dengan sampling pada 5 pasar besar di daerah Istimewa Yogyakarta dengan perbandingan

harga mahal dan murah. Sampel dengan kategori harga yang sama dihomogenkan, untuk sampel harga mahal tertanda beras A sedangkan untuk sampel dengan harga murah tertanda beras B larutan air bebas mineral, kertas saring, AgNO_3 (Merck KGaA) 0,0141 N sebagai larutan standar, larutan NaCl (Merck KGaA) 0,0141 N untuk standarisasi, indikator K_2CrO_4 (Merck KGaA) 5%.

Prosedur Kerja

Pembuatan Larutan Standar AgNO_3 0,0141 N

Sebanyak 2,395 g AgNO_3 ditimbang dan dilarutkan dengan air suling bebas klorida dalam gelas beker dan diencerkan dengan air suling dalam labu ukur 1L kemudian dihomogenkan dan disimpan dalam botol berwarna gelap beretiket.

Pembuatan Larutan Standar Primer NaCl 0,0141 N

Padatan NaCl dikeringkan dalam oven pada suhu 140°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang 0,824 g NaCl kemudian dilarutkan dalam gelas beker menggunakan air suling selanjutnya diencerkan dalam labu ukur 1 L dan disimpan dalam botol beretiket.

Pembuatan Indikator K_2CrO_4 5%

Sebanyak 5,0 g K_2CrO_4 dilarutkan dengan 10 mL air suling bebas klorida. Kemudian ditambahkan larutan AgNO_3 hingga terbentuk endapan merah kecoklatan yang jelas. Larutan dibiarkan selama 12 jam kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh diencerkan kembali dengan air suling bebas klorida hingga volume 100 mL.

Standarisasi Larutan AgNO_3

Larutan NaCl 0,0141 N dipipet sebanyak 25 mL ditambah 1 mL indikator kalium kromat (K_2CrO_4) 5% dan dititrasikan dengan larutan baku AgNO_3 0,0141 N hingga terjadi perubahan warna dari kuning menjadi merah kecoklatan. Titrasi sampel diulangi sebanyak tiga kali dan dilakukan titrasi blanko dengan 25 mL air bebas mineral ditambah dengan 1 mL indikator kalium kromat dan dititrasikan dengan larutan baku AgNO_3 0,0141 N hingga terjadi perubahan warna yang sama. Normalitas AgNO_3 dapat ditentukan dengan rumus:

$$N_{\text{AgNO}_3} = \frac{V_{\text{NaCl}} \times N_{\text{AgNO}_3}}{V_{\text{titrasi sampel}} - V_{\text{titrasi blanko}}}$$

Uji Kualitatif Klorin

Uji kualitatif klorin dilakukan dengan menimbang sampel beras A dan B masing-masing 10 gram, beras dihaluskan dan dilarutkan dengan 50 mL air bebas mineral selanjutnya sampel di saring dan diambil filtrat sebanyak 1 mL dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambah 1 mL larutan AgNO_3 0,0141 N. Hasil identifikasi dikatakan positif jika terdapat endapan putih pada larutan.

Uji Kuantitatif

Uji kuantitatif dilakukan dengan menimbang sampel beras A dan B masing-masing 20 gram, beras dihaluskan dan dilarutkan dengan 100 mL air bebas mineral selanjutnya sampel disaring dan diambil filtratnya. Filtrat selanjutnya dititrasi dengan larutan AgNO_3 0,0141 N hingga terjadi perubahan warna dari kuning menjadi merah kecokelatan. Penentuan kadar klorin dalam satuan persen dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{Kadar Cl (mg)} = \left[\frac{(A-B) \times N \text{ AgNO}_3 \times \text{Ar Cl} \times 1000}{\text{massa uji}} \right] \times 10$$

Dimana :

A = Volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi sampel (mL)

B = Volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi blanko (mL)

N = Normalitas larutan baku AgNO_3 (mgrek/mL)

Ar Cl = 35,5 (mg/mgrek)

10 = Jumlah pengulangan titrasi

$$\text{Kadar Cl (\%)} = \frac{\text{Kadar Cl (mg)}}{\text{massa sampel (mg)}} \times 100\%$$

Variasi Metode Pencucian

Variasi pencucian dilakukan dengan merendam beras pada air hangat suhu 60 - 70°C selama 15 menit, air dingin dengan suhu 25°C selama 15 menit dan dicuci dibawah air mengalir dengan volume air sebesar 350 mL dengan tipe aliran yang tidak terlalu besar, kisaran 50 mL/menit sebanyak 3 kali pengulangan. Sampel beras A dan B masing-masing ditimbang sebanyak 20 gram dan direndam dengan air hangat, setelah direndam beras ditiriskan selanjutnya dihaluskan dan dilarutkan dengan 100 mL air bebas mineral, larutan disaring dengan kertas saring, filtrat yang diperoleh kemudian dititrasi dengan larutan baku AgNO_3 , untuk sampel yang dilakukan dengan perendaman pada air dingin memiliki proses yang sama dengan perlakuan sampel yang sebelumnya. Metode yang terakhir yaitu mencuci beras dibawah air mengalir secara langsung, sampel sebanyak 20 gram dicuci dibawah air mengalir dengan volume 350 mL dan menggunakan aliran rendah hingga dapat dipastikan bahwa sampel beras sudah bersih dari klorin, selanjutnya sampel beras dihaluskan dan dilarutkan dengan 100 mL air bebas mineral, larutan disaring dan diambil filtrat untuk selanjutnya dititrasi dengan larutan AgNO_3 . Penentuan penurunan kadar klorin dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{Penurunan kadar Cl} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Dimana

A = Rata-rata kadar klorin sebelum dilakukan pencucian (%)

B = Rata-rata kadar klorin setelah dilakukan perlakuan (%)

Perbandingan dengan Uji T

Uji t berpasangan (*paired t-test*) adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan adalah berpasangan. Ciri-ciri yang banyak ditemui pada kasus uji berpasangan adalah satu objek penelitian dikenai dua buah perlakuan yang berbeda. Walaupun menggunakan individu yang sama, peneliti tetap memperoleh dua macam data pada satu sampel, yaitu data dari perlakuan pertama dan data dari perlakuan kedua. Hipotesis nol (H_0) dari kasus ini adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sebelum dan setelah perlakuan (Santoso, 2000). Nilai t hitung dapat dicari dengan rumus:

$$t = X \sqrt{\frac{n}{Sd}}$$

Dimana

X = Rata-rata beda dua sampel berpasangan

n = Jumlah sampel

Sd = Standar deviasi dari beda dua sampel berpasangan

Hasil hipotesis dari uji t berpasangan (*Paired t test*) dapat disimpulkan dengan:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$$

HASIL

Tabel 1. Data Hasil Standarisasi

Volume NaCl (mL)	Volume AgNO ₃ (mL)	Perubahan Warna	Konsentrasi AgNO ₃
25	26,55	Kuning-merah kecokelatan	0,0143 N
25	25,79	Kuning-merah kecokelatan	
25	25,93	Kuning-merah kecokelatan	
Rata-rata 6,09			

Tabel 2. Data Uji Kualitatif Sampel Beras

Sampel Beras	Hasil Uji	Keterangan
A	Terdapat Endapan Putih	Positif
B	Terdapat Endapan Putih	Positif

Tabel 3. Data Uji Kuantitatif dan Penurunan Kadar Klorin

Sampel	Tanpa Perlakuan	Variasi Suhu				Variasi Aliran Air	
		Kadar (%)	60°C Kadar (%)	Penurunan (%)	25°C Kadar (%)	Penurunan (%)	Kadar (%)
A	4,89	5,31	3,13%	5,52	-	3,50	22,54%
	5,00	4,36		4,68			
	5,02	4,98		5,20			
	4,82	4,34		4,58			
	4,23	4,23		5,48			
	Rata-rata	4,79		4,64		Rata-rata	
B	7,01	9,09	6,01%	8,73	-	6,77	23,49%
	8,85	7,95		8,74			
	8,92	8,17		9,53			
	9,84	7,52		8,12			
	8,60	7,91		8,04			
	Rata-rata	8,64		8,12		Rata-rata	

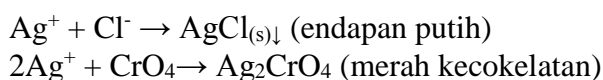
Tabel 4. Uji t Perbandingan Sampel Sebelum Dicuci dan Setelah Dicuci Dengan Air Mengalir

Sampel	Keterangan	N	Mean	Std.Deviation	t hitung	t tabel	Df	Sig.
Beras A	Sebelum dicuci - Setelah dicuci dengan air mengalir	10	0,72700	0,72852	3,156	2,26	9	0,012
Beras B	Sebelum dicuci - Setelah dicuci dengan air mengalir	10	1,63900	0,96688	5,361	2,26	9	0,000

PEMBAHASAN

Titration argentometri merupakan titration pengendapan yang melibatkan pembentukan endapan dari garam yang tidak mudah larut antara titran dan analit. Hasil yang diperlukan dari titration jenis argentometri adalah pencapaian keseimbangan pembentukan yang cepat setiap kali titran ditambahkan pada analit, tidak adanya interferensi yang mengganggu titration dan titik akhir titration mudah diamati (Day & Underwood, 2002).

Prinsip Argentometri Mohr adalah reaksi pengendapan dimana senyawa klorida dalam NaCl berada pada suasana netral dengan tambahan larutan baku sekunder perak nitrat (AgNO₃) dan penambahan larutan indikator kalium kromat (K₂CrO₄) pada permulaan titration akan terjadi endapan perak klorida setelah titik ekuivalen, maka dengan penambahan sedikit perak nitrat akan bereaksi dengan kromat dan membentuk endapan perak kromat yang berwarna merah kecokelatan. Penambahan Indikator kalium kromat (K₂CrO₄) bertujuan untuk mengetahui warna dari titik akhir titration (Sudjadi, 2007). Berikut reaksi yang terjadi pada analisis titration argentometri metode mohr.



Larutan baku AgNO_3 harus terlebih dahulu distandarisasi menggunakan larutan NaCl karena AgNO_3 termasuk larutan standar sekunder, tujuan standarisasi untuk mengetahui konsentrasi sebenarnya pada AgNO_3 . Standarisasi larutan standar menggunakan larutan baku primer yaitu larutan yang mengandung zat padat murni yang konsentrasinya diketahui secara pasti melalui metode gravimetri (massa). Larutan baku primer yang digunakan sebagai analit adalah Natrium Klorida (NaCl). Hasil standarisasi diperoleh normalitas atau konsentrasi AgNO_3 sebesar 0,0143 N dengan volume rata-rata titrasi sebesar 26,09 mL dan volume titrasi blanko sebesar 1,59 mL.

Identifikasi klorin dalam beras putih menggunakan uji kualitatif untuk mengetahui ada tidaknya kandungan klorin dalamnya pada sampel yang diperoleh dari pasar besar di daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian dilakukan dengan mengambil filtrat dari beras sebanyak 1 mL yang kemudian ditambahkan 1 mL AgNO_3 , apabila terdapat endapan putih menggumpal maka sampel positif mengandung klorin. Hasil dari analisis kualitatif klorin menunjukkan bahwa kedua sampel beras positif mengandung klorin karena terdapat endapan putih pada larutan.

Analisis kuantitatif ditentukan dengan menghaluskan sampel sebanyak 20 gram dan dilarutkan dengan 100 mL air bebas mineral, yang selanjutnya disaring dan diambil filtrat, sebanyak 100 mL, selanjutnya ditambah 1 mL indikator kalium kromat dan dititrasi dengan larutan AgNO_3 hingga terjadi perubahan warna dari kuning menjadi merah kecokelatan. Hasil analisis kadar klorin dalam sampel beras A dan B tanpa dicuci diperoleh sebesar 4,79% dan 8,64%. Kadar yang diperoleh sangat tinggi, maka dengan demikian peneliti melakukan perbandingan variasi metode pencucian untuk mengurangi kadar yang diperoleh. Pencucian dilakukan dengan variasi suhu dan variasi aliran air, untuk variasi suhu sampel beras direndam pada air hangat suhu 60°C dan direndam pada air dingin suhu 25°C , sedangkan variasi aliran air adalah dengan mencuci beras dibawah air mengalir dengan volume 250 mL. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar klorin dapat berkurang secara signifikan pada pencucian dibawah air mengalir. Penurunan kadar klorin mencapai 22,54% untuk sampel A dan 23,49% untuk sampel B.

Hasil penurunan kadar klorin ini diperkuat dengan perbandingan uji yaitu dengan uji t, hasil dari uji t untuk kedua sampel beras A dan B menunjukkan bahwa nilai t hitung $>$ t tabel dan nilai signifikansi $<$ 0,05 yaitu sebesar 0,012 maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis ditolak yang berarti terdapat perbedaan penurunan kadar klorin secara signifikan antara sampel yang tidak dilakukan pencucian dengan sampel setelah dilakukan pencucian dengan air mengalir.

Proses pencucian dengan merendam beras dalam air hangat selama 15 menit pada suhu 60°C menunjukkan hasil penurunan kadar klorin yang tertinggi dibandingkan dengan merendam beras pada air dingin dengan suhu 25°C . Penurunan kadar ini dikarenakan semakin tinggi suhu air maka akan semakin cepat proses pelarutan suatu zat padat, sehingga endapan yang diperoleh semakin sedikit atau bahkan tidak ada yang tersisa dan sebaliknya jika semakin rendah suhu air maka akan semakin lambat proses pelarutan suatu zat padat sehingga masih banyak endapan yang tersisa. Sedangkan pada variasi aliran air mampu mengurangi kadar

klorin lebih banyak dikarenakan klorin yang terkandung di dalam beras akan meluruh atau hilang bersamaan dengan proses pencucian (Afrianita, dkk., 2016).

Dampak mengkonsumsi beras yang mengandung klorin akan muncul dalam jangka waktu 15 - 20 tahun. Klorin dapat menimbulkan kerusakan pada usus, akibat dari kerusakan pada usus menyebabkan penyerapan nutrisi-nutrisi yang masuk ke dalam tubuh menjadi terhambat (Dinkes Kabupaten Sragen, 2008). Selain itu menurut (Samiha, dkk., 2016). Pengkonsumsian beras yang mengandung klorin dalam jangka panjang dapat mengakibatkan penyakit kanker hati dan ginjal.

SIMPULAN DAN SARAN

Kedua sampel beras yang dianalisis positif mengandung klorin karena terdapat endapan putih pada larutan. Rata-rata kadar klorin yang diperoleh dari beras A pada setiap perlakuan yaitu dengan tidak dicuci, direndam dengan air hangat, direndam dengan air dingin dan dicuci dengan air mengalir secara berturut-turut sebesar 4,79%; 4,64%; 5,30% dan 3,71%. Sedangkan untuk beras B secara berturut-turut sebesar 8,64%; 8,12%; 8,63% dan 6,61%. Penurunan kadar klorin dapat terlihat pada variasi pencucian beras dibawah air mengalir dengan penurunan sebesar 22 - 23,5% dari kadar sebelumnya dan hasil dari uji t menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan antara sampel yang tidak dicuci dengan sampel yang dicuci dibawah air mengalir.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan klorin dalam beras putih, serta perlu dilakukannya penyuluhan kepada masyarakat tentang bagaimana proses mengurangi kadar klorin dalam beras dengan metode pencucian yang benar.

DAFTAR RUJUKAN

- Afrianita, R., Komala, P. S., & Andriani, Y. 2016. *Kajian Kadar Sisa Klor Di Jaringan Distribusi Penyediaan Air Minum Rayon 8 Pdam Kota Padang*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II. Universitas Andalas, Padang, 11 Agustus.
- Agung, T. E. 2009. *Analisis Kadar Klorida pada Air dan Air Limbah dengan Metode Argentometri*. Medan: Universitas Sumatra Utara
- Day, R. A. & A. L. Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Peraturan Menteri Kesehatan tentang kumpulan Peraturan Perundang-Undangan di Bidang Makanan*. 1992. Jakarta: Depkes RI.
- Dinkes Kabupaten Sragen. 2008. *Sosialisasi Larangan Penggunaan Bahan (Chlorine) Dalam Beras*. Sragen: Dinkes.
- Endang. 2007. *Kategori Bahan Tambahan Makanan*. Bandung : ITB Press.
- Hasan, A. 2006. Dampak Penggunaan Klorin. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). *Teknologi Lingkungan*, 7 (1): 90-96.

- Irmayani, A., Lubis, Z., & Ardiani, F. 2013. Kebiasaan Pencucian Raskin dan Residu Zat Pemutih (Klorin) di Kelurahan Sukarame Timur Kecamatan Medan Perjuangan Kota Medan Tahun 2013. *Kesehatan Masyarakat*, 4 (3): 22-26.
- Samiha, Y. T., Syarifah, & Elmiana, D.A. 2016. Analisis Klorin Pada Beras Di Pasar Induk Jakabaring Dan Sumbangsihnya Terhadap Mata Pelajaran Biologi Pada Materi Makanan Bergizi Dan Menu Seimbang Di Kelas XI Sma/Ma. *Jurnal Biota*, 2 (1):56-58.
- Santoso, S. 2000. *Buku Latihan SPSS*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Sinuhaji, D. N. 2009. *Perbedaan Kandungan Klorin (Cl₂) Pada Beras Sebelum dan Sesudah Dimasak*. Sumatera Utara: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Sudjadi. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Wongkar, I.Y., Abidjulu, J., & Wehantouw, F. 2014. Analisa Klorin Pada Beras Yang Beredar Di Pasar Kota Manado. *Pharmacon*, 3 (3): 342-346.

Mochammad Amrun Hidayat, dkk._Kimia Analitik

Pengembangan Sensor Optik Berbasis Kertas untuk Penetapan Kadar Kuersetin dalam Obat Herbal Daun Jambu Biji

Mochammad Amrun Hidayat¹, Mochammad Yuwono²,
Bambang Kuswandi³

^{1,3}Fakultas Farmasi Universitas Jember, Jl. Kalimantan I/2 Jember

²Fakultas Farmasi Universitas Airlangga, Jl. Dharmawangsa Dalam 4-6
Surabaya 60286

e-mail: amrun.farmasi@unej.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor optik untuk penetapan kadar kuersetin dalam obat herbal daun jambu biji. Sensor dibuat dengan mengimobilisasi *N*-bromosukinimida (NBS) ke atas kertas saring tersablon. Sensor menunjukkan respon positif terhadap kuersetin dengan menghasilkan produk berwarna merah keunguan yang bisa dideteksi dan dikuantifikasi menggunakan program ImageJ. Parameter analisis seperti waktu respon, linieritas, batas deteksi, reproduktibilitas dan selektivitas telah ditetapkan untuk kuersetin. Kadar kuersetin dalam obat herbal daun jambu biji dapat ditentukan menggunakan sensor dan hasilnya berkesesuaian dengan metode spektrofotometri.

Kata kunci: sensor optik, NBS, kuersetin, obat herbal daun jambu biji.

Abstract: This work was aimed to develop optical sensor for the determination of quercetin content in guava leaf herbal medicine. The sensor was developed by immobilizing *N*-bromosuccinimide (NBS) onto screen-printed filter paper. The sensor showed a sensitive response to quercetin by forming red purplish color adducts which can be scanned and quantified by ImageJ program. The analytical parameters such as response time, linearity, detection limit, reproducibility, and selectivity were done for quercetin. The quercetin level of guava leaf herbal medicine was determined by the sensor, and the results were in agreement with the spectrophotometric method.

Keywords: optical sensor, NBS, quercetin, guava leaf herbal medicine.

Ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) telah banyak dikembangkan menjadi sediaan fitofarmasi dengan registrasi obat herbal terstandar untuk pengobatan diare dan peningkatan jumlah trombosit pada pasien demam berdarah dengue (DBD) (BPOM, 2012). Kandungan senyawa aktif utama ekstrak daun jambu biji yang bertanggung jawab terhadap aktivitas biologi tersebut adalah golongan polifenol (asam fenolat, flavonoid dan tanin). Menurut Farmakope Herbal Indonesia (FHI), kuersetin (golongan flavonoid) adalah senyawa identitas (marker) simplisia dari ekstrak daun jambu biji (Depkes, 2008). Oleh karenanya, standarisasi kandungan kuersetin dalam ekstrak daun jambu biji menjadi penting untuk dilakukan.

Berbagai metode kromatografi telah dikembangkan untuk penetapan kadar kuersetin ekstrak daun jambu biji, seperti kromatografi lapis tipis (KLT)-Densitometri (Depkes, 2008), kromatografi lapis tipis kinerja tinggi (KLTKT)-Densitometri (Bindu, dkk., 2010; Sohafy, dkk., 2009), kromatografi cair kinerja tinggi spektrometri masa (KCKT-SM) (Díaz-de-Cerio, dkk., 2016, 2015; Furlan, 2010; Lee, dkk., 2015; Mathur, dkk., 2015), kromatografi cair kinerja tinggi tandem spektrometri masa (KCKT-SM/SM) (Chang, dkk., 2013) dan kromatografi gas (KG) (Huang & Zhang, 2004). Meski demikian, metode kromatografi tersebut tidak efisien karena memerlukan proses preparasi sampel, waktu analisis lama dan membutuhkan instrumen kimia yang relatif mahal (Arciuli, dkk., 2013). Oleh karenanya dibutuhkan alternatif metode penetapan kadar kuersetin yang cepat, akurat, mudah dan murah.

Akhir-akhir ini, sensor kimia telah banyak dikembangkan sebagai alternatif metode kromatografi. Sensor kimia adalah sebuah alat yang dapat merespon partikel analit dengan cara tertentu melalui sebuah reaksi kimia yang dapat digunakan untuk menentukan suatu analit secara kualitatif atau kuantitatif (Eggins, 2002). Pada sensor kimia terjadi reaksi kimia antara probe sebagai elemen rekognisi (pengenal) dengan analit yang menghasilkan produk atau sinyal yang dapat diukur oleh suatu transduser (detektor). Sensor kimia ini kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis sinyal transduksi yang dikenali oleh transduser, misalnya sensor optik, elektrokimia, panas dan massa (Askim, dkk., 2013).

Askal dkk. (1992) mengembangkan metode analisis kuersetin pada campuran flavonoid (kuersetin, kaempferol, rutin, luteolin, apigenin, isorhamnetin dan morin) secara spektrofotometri. Pada metode ini, reagen N-bromo-sukinimida (NBS) bereaksi secara selektif dengan kuersetin membentuk kompleks warna ungu dengan absorban maksimal pada 510 nm. Di sisi lain, daun jambu biji juga mengandung kuersetin, kaempferol, rutin dan luteolin (Gutiérrez, dkk., 2008; Vargas-Alvarez, dkk., 2006). Oleh karenanya, metode spektrofotometri ini dapat diaplikasikan untuk penetapan kadar kuersetin ekstrak daun jambu biji.

Sejauh ini, sensor kimia optik berbasis imobilisasi NBS belum pernah dikembangkan untuk penetapan kadar kuersetin dalam daun jambu biji. NBS dapat diimobilisasikan pada membran silikat, polimer atau kertas (selulosa) untuk mengkonstruksi sensor optik. Perubahan warna pada sensor optik dari tak berwarna menjadi ungu menunjukkan adanya kuersetin dalam sampel. Intensitas warna ungu ini sebanding dengan kadar kuersetin sampel dan dapat dikuantifikasi menggunakan spektrofotometer optik, kolorimeter atau program pengukur piksel warna. Saat ini teknik skanometrik telah digunakan untuk analisis senyawa kimia pada sensor optik (Hidayat, dkk., 2017). Oleh karena itu, sensor kimia optik dan teknik skanometrik ini berpotensi sebagai alternatif metode kromatografi untuk penetapan kadar kuersetin obat herbal daun jambu biji.

METODE

Bahan-bahan

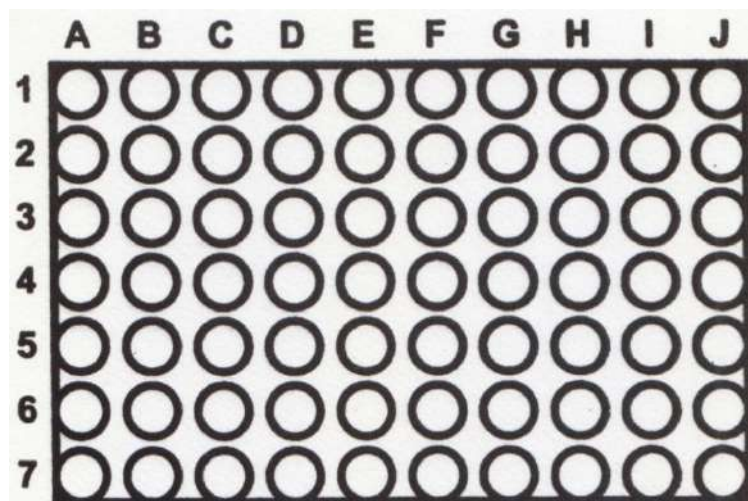
N-bromo-sukinimida (NBS), kuersetin (*quercetin*) diperoleh dari Sigma-Aldrich (AS). Kertas saring (Whatman *filter paper* No.1, CAT No.1095.093) diperoleh dari Merck (Inggris). Methanol dan etanol untuk ekstraksi dan pelarut derajat pro analisis, diperoleh dari Merck. Fenol untuk penstabil warna merah ungu kompleks NBS-kuersetin diperoleh dari Merck (Inggris).

Alat-alat

Pemayar dokumen (*document scanner*) Canon LiDE 110 (Jepang) digunakan untuk mengambil gambar perubahan warna pada sensor. Pengukuran intensitas warna menggunakan program ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>) for Windows. Untuk analisis spektrofotometri digunakan Biotek ELx800 microplate reader dengan program Gen5.

Fabrikasi Sensor

Fabrikasi diawali dengan pemilihan matriks pendukung sensor yang akan dibuat, dalam hal ini digunakan kertas Whatman No.1. Tahap selanjutnya, dilakukan imobilisasi reagen pada matriks pendukung secara adsorpsi. Pada tahap ini larutan NBS diadsorpsikan pada area deteksi sensor dan dikeringkan pada suhu kamar dengan diangin-anginkan untuk membentuk sensor optik seperti pada Gambar 1. Desain sensor berupa lingkaran-lingkaran dengan diameter internal ± 7 mm seperti Gambar 1. Area deteksi/penginderaan (*sensing area*) dibatasi dengan lingkaran hitam dengan lebar pembatas ± 1 mm yang terbuat dari pasta karet menggunakan teknik sablon di kedua sisi kertas saring sehingga mampu membatasi cairan yang diserap pada area deteksi. Pada sisi terluar sebelah kiri terdapat angka-angka yang tersusun secara vertikal, sedangkan pada sisi atas terdapat huruf-huruf kapital yang tersusun secara horizontal. Susunan huruf dan angka ini menunjukkan koordinat masing-masing area deteksi sehingga memudahkan pengamatan dan pencatatan hasil. Selanjutnya sensor optik disimpan dalam wadah tertutup dan terlindung dari cahaya pada suhu $\pm 5^{\circ}\text{C}$.



Gambar 1. Desain Sensor Kimia Optik Kuersetin.

Karakterisasi Analisis

Karakterisasi analisis (validasi metode) terhadap larutan standar kuersetin (1-10 mM) meliputi waktu respon, linieritas, batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ), presisi dan selektifitas dilakukan terhadap sensor kimia optik. Pada tahap ini dihasilkan sensor kimia optik yang tervalidasi untuk kuersetin.

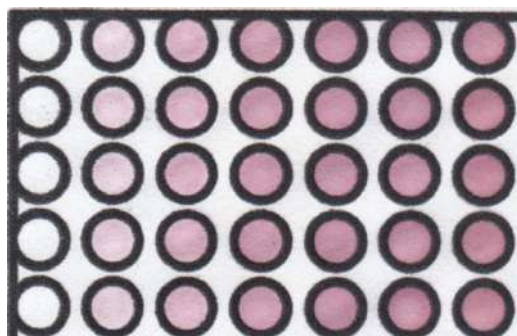
Prosedur Pengukuran Intensitas Warna

Respon sensor diamati dengan meneteskan larutan kuersetin 4 mM pada area deteksi sensor optik. Perubahan warna pada sensor optik (dari tak berwarna menjadi merah keunguan) menunjukkan adanya kompleks NBS-kuersetin sebagai hasil reaksi brominasi kuersetin (Foti & Rocco, 2014). Intensitas warna merah keunguan ini sebanding dengan kadar kuersetin. Sensor optik ini kemudian difoto dengan menggunakan pemindai dokumen (*flatbed scanner*). Piksel warna sensor dikuantifikasi dengan menggunakan program ImageJ for Windows® untuk mendapatkan data kuantitatif berupa intensitas warna merah (mean R), hijau (mean G), biru (mean B) dan merah-hijau-biru (mean RGB). Pembacaan piksel analit menggunakan nilai intensitas warna terkoreksi (Δ mean R/G/B/RGB) yang diperoleh dengan mengurangkan nilai intensitas warna analit dengan blanko.

Analisis Statistik

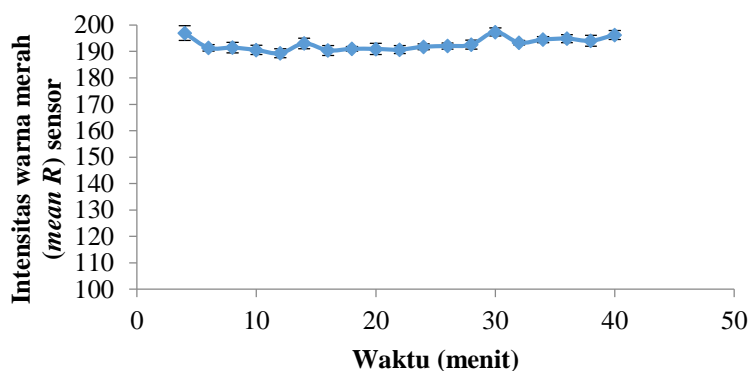
Kadar kuersetin sampel dinyatakan sebagai miligram ekivalen kuersetin per gram sampel (mg QE/g sampel). Hasil perhitungan selanjutnya dibandingkan secara statistik menggunakan uji t bebas (*independent t test*) dengan hasil yang diperoleh dengan metode spektrofotometri.

HASIL

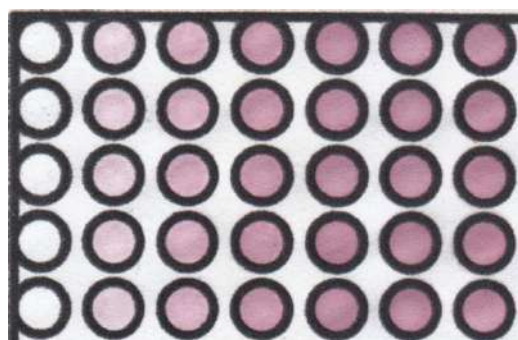


Keterangan :
 Kolom 1 : blangko
 Kolom 2 : kuersetin 1 mM
 Kolom 3 : kuersetin 2 mM
 Kolom 4 : kuersetin 4 mM
 Kolom 5 : kuersetin 6 mM
 Kolom 6 : kuersetin 8 mM
 Kolom 7 : kuersetin 10 mM

Gambar 2. Perubahan Warna Sensor dengan Konsentrasi NBS 36 mM Setelah Penambahan Larutan Kuersetin (1-10 mM) pada Menit ke-4.



Gambar 3. Grafik Intensitas Warna Merah Sensor terhadap Waktu (n = 5).



Keterangan :
 Kolom 1 : blangko
 Kolom 2 : kuersetin 1 mM
 Kolom 3 : kuersetin 2 mM
 Kolom 4 : kuersetin 4 mM
 Kolom 5 : kuersetin 6 mM
 Kolom 6 : kuersetin 8 mM
 Kolom 7 : kuersetin 10 mM

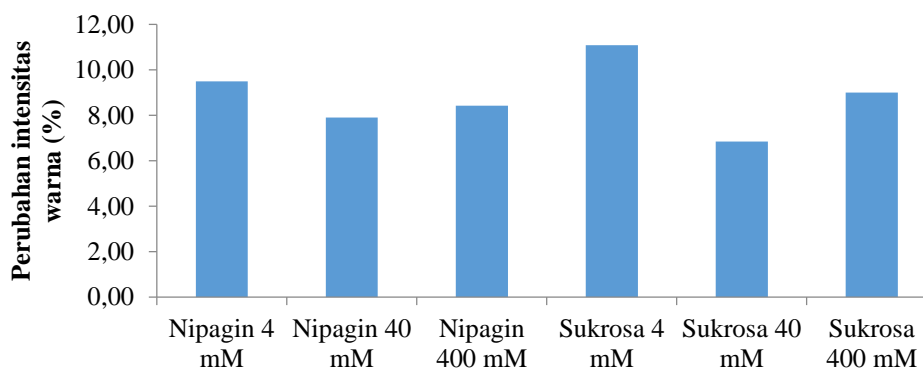
Gambar 4. Perubahan Warna Sensor dengan Konsentrasi NBS 36 mM Setelah Penambahan Larutan Kuersetin (1-10 mM) pada Menit ke-7.

Tabel 1. Profil Kurva Baku Kuersetin (1-8 mM) pada Berbagai Intensitas Warna (n = 5).

Intensitas warna rata-rata	Persamaan kurva baku	Koef. korelasi
Merah (Δ mean R)	$y = 43,563x + 9,8857$	0,9951
Hijau (Δ mean G)	$y = 71,679x + 34,524$	0,9903
Biru (Δ mean B)	$y = 61,982x + 25,673$	0,9928
Merah-hijau-biru (Δ mean RGB)	$y = 59,605x + 23,307$	0,9943

Tabel 2. Hasil Pengukuran Intensitas Warna Merah Kuersetin Kadar 1 dan 8 mM Menggunakan Sensor Optik pada Menit ke-8.

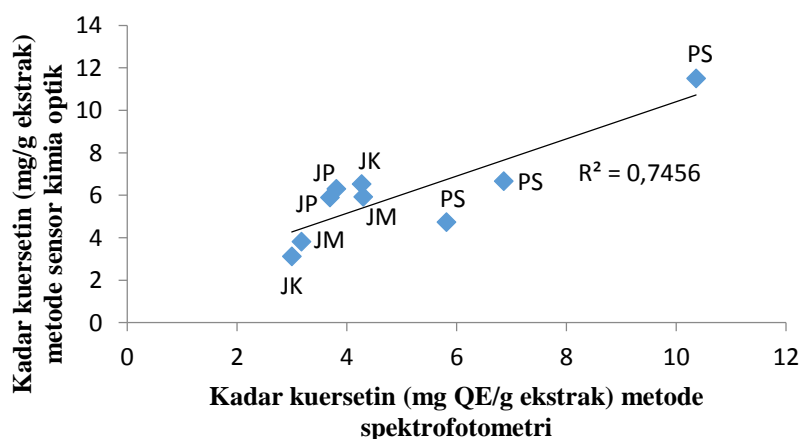
Pengukuran ke-	Kuersetin 1 mM	Kuersetin 8 mM
1	215.872	178.532
2	212.951	176.806
3	214.433	177.26
4	217.39	178.599
5	217.808	178.428
Rerata	215.691	177.925
Simpangan baku	2.030	0.832
Koefisien variasi	0.941	0.468



Gambar 5. Perubahan Intensitas Warna Sensor Optik pada Deteksi Kuersetin 4 mM yang Ditambah dengan Berbagai Interferen (n= 3).

Tabel 3. Perbandingan Hasil Penetapan Kadar Kuersetin (mg QE/g ekstrak) Sampel Ekstrak Daun Jambu Biji dan Obat Herbal Menggunakan Sensor Optik dan Spektrofotometer (n = 3).

Sampel	Sensor optik	Spektrofotometer
Jambu biji klutuk	3,629 ± 0,212	4,834 ± 2,407
Jambu biji daging merah	3,832 ± 0,723	4,874 ± 1,491
Jambu biji daging putih	4,230 ± 1,029	6,102 ± 0,285
Kapsul Psidii®	7,675 ± 2,382	7,638 ± 3,483



Gambar 6. Profil Korelasi Kadar Kuersetin Sampel Ekstrak dan Obat Herbal Daun Jambu Biji Menggunakan Metode Spektrofotometri dengan Sensor Kimia Optik.

PEMBAHASAN

Optimasi Volume Reagen

Pada tahap ini, ditentukan volume optimum reagen yang diimobilisasikan pada area deteksi. Larutan reagen dipipet sebanyak 3, 4, 6, 8 dan 10 μl diteteskan ke atas permukaan area deteksi sensor. Larutan reagen harus terserap sebanyak mungkin dalam area deteksi tanpa meluber melebihi pembatas. Hasil penelitian menunjukkan volume terbesar reagen yang masih bisa ditampung oleh area deteksi sensor sebesar 3 μl . Volume ini diaplikasikan untuk imobilisasi reagen serta aplikasi larutan standar kuersetin atau larutan sampel.

Optimasi Konsentrasi Reagen

Untuk optimasi konsentrasi reagen, digunakan larutan standar kuersetin dengan konsentrasi 1, 2, 4, 6, 8 dan 10 mM bersama dengan larutan fenol 1% dalam metanol. Konsentrasi reagen NBS yang digunakan pada mulanya adalah 0,1% seperti pada penelitian Askal dkk. (1992). Namun demikian, konsentrasi ini gagal memberikan perubahan warna merah keunguan pada area deteksi sensor. Dari hasil optimasi, didapatkan konsentrasi NBS sebesar 0,64% (ekivalen dengan 36 mM) yang memberikan gradasi perubahan warna sensor yang proporsional dengan perubahan konsentrasi larutan standar kuersetin seperti yang terlihat pada Gambar 2. Untuk menstabilkan warna merah ungu ini digunakan larutan fenol 1% dalam metanol (Askal, dkk., 1992). Pada penelitian ini, larutan fenol ini ditambahkan ke dalam larutan kuersetin sebelum diaplikasikan pada sensor.

Waktu Respon

Penentuan waktu respon dilakukan dengan mengamati profil intensitas warna sensor pada penambahan larutan kuersetin (4 mM) selama rentang 0 - 40 menit dengan interval 2 menit setiap pengukuran intensitas warna merah (Δ mean R). Pada Gambar 3, terlihat intensitas warna merah sensor mulai konstan pada menit ke-5, oleh karena itu waktu respon sensor adalah 5 menit. Waktu respon ini digunakan dalam pengamatan intensitas warna sensor selanjutnya.

Linieritas

Penentuan linieritas kuersetin dilakukan dengan memplot logaritma kadar kuersetin (1 - 10 mM) versus intensitas masing-masing warna merah, hijau, biru dan merah-hijau-biru sensor pada menit ke-7 (Gambar 4). Konsentrasi reagen NBS yang digunakan untuk linieritas adalah 36 mM karena memberikan gradasi warna merah ungu seperti yang terlihat pada Gambar 4. Hasil penelitian menunjukkan linieritas kuersetin terletak pada rentang 1 - 8 mM. Profil linieritas kuersetin di berbagai intensitas warna dengan persamaan kurva baku $y = bx + c$, dan koefisien korelasi (r) dapat dilihat pada tabel 1. Pada tabel terlihat bahwa profil kurva baku pada pengukuran intensitas warna merah sensor optik memberikan nilai r tertinggi. Oleh karena itu pengukuran respon sensor terhadap analit selanjutnya menggunakan intensitas warna merah (Δ mean R).

Batas Deteksi (LOD) dan Kuantitasi (LOQ)

Penentuan batas deteksi (LOD) dan kuantitasi (LOQ) dilakukan dengan menentukan konsentrasi terkecil dari analit yang masih dapat dideteksi dan dikuantitasi atau yang masih dapat memberikan perubahan warna yang signifikan dengan blanko menggunakan kurva baku kuersetin (1 - 8 mM) pada menit ke-8. Nilai batas deteksi atau kuantitasi dinyatakan dalam Q yang dihitung dengan menggunakan persamaan $Q = (k \cdot S_b) / S_1$; dengan $k = 3$ untuk batas deteksi atau 10 untuk batas kuantitasi, S_b = simpangan baku respon analitik dari blanko, dan S_1 = kepekaan arah garis linear dari kurva antara respon terhadap konsentrasi (b) pada persamaan kurva baku $y = bx + c$. Hasil perhitungan menunjukkan batas deteksi sensor kuersetin = 1,274 mM, sedangkan batas kuantitasi kuersetin = 2,240 mM.

Reprodusibilitas

Pengujian reprodusibilitas sensor optik dilakukan dengan mengukur intensitas warna merah (Δ mean R) sensor setelah penambahan larutan kuersetin 1 dan 8 mM sebanyak lima kali pada menit ke-8. Hasil pengukuran intensitas warna sensor dapat dilihat pada Tabel 2. Pada tabel terlihat bahwa koefisien variasi (RSD) pengukuran kurang dari 2%, sehingga metode analisis yang dikembangkan memiliki keterulangan analisis yang baik (Yuwono & Indrayanto, 2005).

Selektifitas

Penentuan selektifitas dilakukan dengan mengukur intensitas warna sensor setelah penambahan larutan kuersetin dan pengganggu (interferen) nipagin dan sukrosa pada volume yang sama. Nipagin umum digunakan sebagai pada sediaan tablet atau kapsul, sedangkan sukrosa umum digunakan sebagai pemanis pada sediaan sirup obat atau obat herbal. Kadar kuersetin yang digunakan 4 mM. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 5. Penambahan nipagin dengan kadar 4, 40 dan 400 mM pada kuersetin dengan kadar 4 mM memberikan interferensi warna sebesar 9,5; 7,9 dan 8,4%. Pada penambahan sukrosa dengan kadar 4, 40 dan 400 mM pada kuersetin dengan kadar 4 mM memberikan interferensi sebesar 11,1; 6,8 dan 8,99%. Secara garis besar, penambahan interferen hingga 100x kadar analit memberikan respon sensor kurang dari 12%. Selektifitas sensor terhadap analit dikatakan baik jika sensor memberikan perubahan sinyal kurang dari 15% terhadap penambahan interferen (Kuswandi, 2010), oleh karenanya sensor yang dikembangkan selektif terhadap kuersetin.

Penetapan kadar kuersetin

Penetapan kadar kuersetin sampel ekstrak dan obat herbal daun jambu biji menggunakan metode adisi standar. Larutan uji (0,5% dalam etanol) ekstrak daun jambu klutuk, jambu biji daging merah dan jambu biji daging putih dengan volume masing-masing sebesar 30 μ l ditambah dengan 30 μ l larutan kuersetin 4 mM. Larutan uji dari kapsul Psidii® (0,5% dalam etanol) ditambah dengan 30 μ l larutan

kuersetin 4 mM dan 30 μ l larutan fenol 1%. Selanjutnya, masing-masing campuran ini dipipet sebanyak 3 μ l dan diaplikasikan pada sensor optik.

Hasil penetapan kadar kuersetin sampel ekstrak dan obat herbal daun jambu biji dapat dilihat pada Tabel 3. Kadar kuersetin ekstrak daun jambu biji daging putih > merah > klutuk teramati pada metode spektrofotometri dan sensor kimia. Kadar kuersetin ekstrak daun jambu biji dari kapsul Psidii hasil metode spektrofotometri dan sensor kimia menunjukkan nilai yang relatif sama. Hasil penetapan kadar kuersetin menggunakan sensor ini kemudian dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari metode spektrofotometri modifikasi metode Askal dkk. (1992). Seperti yang terlihat pada Gambar 6, hasil analisis kadar kuersetin metode sensor berkorelasi dengan metode spektrofotometri. Oleh karena itu, metode yang telah dikembangkan ini dapat digunakan sebagai alternatif metode penetapan kadar kuersetin dalam sampel ekstrak dan obat herbal daun jambu biji.

SIMPULAN DAN SARAN

Sensor optik untuk penetapan kadar kuersetin telah dikembangkan dengan mengimobilisasi NBS pada kertas saring. Sensor kuersetin tersebut memiliki rentang linieritas 1 - 8 mM dengan batas deteksi 1,274 mM. Reprodusibilitas analisis kuersetin menggunakan sensor baik (RSD < 2%). Sensor memiliki selektifitas yang baik terhadap kuersetin pada penambahan interferen hingga 400 x kadar kuersetin. Hasil analisis kuersetin pada sampel ekstrak dan obat herbal daun jambu biji menggunakan sensor berkorelasi dengan metode spektrofotometri, sehingga metode yang dikembangkan dapat digunakan sebagai metode alternatif penetapan kadar kuersetin dalam sampel obat herbal. Selanjutnya, sensor optik ini dapat dikembangkan lebih lanjut dalam sistem analisis suntik alir yang memungkinkan analisis sampel secara kontinyu.

DAFTAR RUJUKAN

- Arciuli, M., Palazzo, G., Gallone, A., & Mallardi, A. 2013. Bioactive Paper Platform For Colorimetric Phenols Detection. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 186: 557–562.
- Askal, H.F., Saleh, G.A., & Backheet, E.Y. 1992. A Selective Spectrophotometric Method For Determination Of Quercetin in The Presence Of Other Flavonoids. *Talanta*, 39: 259–263.
- Askim, J.R., Mahmoudi, M., & Suslick, K.S. 2013. Optical Sensor Arrays For Chemical Sensing: The Optoelectronic Nose. *Chemical Society Reviews*, 42: 8649.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2012. Daftar registrasi produk. Jakarta: Depkes.
- Bindu, A., Remya, K., Aleykutty, N., & Sajan, J. 2010. High Performance Thin Layer Chromatographic Method For Quantitative Determination of Quercetin in Tender Leaves of Psidium Guajava. *Pharmacognosy*

Journal, 2: 21–23.

- Chang, C.H., Hsieh, C.L., Wang, H.E., Peng, C.C., Chyau, C.C., & Peng, R.Y. 2013. Unique Bioactive Polyphenolic Profile of Guava (*Psidium guajava*) Budding Leaf Tea is Related to Plant Biochemistry of Budding Leaves in Early Dawn. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 944–954.
- Departemen Kesehatan. 2008. *Farmakope Herbal Indonesia*, 1st ed. Jakarta: Depkes RI.
- Díaz-de-Cerio, E., Gómez-Caravaca, A.M., Verardo, V., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. 2016. Determination of Guava (*Psidium guajava* L.) Leaf Phenolic Compounds Using HPLC-DAD-QTOF-MS. *Journal of Functional Foods*, 22: 376–388.
- Díaz-de-Cerio, E., Verardo, V., Gómez-Caravaca, A.M., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. 2015. Determination of Polar Compounds in Guava Leaves Infusions and Ultrasound Aqueous Extract by HPLC-ESI-MS. *Journal of Chemistry*, 2015: 1–9.
- Eggins, B.R. 2002. *Chemical Sensors and Biosensors, Analytical Techniques in the Sciences*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Foti, M.C. & Rocco, C. 2014. Unveiling The Chemistry Behind Bromination Of Quercetin: The “Violet Chromogen.” *Tetrahedron Letters*, 55: 1602–1607.
- Furlan, C.M. 2010. Guava Flavonoids and The Effects of Industrial Air Pollutants. *Atmospheric Pollution Research*, 1: 30–35.
- Gutiérrez, R.M.P., Mitchell, S., & Solis, R.V. 2008. *Psidium guajava*: A Review of Its Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 117: 1–27.
- Hidayat, M.A., Fitri, A., & Kuswandi, B. 2017. Scanometry as Microplate Reader For High Throughput Method Based on DPPH Dry Reagent For Antioxidant Assay. *Acta Pharmaceutica Sinica B*.
- Hidayat, M.A., Puspitaningtyas, N., Gani, A.A., & Kuswandi, B. 2017. Rapid Test For The Determination of Total Phenolic Content in Brewed-Filtered Coffee Using Colorimetric Paper. *Journal of Food Science and Technology*, 54: 3384–3390.
- Huang, J. & Zhang, Z. 2004. Microwave-Assisted Extraction Of Quercetin and Acid Degradation of Its Glycosides in *Psidium guajava* Leaves. *Analytical sciences : the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry*, 20: 395–7.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia (Teori, Praktek Dan Aplikasi)*. Jember: Jember University Press.
- Lee, Y., Lim, Y., & Kwon, O. 2015. Selected Phytochemicals and Culinary Plant Extracts Inhibit Fructose Uptake in Caco-2 Cells. *Molecules*, 20: 17393–

17404.

- Mathur, R., Dutta, S., Velpandian, T., & Mathur, S.R. 2015. Psidium guajava Linn. Leaf Extract Affects Hepatic Glucose Transporter-2 to Attenuate Early Onset of Insulin Resistance Consequent to High Fructose Intake: An Experimental Study. *Pharmacognosy research*, 7: 166–75.
- Sohafy, E., Metwalli, A., Harraz, F., & Omar, A. 2009. Quantification of Flavonoids of Psidium guajava L. Preparations By Planar Chromatography (HPTLC). *Pharmacognosy Magazine*, 5: 61–66.
- Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., González-Hernández, V.A., Mark Engleman, E., Martínez-Garza, Á., & Vegetal, F. 2006. Kinetics of Accumulation and Distribution of Flavonoids in Guava (*Psidium guajava* L.). *Agrociencia Montecillo*, 40: 109–115.
- Yuwono, M. & Indrayanto, G. 2005. Validation of Chromatographic Methods of Analysis. *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology*, 32: 243–259.

Irma Kartika, dkk_Kimia Analitik

Pelepasan Kalium Diklofenak pada Matriks Sediaan Lepas Lambat Berbasis Karagenan-Xanthan Gum

Irma Kartika K, Eli Hendrik Sanjaya, Binti Nafingatul Khusna,
Febri Fiatul Rohmah
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: irma.kartika.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Karagenan merupakan hasil ekstraksi rumput laut. Dalam industri farmasi karagenan digunakan sebagai matriks obat lepas lambat, namun karagenan sebagai matriks kurang mampu menghambat pelepasan obat sehingga perlu dikombinasi dengan matriks lain. Artikel ini memaparkan hasil karakterisasi karagenan, xanthan gum dan campurannya serta pelepasan kalium diklofenak oleh campuran karagenan-xanthan gum sebagai matriks sediaan lepas lambat. Uji karakterisasi karagenan, xanthan gum, campuran keduanya meliputi: uji kadar air, kemampuan *swelling* dan profil spektral FTIR, sedangkan uji campuran karagenan-xanthan gum sebagai matriks tablet lepas lambat kalium diklofenak meliputi: uji kadar air, uji kekerasan, uji kerapuhan, uji kemampuan *swelling* dan *in vitro release*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air karagenan lebih tinggi daripada xanthan gum, kadar air campurannya berada pada kisaran 14,12% - 18,6%. Kemampuan *swelling* pada campuran karagenan-xanthan gum lebih tinggi dibandingkan dengan karagenan atau xanthan gum saja. Pada aplikasi campuran karagenan-xanthan gum sebagai matriks sediaan lepas lambat dengan komposisi paduan karagenan:xanthan gum, 4:1 dengan berat 200mg dihasilkan tablet dengan diameter 3,19 - 3,63 mm, tebal 9,00 - 9,04, kekerasan tablet 5,303 - 6,424 kg, dan kerapuhan kurang dari 0,8 pelepasan obat meningkat hingga menit ke 480 dan mengalami penurunan untuk waktu selanjutnya

Kata kunci: karagenan, xanthan gum, kalium diklofenak

Abstract: Carrageenan is seaweed extract in pharmaceutical industry carrageenan was used as a slow-release drug matrix, but not properly inhibit drug release, so it needs to be combined with another matrix. This article describes the ability of carrageenan-xanthan gum mixture as a matrix of slow release of potassium diclofenac. Characterization test of carrageenan-xanthan gum mixture as a matrix of slow release of potassium diclofenac include: water content test, hardness test, test of fragility, test of swelling and *in vitro release* ability. The results showed that ability of swelling on carrageenan-xanthan gum alloy higher than carrageenan or xanthan gum alone. In the application of carrageenan-xanthan gum mixture as a slow-release matrix with 200mg carrageenan xanthan gum, 4:1 mixture, produced tablets with their diameter are 3.19 - 3.63 mm, thickness are 9.00 to 9.04, hardness are 5,303 - 6,424 kg, and their fragility are less than 0.8 drug. The release of potassium diclofenac from tablets increased until 480 minutes after contact with dissolution media and decreased after 480 minutes

Keywords: carrageenan, xanthan gum, potassium diclofenac

Indonesia memiliki potensi sumber daya laut besar, salah satunya adalah rumput laut. Menurut Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia tahun 2005, Indonesia merupakan negara produsen terbesar rumput laut. Karagenan merupakan suatu polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut atau alga merah (rhodophyceae) (Campo, dkk., 2009). Kappa karagenan merupakan jenis karagenan yang hanya mengikat satu gugus sulfat. Kappa karagenan paling banyak terdapat di alam dari pada iota dan lamda karagenan (De Ruiter & Rudolph, 1997).

Dalam bidang farmasi karagenan dimanfaatkan sebagai matriks pada sediaan lepas lambat. Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai karagenan sebagai matriks obat lepas lambat yaitu penelitian yang dilakukan oleh Sujja-Areevath dkk. (1996) yang menyatakan bahwa matriks karagenan murni kurang mampu menghambat pelepasan obat natrium diklofenak, sementara itu penelitian Nerurkar dkk. (2005) menyatakan bahwa kombinasi karagenan dan eter selulosa untuk obat lepas lambat ibu profen dapat melepaskan obat dalam jangka waktu 10 - 12 jam. Bani-jaber & Al-Ghazawi (2005) melakukan penelitian pembentukan matriks lepas lambat karagenan-kitosan, menyatakan bahwa kombinasi karagenan dan kitosan kurang efektif dalam menghambat pelepasan obat karena kombinasi karagenan dan kitosan hanya mampu menghambat pelepasan ditilazem HCl pada pelarut air dan SGF (simulator cairan lambung) tetapi tidak dapat menghambat pada pelarut SIF (simulator cairan pencernaan).

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut terdapat suatu permasalahan sehingga penggunaan karagenan sebagai matriks karagenan masih perlu dikaji lebih jauh karena karagenan kurang mampu menghambat pelepasan obat yang disebabkan oleh gugus OH dari karagenan kurang mampu berikatan kuat dengan ion yang berlawanan (Damayanti & Megawati, 2012). Dalam penelitian dilaporkan hasil penelitian tentang karakterisasi karagenan, xanthan gum dan campurannya serta eksplorasi karakteristik dan kemampuan campuran karagenan-xanthan gum sebagai matriks lepas lambat kalium diklofenak, suatu anti radang non steroid (*Non Steroid Anti Inflammatory Drug*, NSAID) (Altman, dkk., 2015)

Xanthan gum merupakan polisakarida ekstraseluler dengan berat molekul tinggi yang diproduksi dari bakteri *Xanthimonas campestris*. Xanthan gum tersusun atas 5 gugus sakarida yang masing-masing merupakan 2 gugus glukosa, 2 gugus manosa dan 1 gugus glukoronat (Palaniraj & Jayaraman, 2011). Xanthan gum memiliki daya rekat yang kuat sehingga akan menghambat pelepasan obat. Xanthan gum juga merupakan matriks hidrofilik yang aman digunakan. Artikel ini memaparkan hasil karakterisasi karagenan, xanthan gum dan campurannya serta pelepasan kalium diklofenak oleh campuran karagenan-xanthan gum sebagai matriks sediaan lepas lambat kalium diklofenak.

METODE

Atan dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker gelas 100 mL, tabung reaksi pipet ukur 10 mL, batang pengaduk, cawan penguapan, labu takar 1000 mL, cawan petri, alat pengayak 18 mesh, KBr press dengan bantuan 8 mm *flat faced punches* (alat untuk mencetak tablet), alat *Hardness Tester* (untuk uji kekerasan tablet), alat *Friability Tester* (untuk uji kerapuhan tablet), instrumen FT-IR, spektrofotometri UV-Vis, timbangan digital, *stopwatch*, corong, kertas saring, dan pH meter.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Kalium diklofenak, xanthan gum, karagenan, mikrokristalin selulosa (avicel 101), aquades, dan HCl 0,1 N.

Prosedur Kerja

Uji Kadar Air

Sebanyak 0,2 g sampel dipanaskan pada suhu 110 °C selama 1 jam. Kemudian disimpan dalam desikator 20 menit dan ditimbang hingga diperoleh berat konstan.

$$\% \text{ kadar air} = \frac{\text{massa awal (g)} - \text{massa akhir (g)}}{\text{massa awal (g)}} \times 100\%$$

Uji Kemampuan *Swelling*

Karagenan, xanthan gum atau campurannya ditempatkan dalam gelas beaker dan dipanaskan pada suhu 55, 65, 75 dan 85°C selama 5 menit sambil dilakukan pengadukan menggunakan pengaduk kaca. Diukur suhu larutan menggunakan termometer. Setelah itu semua tabung ditutup dengan plastik untuk mencegah kehilangan air. Setelah pemanasan, sampel disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Endapan yang diperoleh ditimbang (W_p). Endapan dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam dan ditimbang endapan kering (W_{ps}).

SP (*Swelling Power*) adalah rasio berat granul karagenan atau xanthan gum atau campurannya yang mengembang setelah sentrifugasi (g) terhadap massa kering (g).

$$SP = \frac{W_p}{W_{ps}} \text{ (Mandala \& Bayas, 2004)}$$

Uji FT-IR

Uji FTIR dilakukan terhadap karagenan, xanthan gum dan campuran karagenan-xanthan gum dengan perbandingan 50:50. Karagenan dan xanthan gum dihaluskan dengan mortal kemudian diayak menggunakan ayakan 18 mesh. Setelah itu, dilakukan uji FTIR pada proses analisis sampel (sampel+pellet+KBr).

Karakterisasi Paduan Karagenan-Xanthan gum Sebagai Matriks Sediaan Lepas Lambat Kalium Diklofenak Pembuatan Tablet

Pembuatan tablet dilakukan dalam berbagai formulasi yang berbeda-beda dengan teknik kempa langsung. Tablet yang telah dicetak dilakukan evaluasi tablet yang meliputi: uji kadar air, uji kekerasan tablet, uji kerapuhan tablet, uji kemampuan *swelling* tablet, dan uji *in vitro release*.

Tabel 1. Komposisi Formulasi Tablet

Bahan(mg)	Kode formulasi						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Kalium diklofenak	8	8	8	8	8	8	8
Karagenan	31,2	-	21,6	16,8	160,8	168	153,6
Xanthan gum	-	31,2	9,6	14,4	31,2	24	38,4
Selulosa mikrokrystalin	160,8	160,8	160,8	160,8	-	-	-
TOTAL	200	200	200	200	200	200	

Uji Kadar Air

Tablet ditimbang pada suhu ruangan untuk menentukan berat awalnya, kemudian dilakukan pemanasan pada suhu 110⁰C selama 1 jam selanjutnya disimpan dalam desikator selama 20 menit dan ditimbang hingga diperoleh berat kosntan.

$$\% \text{ kadar air} = \frac{\text{massa awal tablet (g)} - \text{massa akhir tablet (g)}}{\text{massa awal tablet (g)}} \times 100\%$$

Uji Kekerasan Tablet

Pengujian kekerasan tablet dilakukan menggunakan alat *Hardness Tester* dengan metode yang dilakukan oleh Piyakulawat. Percobaan dilakukan 3 kali dan dihitung nilai kekerasan tablet (Piyakulawat, dkk., 2007).

Uji Kerapuhan Tablet

Uji kerapuhan tablet dilakukan dengan metode Piyakulawat dkk. (2007). 20 tablet dibersihkan kemudian ditimbang. Tablet dimasukkan ke dalam *Friability Tester* diputar selama 4 menit dengan kecepatan 25 rpm. Kerapuhan tablet dihitung dengan rumus :

$$\text{Kerapuhan} = \frac{(M1 - M2)}{M1} \times 100\%$$

Keterangan: M1 = massa tablet sebelum diuji

M2 = massa tablet setelah diuji (Piyakulawat, dkk., 2007)

Uji Kemampuan *Swelling* Tablet

Pengembangan tablet dilakukan menggunakan media HCl 0,1 N (pH 1,2). Tablet lepas lambat kalium diklofenak diukur diameternya menggunakan jangka sorong. Setelah itu tablet diletakkan dalam cawan petri dan direndam dalam HCl 0,1 N (pH 1.2). Diameter pengembangan tablet ditentukan selama 5 jam yaitu:

setiap 10 menit untuk 30 menit pertama, setiap 15 menit untuk 1 jam berikutnya, setiap 30 menit sampai jam ketiga dan setiap jam hingga jam kelima. Rasio mengembang untuk setiap tablet ditentukan pada setiap waktu dan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_w = \frac{Dt}{D_0}$$

Dimana D_t adalah diameter manik-manik pada waktu (t), dan D_0 adalah diameter awal dari manik-manik kering (Piyakulawat, dkk., 2007).

Uji *In Vitro* Release

Uji pelepasan (*release*) kalium diklofenak dilakukan menggunakan alat USP I. Tablet dimasukkan dalam 900 mL HCl 0,1 (pH 1,2). Uji disolusi dilakukan dengan kecepatan 50 rpm pada suhu 37°C selama 12 jam. Diambil sampel sebanyak 10 mL setiap jam dan diganti dengan volume dan konsentrasi yang sama dari sampel yang diambil. Sampel yang telah diambil dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 276 nm untuk mengetahui kadar pelepasan kalium diklofenak. Jumlah pelepasan kalium diklofenak dapat dihitung dari konsentrasi kalium diklofenak yang dilepaskan (Yeole, dkk., 2006).

Bagian ini berisi uraian ringkas jenis penelitian, sampel atau subjek penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data.

HASIL

Uji Karakterisasi Paduan Karagenan-Xanthan gum pada Berbagai Variasi Perbandingan

Kadar Air

Pada uji kadar air pada karagenan, xanthan gum, paduan karagenan-xanthan gum dengan perbandingan 2,4:1 (A1), 1,8: 1 (A2), 1:2,4 (A3), dan 1:1,8 (A4). Hasil uji kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Air

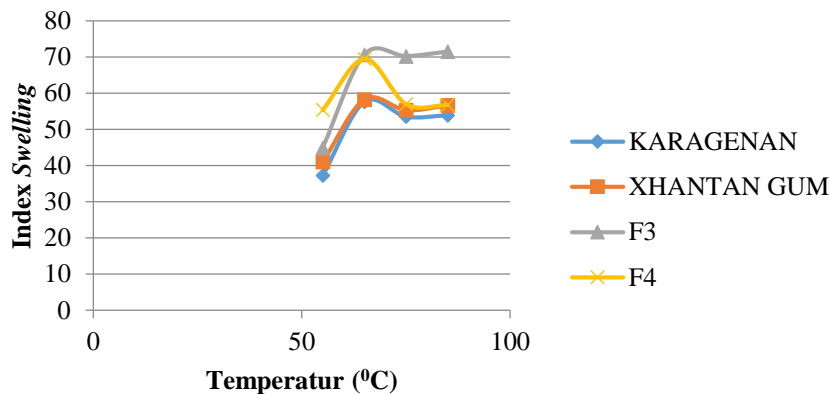
No.	Sampel	% kadar air
1.	Karagenan	19,88%
2.	Xanthan gum	16,57%
3.	A1	18,60%
4.	A2	16,96%
5.	A3	15,61%
6.	A4	14,12%

Keterangan

A1 = 0,14 karagenan : 0,06 xanthan gum A2 = 0,11 karagenan : 0,09 xanthan gum
A3 = 0,14 xanthan gum : 0,06 karagenan A4 = 0,11 xanthan gum : 0,09 karagenan

Kemampuan *Swelling*

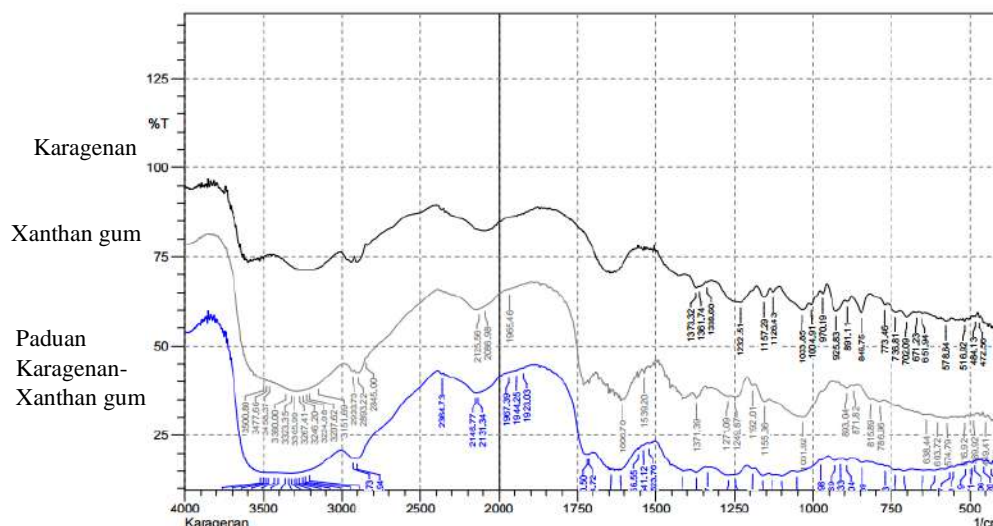
Hasil uji kemampuan *swelling* pada karagenan, xanthan gum dan campuran karagenan-xanthan gum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Kemampuan *Swelling* pada Karagenan, Xanthan Gum dan Campuran Karagenan-Xanthan Gum

Uji FT-IR

Pengujian FTIR dilakukan pada 3 sampel, yaitu sampel karagenan, xanthan gum, dan paduan karagenan-xanthan gum dengan perbandingan 50:50. Hasil uji FTIR dari karagenan, xanthan gum dan paduan karagenan-xanthan gum dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Uji FTIR dari Karagenan, Xanthan gum dan Paduan Karagenan-Xanthan Gum

Uji karakterisasi Paduan Karagenan-Xanthan gum sebagai Matriks Sediaan Lepas Lambat Kalium Diklofenak Pembuatan Tablet Lepas Lambat Kalium Diklofenak

Pada penelitian ini tablet lepas lambat kalium diklofenak dibuat sebanyak 7 formulasi dengan memvariasikan konsentrasi dari karagenan, xanthan gum dan

mikrokristalin selulosa sesuai formulasi pada Tabel 1. Diperoleh tablet dengan berat 200 mg berbentuk bulat dan berwarna putih dan permukaan yang licin dengan diameter tablet 9,00 - 9,04 mm dan tebal tablet 3,19 - 3,61 mm.

Kadar Air Tablet

Hasil uji kadar air tablet dinyatakan pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Air Tablet

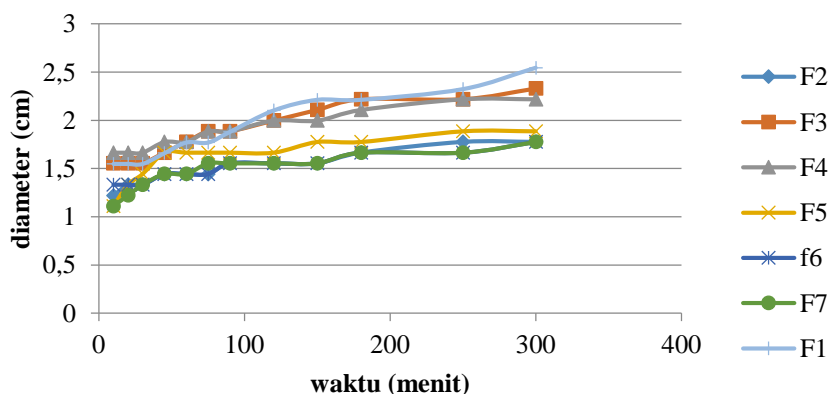
No.	Sampel	% kadar air
1.	F1	2,02%
2.	F2	4,28%
3.	F3	3,14%
4.	F4	3,19%
5.	F5	12,02%
6.	F6	10,75%
7.	F7	16,75%

Kekerasan dan Kerapuhan Tablet

Kekerasan tablet yang dihasilkan tidak lebih dari 8 kg dan tidak kurang dari 4 kg. Berdasarkan hasil uji, diperoleh bahwa nilai kerapuhan untuk semua formula tablet dibawah 0,8%

Kemampuan Swelling tablet

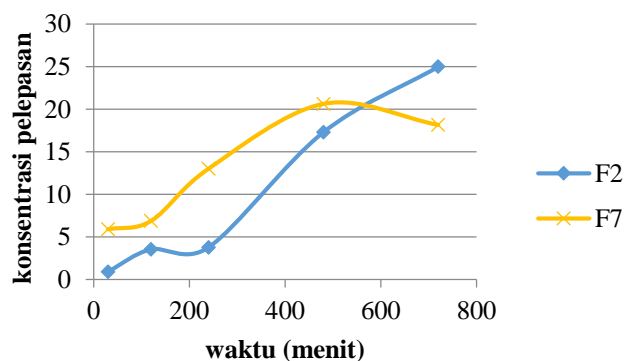
Hasil uji *swelling* tablet dalam HCl 0,1 M ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Grafik Hasil Swelling Tablet

In Vitro Release

Uji disolusi dilakukan pada F2 dan F7 karena pada uji *swelling* diketahui bahwa F1, F3, F4 mengalami pembubaran yang relatif besar dalam waktu yang sangat cepat sehingga tidak dapat dilakukan uji disolusi, sehingga untuk uji disolusi hanya dilakukan pada F2 dan F7. Grafik hasil uji pelepasan obat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Pelepasan Obat

PEMBAHASAN

Uji Karakterisasi Paduan Karagenan-Xanthan Gum pada Berbagai Variasi Perbandingan Kadar Air

Hasil uji kadar air dipaparkan pada tabel 2, kadar air pada karagenan lebih tinggi dari pada xanthan gum yaitu sebesar 19,88% sedangkan hasil uji kadar air pada xanthan gum sebesar 16,57% . Dari hasil uji kadar air campuran karagenan dan xanthan gum pada A1 dan A2 lebih tinggi dari pada A3 dan A4. Dapat dilihat pada tabel 2 bahwa semakin banyak karagenan maka kadar air yang dihasilkan semakin tinggi hal ini disebabkan karena pada karagenan terdapat banyak gugus -OH yang menyebabkan serapan air tinggi.

Kemampuan *Swelling*

Uji *swelling* merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui kemampuan sampel dalam menyerap air dan kemudian mengembang. Ketika terjadi pemanasan proses mengembang akan meningkat begitu juga viskositasnya akan tetapi pemanasan lebih lanjut akan menyebabkan pelarutan dari bahan-bahan sehingga viskositasnya menurun.

Uji *swelling* dilakukan pada suhu 55, 65, 75, dan 85°C selama 5 menit untuk masing-masing sampel. Karagenan mulai mengembang pada suhu 55°C pengembangan karagenan meningkat hingga suhu 65°C namun pada suhu 65°C *index swelling* mengalami penurunan dan selanjutnya nilai *index swelling* relatif tetap. Hasil uji kemampuan *swelling* pada karagenan, xanthan gum dan campuran karagenan-xanthan gum dapat dilihat pada Gambar 2.

Xanthan gum mulai mengembang pada suhu 55°C kemudian terus meningkat hingga suhu 65°C. Setelah suhu diatas 65°C *index swelling* dari xanthan gum mengalami penurunan dan relatif konstan pada suhu yang lebih tinggi. Begitu juga dengan formulasi 3 (F3, karagenan dan xanthan gum, 2,4:1) dan formulasi 4 (F4, karagenan dan xanthan gum, 1,8:1) mengembang mulai terjadi pada suhu 55°C kemudian terus meningkat hingga pada suhu 65°C. Setelah suhu diatas 65°C

index swelling dari F3 dan F4 mengalami penurunan dan relatif konstan pada suhu yang lebih tinggi.

Paduan karagenan-xanthan gum menghasilkan *index swelling* yang lebih tinggi daripada karagenan atau xanthan gum saja hal ini disebabkan karena saat karagenan dilakukan pencampuran dengan xanthan gum maka susunan partikel antara karagenan-xanthan gum berkurang keterat (acak) sehingga akan terdapat rongga antara karagenan dan xanthan gum yang berakibat pada peningkatan pengembangan matriks terlihat dari meningkatnya *index swelling*nya

Uji FT-IR

Pengujian FTIR dilakukan pada 3 sampel, yaitu sampel karagenan, xanthan gum, dan paduan karagenan-xanthan gum dengan perbandingan 50:50. Hasil uji FTIR dari karagenan, xanthan gum dan paduan karagenan-xanthan gum dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil FTIR karagenan, xanthan gum, dan paduan karagenan-xanthan gum pada Gambar 3 terdapat puncak serapan pada panjang gelombang $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya gugus OH. Pada karagenan muncul puncak serapan $1004-1033\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya ikatan glikosidik dan pada panjang gelombang 1232 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya ikatan S=O pada ester sulfat. Selain itu, muncul puncak serapan pada panjang gelombang $846,75\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya galaktosa-4-sulfat yang dimiliki oleh kappa karagenan. Berbeda dengan xanthan gum yang puncak serapan pada panjang gelombang $1606,7\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terdapat peregangan COO asimetrik. Paduan karagenan dan xanthan gum tidak terbentuk puncak serapan yang baru yang menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi kimia antara karagenan-xanthan gum.

Uji Karakterisasi Paduan Karagenan-Xanthan gum sebagai Matriks Sediaan Lepas Lambat Kalium Diklofenak Pembuatan Tablet Lepas Lambat Kalium Diklofenak

Pada penelitian ini tablet lepas lambat kalium diklofenak dibuat sebanyak 7 formulasi dengan memvariasikan konsentrasi dari karagenan, xanthan gum dan mikrokristalin selulosa. Dalam penelitian ini dibuat tablet dengan berat 200 mg berbentuk bulat dan berwarna putih dan permukaan yang licin dengan diameter tablet 9,00 - 9,04 mm dan tebal tablet 3,19 - 3,61 mm.

Kadar Air Tablet

Hasil uji kadar air tablet dinyatakan pada tabel 4, campuran F5, F6, F7 memiliki kadar air yang tinggi karena pada formulasi tersebut memiliki kandungan karagenan yang relatif banyak dibandingkan dengan F3, F4 dan F1 semakin banyak kandungan karagenan maka kandungan airnya juga semakin besar. Karagenan memiliki banyak gugus -OH yang mudah berinteraksi dengan molekul air dan meningkatkan resiko tumbuhnya jamur pada tablet

Kekerasan dan Kerapuhan Tablet

Tablet kalium diklofenak yang digunakan dalam pengujian memenuhi standart kekerasan tablet karena tablet memiliki kekerasan tidak lebih dari 8 kg dan tidak kurang dari 4 kg. Keberadaan mikrokristalin selulosa mampu meningkatkan kekerasan tablet (Sulaiman, 2007:86). Semakin besar konsentrasi mikrokristalin selulosa yang digunakan maka nilai kekerasan semakin besar.

Uji kerapuhan tablet menggambarkan uji kekompakan permukaan tablet yang dinyatakan sebagai daya tahan tablet terhadap jatuhan dan guncangan (Voigt, 1995:220). Berdasarkan hasil uji, diperoleh bahwa nilai kerapuhan untuk semua formula tablet tidak ada yang melebihi 0,8% sehingga hasil uji kerapuhan tersebut memenuhi standart kerapuhan tablet. Keberadaan mikrokristalin selulosa menurunkan kompartibilitas tablet sehingga kerapuhan tablet meningkat.

Kemampuan *Swelling* tablet

Uji *swelling* tablet merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui kemampuan mengembang dari matriks yang digunakan. Grafik hasil uji *swelling* tablet dalam HCl 0,1 M ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa selama 5 jam tablet mengalami peningkatan secara bertahap. F1, F3 dan F4 memiliki diameter tablet saat *swelling* yang paling tinggi karena pada tablet yang mengandung mikrokristalin selulosa dan karagenan saat mengalami kontak dengan HCl tablet tersebut dengan cepat mengalami pembubaran. Berbeda dengan F5, F6 dan F7 yang memiliki diameter tablet saat *swelling* relatif kecil hal ini disebabkan karena saat F2, F5, F6, F7 mengalami kontak dengan HCl maka tablet sukar mengembang sehingga diameter hasil mengembangnya relatif kecil. F1, F3, F4 memiliki diameter tablet saat *swelling* yang relatif besar karena pada formulasi tersebut terdapat mikrokristalin selulosa yang cenderung mengalami kohesi yang kuat sehingga interaksi mikrokristalin selulosa dengan zat lain menjadi lemah, karena itu keberadaan mikrokristalin selulosa akan menurunkan kompartibilitas dan mempercepat proses pembubaran tablet.

In Vitro Release

Disolusi merupakan suatu proses terlepasnya zat aktif dari tablet dengan cara penghancuran tablet dalam saluran pencernaan ketika terjadi interaksi dengan cairan tubuh. Hasil uji disolusi menunjukkan bahwa kadar kalium diklofenak yang terlepas berbanding lurus dengan *index swelling*, semakin kecil *indeks swelling* maka waktu pelepasan obat akan semakin lambat. Uji disolusi dilakukan pada F2 dan F7 karena pada uji *swelling* diketahui bahwa F1, F3, F4 mengalami pembubaran yang relatif besar dalam waktu yang sangat cepat sehingga tidak dapat dilakukan uji disolusi, sehingga untuk uji disolusi hanya dilakukan pada F2 dan F7. Grafik hasil uji pelepasan obat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, Uji disolusi F2 dengan formulasi xanthan gum : mikrokristalin selulosa, 1:5 pelepasan obat mengalami peningkatan yang relatif

besar pada menit ke-480 dan meningkat lagi pada menit ke-720, berbeda dengan F7 dengan formulasi karagenan : xanthan gum, 4:1 pelepasan obat mengalami peningkatan pada menit ke-480 dan pada waktu setelahnya pelepasan obat mengalami penurunan hingga menit ke-720. Pada F2 dan F7 dapat diketahui bahwa formulasi yang cocok untuk obat kalium diklofenak adalah F7 karena pelepasan terjadi dalam waktu yang panjang dan pada menit ke-720 pelepasan sudah berkurang yang menandakan kemungkinan obat mulai habis

SIMPULAN

Kadar air rata-rata karagenan 19,88% dan xanthan gum 16,57%. Kemampuan swelling pada paduan karagenan - xanthan gum lebih tinggi dibandingkan dengan karagenan atau xanthan gum saja. Berdasar hasil uji FTIR tidak terjadi interaksi kimia antara karagenan dan xanthan gum. Campuran Karagenan - xanthan gum memiliki karakteristik semakin banyak karagenan kadar air campuran semakin tinggi, kemampuan swelling campuran karagenan - xanthan gum lebih tinggi daripada masing-masing komponen. Matriks tablet lepas lambat dapat dibuat dengan campuran karagenan - xanthan gum - mikrokristalin selulosa maupun karagenan - xanthan gum. Formula dengan perbandingan (karagenan : xanthan gum, 4:1) yang profil pelepasan kalium diklofenaknya meningkat pada menit ke 480 dan mengalami penurunan untuk waktu setelahnya, merupakan formula terbaik sebagai matriks lepas lambat kalium diklofenak dalam penelitian ini

DAFTAR RUJUKAN

- Altman, R., Bosch, B., Brune, K., Patrignani, P., & Young, C. 2015. Development: Evolution of Diclofenac Products Using Pharmaceutical Technology. *Drugs*, 75(8): 859-877.
- Bani-Jaber, A. & Al-Ghazawi, M. 2005. Sustained Release Characteristics of Tablets Prepared with Mixed Matrix of Sodium Carrageenan and Chitosan: Effect of Polymer Weight Ratio, Dissolution Medium, and Drug Type. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 31:241-247.
- Campo, V.L., Kawano, D.F., Silva, D.B. & Carvalho, I. 2009. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis - A review. *Carbohydrate Polymers*, 77(2): 167-180.
- Damayanti, A. & Megawati. 2012. *Kualitas Carrageenan Hydrogel Hasil Ekstraksi Rumput Laut Merah melalui Crosslinking dengan Glutaraldehid pada Variasi Suhu*. Laporan penelitian tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- De Ruyter, G. A. & Rudolph, B. 1997. Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Science and Technology*, 8(12): 389-395.
- Mandala, I.G. & Bayas, E. 2004. Xanthan Effect on Swelling, Solubility and Viscosity of Wheat Starch Dispersions. *Food Hydrocolloids*, 18:191-201.

- McNelly, W. H. & K. S. Kang. 1973. *Xanthan and Some Others Biosynthetic Gums in Industrial Gums, Polysaccharides and Their Derivates*. New York: Academic Press.
- Nerurkar, J., Jun, H. W., Price, J. C., & Park, M. O. 2005. Controlled-Release Matrix Tablets of Ibuprofen Using Cellulose Ethers and Carrageenans: Effect of Formulation Factors on Dissolution Rates. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 61(1–2): 56–68.
- Palaniraj, A. & Jayaraman, V. 2011. Production, Recovery and Applications of Xanthan Gum by *Xanthomonas Campestris*. *Journal of Food Engineering*, 106(1): 1–12.
- Piyakulawat, P., Praphairaksit, N., Chantarasiri, N., & Muangsin, N. 2007. Preparation and Evaluation of Chitosan / Carrageenan Beads for Controlled Release of Sodium Diclofenac. *AAPS PharmSciTech*, 8(4): E1–E11.
- Sujja-Areevath, J., Munday, D. L., P.j C., C., & Khan, K. A. 1996. Release Characteristics of Diclofenac Sodium from Encapsulated Natural Gum Mini-Matrix Formulations. *International Journal of Pharmaceutics*, 139(1–2): 53–62.
- Sulaiman, T.N.S. (2007). *Teknologi dan Formulasi Sediaan Tablet, Cetakan Pertama*. Yogyakarta: Mitra Communications Indonesia.
- Voigt, R.. 1995. *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*. Terjemahkan oleh Soendani N.S. Yogyakarta: UGM Press.
- Yeole, P.G., Galgatte, U.C., Babla, I.B., & Nakhat, P.D. 2006. Design and Evaluation of Xanthan Gum-based Sustained Release Matrix Tablet of Diclofenac sodium. *Indian J. Pharm. Sci*, 68(2): 185-189.

Ratna Jamilatul Mufidah, dkk_Kimia Analitik

Penentuan Kadar Besi (Fe) pada Air Sungai Brantas Di Wilayah Kota Malang

Ratna Jamilatul Mufidah, Irma Kartika Kusumaningrum,
Yudhi Utomo, Suhadi Ibnu, I Wayan Dasna
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang,
Jl. Semarang 5 Malang 65145
e-mail: mufidahjamilah92@gmail.com

Abstrak: Pertumbuhan pembangunan dan sosial ekonomi kota Malang berpotensi meningkatkan pencemaran air Sungai Brantas, karena adanya peningkatan aktivitas pembuangan limbah ke dalam aliran Sungai Brantas di Wilayah Kota Malang. Salah satu parameter pencemaran air Sungai Brantas adalah kadar besi air sungai. Dalam artikel ini akan dipaparkan hasil penelitian tentang penentuan kadar besi air Sungai Brantas di Kota Malang. Penentuan kadar besi dilakukan dengan metode spektrofotometri UV Vis. Pengambilan sampel dilakukan pada tujuh titik, yakni daerah hulu Sungai Brantas, tengah Sungai Brantas, hilir Sungai Brantas, sungai yang alirannya bermuara pada sungai Brantas (hilir Sungai Bango, hilir sungai Amprong, titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong), dan hulu tiga sungai (titik pertemuan hilir sungai Bango, Amprong, dan Brantas). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar besi dalam air sungai pada titik pengambilan sampel dari hulu Brantas sampai hulu tiga sungai secara berturut-turut adalah 1,44; 4,00; 3,36; 2,72; 5,70; 2,40; dan 4,00 mg/L. Berdasarkan hasil penentuan kadar besi, air Sungai Brantas di Wilayah Kota Malang tidak layak untuk digunakan kebutuhan minum dan sarana pemeliharaan kebersihan diri, tetapi masih layak digunakan sebagai air irigasi dan budidaya ikan.

Kata kunci: sungai brantas, kota malang, besi

Abstract: The growth of development and social economy of Malang City can be cause to the increasing of Brantas River water pollution, because of the increasing of wastedisposal activity into Brantas River flow in Malang City Region. One of the water pollution parameters of Brantas River is the iron content of river water. This article will be described result of determination of the iron content of Brantas River water's. The determination of iron content was done by UV Vis Spectrophotometric method. The sampling was collected from seven points in Malang city region, three points of Brantas river's watershed (upstream point, middle point, downstream point), and four points of the watershed of the river that their stream enter to Brantas River's stream, downstream of Bango River, downstream of Amprong River, Bango river and Amprong river joining point and Bango, Amprong and Brantas River joining point. The results showed that the mean of iron content of the water that collected from upstream point Brantas until upstream three point were 1,44; 4,00; 3,36; 2,72; 5,70; 2,40; and 4,00 mg/L respectively. Based on the result of iron content determination, the Brantas River's water in Malang City Region was not feasible to be drinking purpose and used as water for personal sanitation purpose, but still suitable for used as water for irrigation and fish farming purpose.

Keywords: brantas river, malang city, iron

Meningkatnya jumlah penduduk kota Malang dan pembangunan di berbagai sektor dari tahun ke tahun memberikan pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan Kota Malang (BPS Kota Malang, 2015). Hal ini harus diimbangi dengan penyediaan fasilitas umum yang sebanding dengan kebutuhan penduduk Kota Malang, sehingga pembuangan limbah dari masyarakat dan industri dapat dikontrol dengan baik. Tingkat sanitasi kota dapat diukur dengan berbagai parameter, salah satunya adalah kualitas air sungai. Kualitas air sungai di kota yang sedang berkembang berpotensi mengalami penurunan akibat peningkatan aktivitas di bidang pembangunan, bertambahnya jumlah penduduk, dan rendahnya kesadaran masyarakat serta pelaku industri untuk mengolah dan membuang limbah dengan mempertimbangkan kelestarian dan daya dukung lingkungan.

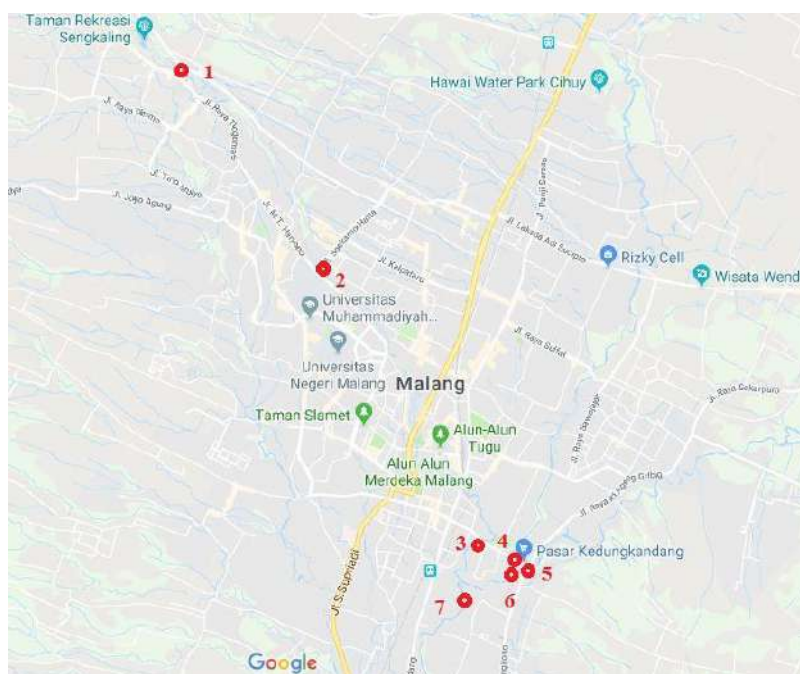
Sungai Brantas merupakan salah satu sungai utama di wilayah Kota Malang. Aliran Sungai Brantas di Kota Malang terbagi menjadi tiga wilayah yakni hulu Sungai Brantas, tengah Sungai Brantas, dan hilir Sungai Brantas. Untuk menuju hilir sungai di Kecamatan Kepanjen, air Sungai Brantas mendapatkan masukan aliran dari dua sungai di Kota Malang yakni Sungai Bango dan Amprong yang terletak di sekitar pemukiman padat penduduk. Penelitian sebelumnya tentang penentuan kualitas air pada daerah hulu Sungai Brantas diketahui bahwa sebagian besar sungai-sungai di kawasan DAS hulu Brantas Malang tidak lagi memiliki kualitas air yang layak untuk mendukung budidaya ikan dan irigasi (Yetti, dkk., 2011), hal ini diduga karena beberapa industri maupun masyarakat sekitar DAS hulu Brantas melepaskan limbah ke sungai secara sembarangan atau kualitas limbah yang dilepaskan beberapa industri di luar standar yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

Salah satu parameter untuk menentukan kualitas air Sungai Brantas di Kota Malang adalah kadar besi (Fe). Besi merupakan salah satu logam berat yang patut diperhitungkan keberadaannya dalam perairan. Besi yang terdapat pada air sungai dapat masuk ke dalam tubuh ikan dan pada akhirnya masuk ke dalam rantai makanan manusia, sedangkan besi mudah terserap dalam sistem pencernaan dan bersifat racun (Pratama, dkk., 2012). Karena itu penentuan kadar besi dalam air sungai perlu dilakukan secara berkala untuk mengontrol kualitas lingkungan, menentukan standar kualitas air, dan merencanakan tindakan pemeliharaan sungai yang tepat. Artikel ini akan memaparkan hasil penelitian penentuan kadar besi pada air Sungai Brantas di wilayah Kota Malang.

METODE

Penentuan Titik Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada tujuh titik, yakni: 1) hulu Sungai Brantas yang terletak di daerah Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Malang; 2) tengah Sungai Brantas yang terletak di daerah Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Malang; 3) hilir Sungai Brantas yang terletak di daerah Kotalama, Kecamatan Kedungkandang, Malang; 4) hilir Sungai Bango yang terletak di daerah Kotalama, Kecamatan Kedungkandang, Malang; 5) hilir Sungai Amprong yang terletak di daerah Kotalama, Kecamatan Kedungkandang, Malang; 6) titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong yang terletak di daerah Kotalama, Kecamatan Kedungkandang, Malang; 7) hulu tiga sungai (titik pertemuan hilir Sungai Bango, Amprong, dan Brantas) yang terletak di daerah Kota Lama, Kecamatan Kedungkandang, Malang. Berikut ini merupakan denah titik pengambilan sampel.



Gambar 1. Titik Pengambilan Sampel Air Sungai Brantas di Wilayah Kota Malang

Sumber: Foto udara dengan aplikasi google map (2017)

Pengambilan dan Pengukuran Air

Air sampel diambil dari tujuh titik, yakni di daerah hulu Sungai Brantas, tengah Sungai Brantas, hilir Sungai Brantas, hilir Sungai Bango, hilir Sungai Amprong, titik pertemuan aliran hilir Sungai Bango dan Amprong, dan hulu tiga Sungai (titik pertemuan aliran hilir Sungai Bango, Amprong, dan Brantas). Kualitas air ditentukan berdasarkan hasil analisis parameter fisika dan kimia seperti temperatur, pH, dan besi (Fe). Sampel dimasukkan ke dalam botol 600 mL yang kemudian ditambahkan HNO₃ pekat untuk analisis logam besi (Fe).

Prosedur Analisis Logam Besi (Fe)

Analisis kadar besi dilakukan dengan metode spektrofotometri UV Vis melalui pembentukan kompleks besi (II)-1,10 fenantrolin menggunakan *spektronic Thermo Scientific Genesys 20*. Penentuan konsentrasi dilakukan dengan pengukuran absorbansi kompleks besi (II)-1,10 fenantrolin pada panjang gelombang 510 nm dengan teknik adisi standar (Alaerts & Santika, 1984).

HASIL

Penelitian dilakukan pada bulan April 2017 pada minggu kedua. Titik koordinat lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel

No.	Titik Pengambilan Sampel	Titik Koordinat
1.	Hulu Sungai Brantas (TP 1)	S7°92'02.50", E112°59'53.33"
2.	Tengah Sungai Brantas (TP 2)	S7°57'04.8", E112°37'05.9"
3.	Hilir Sungai Brantas (TP 3)	S7°59'5.53", E112°38'22.33"
4.	Hilir Sungai Bango (TP 4)	S7°59'39", E112°38'44"
5.	Hilir Sungai Amprong (TP 5)	S7°59'40.3", E112°38'46.5"
6.	Titik Pertemuan Hilir Sungai Bango dan Amprong (TP 6)	S7°59'40.9", E112°38'43.3"
7.	Hulu Tiga Sungai (TP 7)	S8°00'01.6", E112°38'16.5"

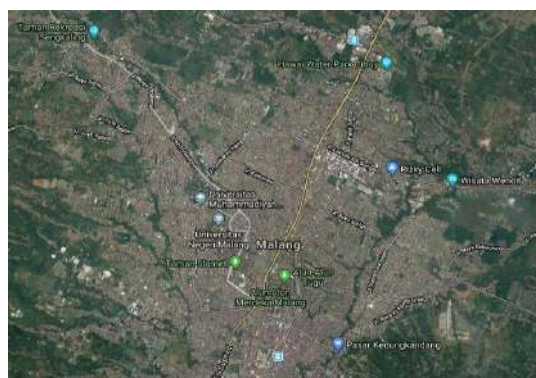
Kualitas air Sungai Brantas pada aliran wilayah Kota Malang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kualitas Air Sungai Brantas pada Aliran Wilayah Kota Malang

		Termperatur	pH	Fe
Hasil Analisis	TP 1	22°C	6,233	1,44 mg/L
	TP 2	24°C	5,128	4,00 mg/L
	TP 3	25°C	8,219	3,36 mg/L
	TP 4	25°C	6,336	2,72 mg/L
	TP 5	25°C	5,326	5,70 mg/L
	TP 6	25°C	6,241	2,40 mg/L
	TP 7	24°C	6,104	4,00 mg/L
Kriteria Baku Mutu Air Menurut PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air	Kelas I	Deviasi 3	6-9	0,3 mg/L
	Kelas II	Deviasi 3	6-9	-
	Kelas III	Deviasi 3	6-9	-
	Kelas IV	Deviasi 5	5-9	-

PEMBAHASAN

Keadaan geografis air sungai Brantas di wilayah Kota Malang dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



Gambar 2. Keadaan Geografis (a) Air Sungai Brantas di Wilayah Kota Malang, (b) Hulu Sungai Brantas, (c) Tengah Sungai Brantas, (d) Hilir Sungai Brantas, (e) Hilir Sungai Bango, (f) Hilir Sungai Amprong, (g) Pertemuan Hilir Sungai Bango dan Amprong, (h) Hulu Tiga Sungai
Sumber: Foto udara dengan aplikasi google map (2017)

Kota Malang mengalir di sekitar pemukiman penduduk padat; (b) diketahui bahwa di sekitar hulu Sungai Brantas terdapat lahan pertanian, tempat wisata, pemukiman penduduk, kampus dan bisnis kuliner; (c) diketahui bahwa di sekitar tengah Sungai Brantas terdapat pemukiman penduduk, kampus, bisnis kuliner, dan industri pembuatan keramik; (d) diketahui bahwa di sekitar hilir Sungai Brantas terdapat pemukiman penduduk, tempat wisata; (e) diketahui bahwa di sekitar hilir Sungai Bango terdapat pemukiman penduduk, industri pencetakan; (f) diketahui bahwa di sekitar hilir Sungai Amprong terdapat pemukiman penduduk, industri cat dan tinta cetak; (g) diketahui bahwa di sekitar titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong terdapat pemukiman penduduk; (h) diketahui bahwa di sekitar hulu tiga sungai terdapat pemukiman penduduk dan rumah sakit.

Hulu Sungai Brantas

Titik pengamatan daerah hulu Sungai Brantas adalah TP 1. Hulu Sungai Brantas terletak di daerah Tlogomas, Lowokwaru, Malang. Kondisi air sungai daerah hulu Sungai Brantas berwarna coklat. Hasil analisis kualitas air pada Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur air sungai adalah 22°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pada hulu Sungai Brantas termasuk dalam suhu optimum. Hal ini dikarenakan suhu optimum perairan untuk pertumbuhan fitoplankton adalah sekitar 20°C - 30°C (Effendi, 2003).

Hulu Sungai Brantas ditinjau dari pH-nya cenderung bersifat asam dan termasuk kelas I. Hal ini kemungkinan dikarenakan adanya penguraian limbah dari pemukiman penduduk sekitar serta bisnis kuliner terutama limbah organik yang membentuk asam organik, sehingga menyebabkan air sungai memiliki pH rendah (Poppo, dkk., 2008). Selain itu adanya sisa pupuk tanaman dari limbah pertanian di sekitar sungai kemungkinan menyebabkan air sungai cenderung bersifat asam.

Kadar besi pada daerah hulu Sungai Brantas termasuk tinggi karena lebih besar dari 0,3 mg/L dan bukan termasuk kelas I, namun menurut Mc Neely dkk. (dalam Effendi, 2003) kadar besi dalam perairan yang tidak lebih dari 20 mg/L aman diperuntukkan untuk keperluan pertanian. Hal ini menunjukkan bahwa hulu Sungai Brantas masih layak digunakan untuk keperluan irigasi. Meningkatnya kadar besi dalam perairan kemungkinan disebabkan oleh terbentuknya besi karbonat ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) dalam air sungai akibat infiltrasi air hujan dalam air tanah yang mengandung FeO dan bereaksi dengan H_2O dan CO_2 (Suhernomo, dkk., 2014). Selain itu, terbawanya ion-ion besi yang berasal dari sungai yang masuk ke hulu Sungai Brantas melalui drainase atau air hujan juga kemungkinan menyebabkan kadar besi dalam perairan meningkat. Berdasarkan pH air sungai, besi terbentuk sebagai ferihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Hal ini dikarenakan Fe^{3+} sulit larut pada pH 6 sampai 8 (Alaerts & Santika, 1984).

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, hulu Sungai Brantas tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum, dan MCK, tetapi masih dapat diperuntukkan untuk pertanian atau perikanan.

Tengah Sungai Brantas

Titik pengamatan daerah tengah Sungai Brantas adalah TP 2. Tengah Sungai Brantas terletak di daerah Jatimulyo, Lowokwaru, Malang. Kondisi air sungai daerah Tengah Sungai Brantas berwarna coklat, dan di tepi sungai pada beberapa titik terdapat sampah. Hasil analisis kualitas air pada Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur air sungai adalah 24°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pada Tengah Sungai Brantas termasuk dalam suhu optimum.

Tengah Sungai Brantas ditinjau dari pH-nya cenderung asam dan termasuk kelas IV. Banyaknya sampah organik yang dibuang ke sungai dari bisnis kuliner dan pemukiman penduduk yang berada di sekitar dua kampus yang dekat dengan

sungai kemungkinan menyebabkan penguraian organik di sungai menjadi lebih tinggi, sehingga meningkatkan kandungan asam organik di sungai, dan pH air sungai menjadi lebih rendah.

Kadar besi pada daerah tengah Sungai Brantas termasuk tinggi dan bukan termasuk kelas I, namun aman diperuntukkan untuk keperluan pertanian. Berdasarkan nilainya, kadar besi pada daerah tengah Sungai Brantas lebih besar daripada hulu Sungai Brantas, hal ini kemungkinan dikarenakan pada daerah aliran tengah Sungai Brantas terdapat industri keramik yang bahan dasarnya adalah tanah liat yang mengandung senyawa besi. Berdasarkan pH air sungai, besi pada tengah Sungai Brantas bersifat larut dalam air sungai dan membentuk Fe^{2+} (Alaerts & Santika, 1984).

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, tengah Sungai Brantas tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum, dan MCK, tetapi masih dapat diperuntukkan untuk pertanian atau perikanan.

Hilir Sungai Brantas

Titik pengamatan daerah hilir Sungai Brantas adalah TP 3. Hilir Sungai Brantas terletak di daerah Kotalama, Kedungkandang, Malang. Kondisi air sungai daerah Hilir Sungai Brantas berwarna coklat, di tepi sungai pada beberapa titik terdapat sampah, dan sebagian penduduk sekitar menggunakan sungai untuk aktifitas mandi cuci kakus (MCK). Hasil analisis kualitas air pada Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur air sungai adalah 25°C . Hal ini menunjukkan bahwa suhu pada hilir Sungai Brantas termasuk dalam suhu optimum.

Hilir Sungai Brantas ditinjau dari pH-nya cenderung basa dan termasuk kelas I. Meningkatnya pH air sungai kemungkinan dikarenakan meningkatnya sisa air detergen dalam perairan yang berasal dari limbah rumah tangga, karena air detergen bersifat basa. Apalagi di sekitar sungai diketahui terdapat pemukiman penduduk yang padat dan limbah rumah tangga dibuang langsung ke sungai melalui pipa yang bermuara ke sungai.

Kadar besi pada daerah hilir Sungai Brantas termasuk tinggi dan bukan termasuk kelas I, namun aman diperuntukkan untuk keperluan pertanian. Tingginya kadar besi pada hilir Sungai Brantas kemungkinan disebabkan terbawanya ion-ion besi yang berasal dari hulu dan tengah Sungai Brantas yang masuk ke hilir Sungai Brantas melalui drainase atau air hujan. Berdasarkan pH air sungai, besi terbentuk sebagai ferihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) yang merupakan zat padat dan bisa mengendap.

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, Hilir Sungai Brantas tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum, dan MCK, tetapi masih dapat diperuntukkan untuk pertanian atau perikanan.

Hilir Sungai Bango

Titik pengamatan daerah hilir Sungai Bango adalah TP 4. Hilir Sungai Bango terletak di Kecamatan Kedungkandang, Malang. Kondisi air sungai daerah

hilir Sungai Bango berwarna coklat, di tepi sungai terdapat sampah. Hasil analisis kualitas air pada Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur air sungai adalah 25°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pada hilir Sungai Bango termasuk dalam suhu optimum.

Hilir Sungai Bango ditinjau dari pH-nya cenderung asam dan termasuk kelas I. Adanya aktivitas penguraian sampah organik dari pemukiman penduduk sekitar Sungai Bango kemungkinan menyebabkan terjadinya pembentukan asam organik di hilir Sungai Bango, sehingga menyebabkan pH air sungai menjadi rendah dan bersifat asam.

Kadar besi pada daerah hilir Sungai Bango termasuk tinggi dan bukan termasuk kelas I, namun aman diperuntukkan untuk keperluan pertanian. Tingginya kadar besi pada hilir Sungai Bango kemungkinan disebabkan oleh adanya industri cat pada daerah yang aliran sungainya bermuara ke hilir Sungai Bango, sehingga ion-ion besi masuk ke hilir Sungai Bango melalui drainase dan aliran air hujan. Hal ini dikarenakan besi merupakan salah satu komponen penyumbang pigmen pewarna pada insutri cat (Talbert, 2008; Sia, dkk., 2014). Berdasarkan pH air sungai, besi terbentuk sebagai ferihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) yang merupakan zat padat dan bisa mengendap.

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, hilir Sungai Bango tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum, dan MCK, tetapi masih dapat diperuntukkan untuk pertanian atau perikanan.

Hilir Sungai Amprong

Titik pengamatan daerah hilir Sungai Amprong adalah TP 5. Hilir Sungai Amprong terletak di Kecamatan Kedungkandang, Malang. Kondisi air sungai daerah hilir Sungai Amprong berwarna coklat, di tepi sungai terdapat sampah. Hasil analisis kualitas air pada Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur air sungai adalah 25°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pada hilir Sungai Amprong termasuk dalam suhu optimum.

Hilir Sungai Amprong ditinjau dari pH-nya cenderung asam dan termasuk kelas IV. Banyaknya sampah organik dari tempat pemukiman penduduk di sekitar sungai, tempat wisata, serta beberapa industri yang berada di sepanjang sungai yang mengalir ke hilir Sungai Amprong kemungkinan menyebabkan penguraian organik menjadi lebih tinggi, sehingga kandungan asam-asam organik di hilir Sungai Amprong menjadi lebih besar, dan pH air sungai menjadi lebih rendah dan bersifat asam.

Kadar besi pada daerah hilir Sungai Amprong termasuk tinggi dan bukan termasuk kelas I, namun aman diperuntukkan untuk keperluan pertanian. Tingginya kadar besi pada hilir Sungai Amprong kemungkinan disebabkan oleh adanya industri cat dan industri percetakan yang berada di daerah yang aliran sungainya bermuara ke hilir Sungai Amprong melalui drainase dan aliran air hujan. Hal ini dikarenakan bentuk oksida Fe merupakan pigmen pewarna pada insutri cat (Talbert,

2008; Sia, dkk., 2014), tinta (Kolar, dkk., 2006). Berdasarkan pH air sungai, besi dalam hilir Sungai Amprong kemungkinan mudah larut dalam air sungai dan membentuk Fe^{2+} (Alaerts & Santika, 1984).

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, Hilir Sungai Amprong tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum, dan MCK, tetapi masih dapat diperuntukkan untuk pertanian atau perikanan.

Titik pertemuan Hilir Sungai Bango dan Amprong

Titik pengamatan daerah titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong adalah TP 6. Titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong terletak di Kecamatan Kedungkandang, Malang. Kondisi air sungai berwarna coklat, di tepi sungai terdapat sampah. Hasil analisis kualitas air pada Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur air sungai adalah 25°C . Hal ini menunjukkan bahwa suhu air pada titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong termasuk dalam suhu optimum.

Titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong ditinjau dari pH-nya cenderung asam dan termasuk kelas I. Adanya aktivitas penguraian sampah organik dari pemukiman penduduk sekitar, serta terbawanya kandungan organik terlarut maupun tidak terlarut dari hilir Sungai Bango dan Amprong yang masuk ke sungai melalui drainase dan aliran air hujan kemungkinan menyebabkan pH air sungai menjadi rendah dan bersifat asam.

Kadar besi pada titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong termasuk tinggi dan bukan termasuk kelas I, namun aman diperuntukkan untuk keperluan pertanian. Tingginya kadar besi pada titik pertemuan Hilir Sungai Bango dan Amprong kemungkinan disebabkan oleh terbawanya sisa-sisa ion besi dari aliran Hilir Sungai Bango dan Hilir Sungai Amprong yang masuk ke sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Berdasarkan pH air sungai, besi terbentuk sebagai ferihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) yang merupakan zat padat dan bisa mengendap.

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum, dan MCK, tetapi masih dapat diperuntukkan untuk pertanian atau perikanan.

Hulu Tiga Sungai

Titik pengamatan daerah Hulu Tiga Sungai adalah TP 7. Hulu Tiga Sungai terletak di Kecamatan Kotalama, Kedungkandang, Malang. Kondisi air sungai berwarna coklat, di tepi sungai terdapat sampah. Hasil analisis kualitas air pada Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur air sungai adalah 24°C . Hal ini menunjukkan bahwa suhu pada Hulu Tiga Sungai termasuk dalam suhu optimum.

Hulu Tiga Sungai ditinjau dari pH-nya cenderung asam dan termasuk kelas I. Adanya aktivitas penguraian sampah organik dari pemukiman penduduk sekitar, serta terbawanya kandungan organik terlarut maupun tidak terlarut dari titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong serta dari hilir Sungai Brantas yang

masuk ke sungai melalui drainase dan aliran air hujan kemungkinan menyebabkan pH air sungai menjadi rendah dan bersifat asam.

Kadar besi pada hulu tiga sungai termasuk tinggi dan bukan termasuk kelas I, namun aman diperuntukkan untuk keperluan pertanian. Tingginya kadar besi pada hulu tiga sungai kemungkinan disebabkan oleh terbawanya sisa-sisa ion besi dari aliran hilir Sungai Brantas, dan titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong yang masuk ke sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Berdasarkan pH air sungai, besi terbentuk sebagai ferihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) yang merupakan zat padat dan bisa mengendap.

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, Hulu tiga sungai tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum, dan MCK, tetapi masih dapat diperuntukkan untuk pertanian atau perikanan.

SIMPULAN DAN SARAN

Kadar besi pada air Sungai Brantas di wilayah Kota Malang yang melewati tujuh titik yakni hulu Sungai Brantas, tengah Sungai Brantas, hilir Sungai Brantas, hilir Sungai Bango, hilir sungai Amprong, titik pertemuan hilir Sungai Bango dan Amprong, dan hulu tiga sungai secara berturut-turut adalah 1,35; 3,75; 3,15; 2,72; 5,70; 2,40; dan 4,00 mg/L. Berdasarkan hasil penentuan kadar besi, air Sungai Brantas di wilayah Kota Malang secara rata-rata bukan termasuk kelas I dan tidak layak digunakan untuk kebutuhan minum dan sebagai sarana pemeliharaan kebersihan diri, tetapi masih layak digunakan sebagai air irigasi dan budidaya ikan.

Harus dilakukan penelitian pada musim yang berbeda dan pada titik sampel yang lebih banyak supaya data lebih akurat.

DAFTAR RUJUKAN

- Alaerts, G. & Santika, S.S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2015. *Kota Malang dalam Angka : Malang City in Figure 2015*. (online), (<https://disnaker.malangkota.go.id/wp-content/uploads/sites/19/2017/06/Kota-Malang-Dalam-Angka-2015.pdf>, diakses 10 Juli 2017).
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Infonusa. 2015. *Kota Malang*, (online), (<https://infonusa.wordpress.com/2015/03/29/kota-malang/>, diakses 5 Desember 2017).
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*. Jakarta: Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Kolar, J., Stolf, A., Strlic, M., Pompe, M., Pihlar, B., Budnar, M., Simcic, J., & Reissland B. 2006. Historical Iron Gall Ink Containing Documents —

Properties Affecting their Condition. *Analytica Chimica Acta*, 555: 167-174.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pendalian Pencemaran Air. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

Poppo, A., Mahendra, M.S., & Sundra, I.K. (2008). Studi kualitas perairan pantai di kawasan industri perikanan, Desa Pengambengan, Kecamatan Negara, Kabupaten Jembrana. *Ecotrophic: Journal of Environmental Science*, 3(2).

Pratama, A.G., Pribadi, R., & Maslukah, L. 2012. Kandungan Logam Berat Pb dan Fe pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Journal of Marine Research*, 1(1): 118-122.

Sia, C.K., Mohd, S.H., Ong, P., & Fie, K.J. 2014. Iron Oxide Rust as Raw Material for the Production of Red Pigment in Paint Industry. *Applied Mechanics and Materials*, 660: 229-233.

Suhermono, Mursyid, A., Mahreda, E.S., & Chairuddin, Gt. 2014. Analisis Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn), dan pH Air Tanah Hasil Pemboran Geoteknik Di Tambang Batubara PT Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong dan Balangan Provinsi Kalimantan Selatan. *EnviroScienteeae*, 10: 103-111.

Talbert, R. 2008. *Paint Technology Handbook*. Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC.

Yetti, E., Soedharma, D., & Haryadi, S. 2011. Evaluasi Kualitas Air Sungai-sungai di Kawasan DAS Brantas Hulu Malang dalam Kaitannya dengan Tata Guna Lahan dan Aktivitas di Sekitarnya. *JPSL*, 1: 10-15.

Santi Puspitasari, dkk_Kimia Analitik

Evaluasi Sifat Ketahanan Oksidasi Termal pada Vulkanisat dari Berbagai Tingkatan Mutu Karet Alam Tanpa Bahan Pengisi

Santi Puspitasari, Woro Andriani, Berlian Dwi Hadiyati
Pusat Penelitian Karet, Jalan Salak Nomor 1,
Bogor 16151 Jawa Barat^{1,2}
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor Jawa
Barat³
e-mail: puspitasari.santi@puslitkaret.co.id

Abstrak: Sifat ketahanan oksidasi termal karet alam mentah sangat menentukan kualitas produk karet terutama untuk aplikasi luar ruangan. Penelitian ini mempelajari sifat ketahanan oksidasi termal vulkanisat yang dibuat dari berbagai tingkatan mutu karet alam (RSS1, SIR 20, BrCr, dan karet alam terhidrogenasi) tanpa bahan pengisi. Karet sintetik EPDM digunakan sebagai pembandingan. Evaluasi sifat ketahanan oksidasi termal dilakukan melalui analisis kualitatif dengan FTIR dan kuantitatif mencakup uji karakteristik vulkanisasi, derajat ikatan silang, dan sifat mekanik vulkanisat. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sifat ketahanan oksidasi termal vulkanisat karet alam tanpa bahan pengisi tidak dapat menandingi karet EPDM. Dalam struktur molekul karet alam mengandung banyak ikatan rangkap C=C yang sangat reaktif terhadap oksigen dan paparan sinar matahari.

Kata kunci: FTIR, karet alam, ketahanan oksidasi termal, vulkanisat karet

Abstract: The nature of thermal oxidation resistance of natural raw rubber determines the quality of rubber products especially for outdoor applications. This study investigated the properties of volcanic thermal oxidation resistance made from various levels of natural rubber (RSS1, SIR 20, BrCr, and hydrogenated natural rubber) without fillers. Synthetic rubber EPDM was used as a comparison. Evaluation of thermal oxidation resistance properties was done through qualitative analysis with FTIR and quantitative comprises test of vulcanization characteristic, degree of crosslink, and mechanical properties of vulcanicate. The results of the evaluation showed that the thermal oxidation properties of natural rubber vulkanisat without filler can not match EPDM rubber. In the structure of natural rubber molecules contain many double bonds C=C which was very reactive to oxygen and sun exposure.

Keywords: FTIR, natural rubber, thermal oxidation resistance, rubber vulkanisat

Karet alam yang diperoleh dari hasil penyadapan tanaman *Hevea brasiliensis Muell Arg* merupakan salah satu sumber daya hayati Indonesia dengan jumlah yang melimpah. Dengan luas areal perkebunan karet mencapai 3,65 juta hektar, Indonesia mampu menghasilkan karet alam sebesar 3,23 juta ton karet kering atau setara dengan 26,3% produksi karet alam global pada tahun 2015

(Ditjenbun, 2015). Sejak tahun 2013, karet alam telah ditetapkan menjadi salah satu produk ekspor utama oleh Kementerian Perdagangan karena mampu menyumbangkan devisa yang tinggi dibandingkan dengan produk komoditas perkebunan yang lain. Ekspor karet alam Indonesia tahun 2015 memberikan devisa senilai USD 4,4 Miliar (menguasai 31,5% pasar karet alam dunia).

Karet alam mentah produksi Indonesia dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tingkatan mutu antara lain karet konvensional jenis karet sit asap (*ribbed smoke sheet*, RSS 1) dan *brown crepe*, serta *technically standard rubber* yang dikenal dengan karet remah SIR 20. Setiap tingkatan mutu produk karet alam mentah tersebut memiliki karakteristik spesifik yang sangat berpengaruh terhadap mutu barang jadi karet. Karet sit asap RSS 1 merupakan tingkatan mutu yang paling unggul dan umumnya digunakan dalam pembuatan ban pesawat. Sedangkan karet SIR 20 meskipun memiliki mutu yang lebih rendah dapat merupakan jenis karet yang paling banyak dikonsumsi dan digunakan dalam pembuatan ban kendaraan bermotor. Selanjutnya karet *brown crepe* hanya diperbolehkan untuk pembuatan barang jadi karet yang tidak menuntut persyaratan yang ketat.

Sifat unggul karet alam yang tidak tersaingi oleh karet sintetik antara lain memiliki elastisitas yang tinggi dan *heat build up* yang baik sehingga tidak mudah panas saat bergesekan. Namun karakteristik karet alam yang bersifat non-polar mengakibatkannya tidak tahan minyak dan pelarut hidrokarbon. Selain itu karet alam juga dapat dengan cepat mengalami degradasi atau aus (mengeras tetapi menjadi rapuh) ketika terpapar oleh sinar matahari, panas, oksigen dan ozon (Arayaprane & Rempel, 2009; Piya-areetham, dkk., 2013a) yang berarti bahwa karet alam tersebut memiliki sifat ketahanan terhadap oksidasi termal yang rendah. Akibatnya karet alam tidak sesuai digunakan untuk memproduksi barang jadi karet untuk aplikasi luar ruangan (*outdoor rubber based product*) (Kongparakul, dkk., 2011). Sehingga pemanfaatan karet alam untuk keperluan tersebut harus dikombinasikan atau digantikan oleh karet sintetik impor bernilai ekonomi tinggi.

Keterbatasan karet alam tersebut telah dicoba diatasi dengan memodifikasi molekul karet alam secara hidrogenasi. Reaksi hidrogenasi terhadap molekul karet alam mengkonversi ikatan tak jenuh C=C dalam struktur rantai molekul karet alam menjadi ikatan jenuh C-C yang bersifat tidak reaktif terhadap proses oksidasi termal tanpa memutus rantai molekul karet alam tersebut. Sehingga melalui metode hidrogenasi diharapkan karet alam mampu mempertahankan sifat mekaniknya yang unggul namun menjadi lebih tahan terhadap proses oksidasi termal. Karet alam hasil hidrogenasi (*hydrogenated natural rubber*, HNR) berpeluang mensubstitusi karet sintetik yang tahan terhadap oksidasi termal seperti kloroprena (CR), butil (IIR), dan EPDM (Piya-areetham, dkk., 2013b).

Penelitian bertujuan mengevaluasi sifat ketahanan oksidasi termal karet alam yang dibuat dari berbagai tingkatan mutu karet alam mentah tanpa penambahan bahan pengisi. Karet alam mentah yang digunakan dalam penelitian meliputi RSS 1, SIR 20, dan *brown crepe* 3X. Karet alam mentah tersebut

dibandingkan dengan karet alam terhidrogenasi (HNR) dan karet sintetik tipe EPDM.

METODE

Penelitian yang dilakukan dengan metode eksperimental ini menggunakan karet alam mentah yang terdiri atas karet RSS 1 dan karet SIR 20 diperoleh dari Koperasi Karyawan INIRO Bogor, karet *brown crepe* BrCr 3X diperoleh dari Kebun Getas PT. Perkebunan Nusantara IX. Sedangkan karet alam terhidrogenasi merupakan hasil riset Pusat Penelitian Karet yang diperoleh dengan mereaksikan lateks karet alam dengan hidrasin hidrat/hidrogen peroksida pada konsentrasi 45/30 phr pada suhu 40°C. Karet alam terhidrogenasi (HNR) ini memiliki derajat hidrogenasi sebesar 60,45%. Sementara itu karet sintetik tipe EPDM Buna 6470 produksi Lanxess Jerman diperoleh dari PT. Multicitra Chemindo Nusa. Bahan kimia yang diperlukan dalam pembuatan kompon karet terdiri atas ZnO dan asam stearat sebagai bahan pengaktif, Mercaptobensotiasol (MBT) sebagai bahan pencepat, dan sulfur sebagai bahan pemvulkanisasi. Seluruh bahan kimia karet pada spesifikasi teknis diperoleh dari CV. Indrasari Bogor. Reagent yang diperlukan untuk analisis sifat kimia meliputi terpentin mineral, Cureo TS, natrium tiosulfat 0.1N, larutan kanji 5%, kalium iodida 20%, wijs, klorofom, dan toluena. Seluruh reagen kimia diperoleh dari Merck Jerman.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan kompon karet adalah mesin giling terbuka (*open mill*) skala laboratorium berkapasitas 1 kg kompon/*batch*. Selanjutnya instrument untuk karakterisasi meliputi FTIR Nicolet iS5 dari Thermo Scientific, Wallace Plastimeter, Alpha Rheometer MDR 2000, Durometer Shore A dan Universal Testing machine Tensometer Llyod 2000R. Sedangkan laboratory glassware yang digunakan meliputi cawan porselen, pipet, buret, Erlenmeyer, beakerglass, oven, neraca analitik, desikator, saringan, sudip, tanur, dan Bunsen.

Pembuatan kompon karet dan vulkanisat produk karet diperlukan sebagai sampel uji sifat fisik dan mekanik karet alam terhidrogenasi. Dalam penelitian formulas kompon karet dirancang mengikuti formula standar kompon karet ACS 1 seperti diuraikan dalam Tabel 1 berikut. Kompon karet dibuat dengan cara memastikasi karet dalam open mill, sehingga karet menjadi lunak. Kemudian ke dalam karet ditambahkan dengan bahan kimia karet dengan urutan bahan pengaktif, bahan pencepat, dan bahan pemvulkanisasi. Karet dan bahan kimia terus digiling sehingga terbentuk kompon karet yang homogen. Kompon karet dicuplik sebanyak 50 gram untuk uji karakteristik vulkanisasi, sedangkan sisa kompon dicetak dalam *hydraulic press machine* sehingga terbentuk lembaran vulkanisat karet. Untuk karakterisasi sifat kimia dan analisis kualitatif dengan FTIR cukup hanya menggunakan karet mentah.

Tabel 1. Formula Standar Kompon Karet ACS 1

No	Bahan	Dosis, <i>per hundred rubber</i> (phr)
1	Karet	100
2	ZnO	6
3	Asam Stearat	0,5
4	MBT	0,5
5	Sulfur	3,5

Karakterisasi sifat kimia karet alam mentah dan kompon karet meliputi parameter bilangan iod, plastisitas (plastisitas awal dan indeks ketahanan plastisitas), ketahanan usang, kadar kotoran dan kadar abu. Sedangkan karakterisasi sifat fisik dan mekanik vulkanisat karet meliputi derajat ikatan silang, kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus.

Analisis Spektrofotometer FTIR

Spektra FTIR karet hidrogenasi dianalisis pada bilangan gelombang antara 4000 - 500 cm^{-1} . Perangkat lunak OMNIC untuk pembacaan dan analisis. Berdasarkan pembacaan spektrum akan diketahui intensitas serapan, bilangan gelombang, gugus fungsional dan jenis ikatan pada karet alam mentah

Bilangan Iod

Uji bilangan iod karet alam mentah mengacu pada Metode Wijs sebagai berikut, sebanyak ± 0.03 g karet mentah direndam dengan 25 mL kloroform dalam labu Erlenmeyer dan ditutup selama 2 hari. Setelah 2 hari, ditambahkan sebanyak 25 mL larutan Wijs (ICI) dan ditutup kembali serta disimpan di tempat gelap selama 24 jam. Setelah itu larutan dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (yang telah distandardisasi). Ketika warna kuningnya telah memudar, ditambahkan 5 tetes indikator kanji 5% b/v dan terbentuk warna biru tua. Kemudian titrasi dilanjutkan kembali hingga warna biru menghilang. Bilangan iodin dihitung dengan persamaan (1) berikut.

$$\text{Bilangan Iodin} = N \times 12.69 \left(\frac{V_b - V_a}{m} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

N = Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hasil standardisasi (N)

V_b = Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk titrasi blanko (mL)

V_a = Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk titrasi sampel (mL)

m = Massa karet (g)

Plastisitas Karet Mentah

Indeks ketahanan plastisitas merupakan persen rasio plastisitas karet setelah pengusangan terhadap sebelum pengusangan. Kondisi pengusangan pada pengujian ini ditetapkan pada 140°C selama 30 menit. Metode uji indeks ketahanan plastisitas mengacu pada ASTM D 3194-04.

$$\text{Indeks ketahanan plastisitas} = \frac{\text{Plastisitas setelah pengusangan}}{\text{Plastisitas sebelum pengusangan}} \times 100 \% = \frac{P_a}{P_o} \times 100 \% \quad (2)$$

Kadar Kotoran

Analisa kadar kotoran didasarkan pada kemampuan kelarutan karet sebesar 10gram (A) dalam 250 ml pelarut terpentine mineral dan 1.5 ml Curo TS yang dipanaskan diatas pemanas infra merah pada suhu 120°C dan kemudian disaring dengan saringan 325 mesh (B) serta dioven selama 1 jam pada suhu 100°C, didinginkan (C) dan ditimbang sesuai persamaan (3).

$$\text{Kadar kotoran} = \frac{\text{bobot C} - \text{bobot B}}{\text{bobot A}} \times 100\% \quad (3)$$

Kadar Abu

Analisa kadar abu dilakukan berdasarkan metode pengabuan 5±0.1gram sampel di dalam tanur pada suhu 550°C selama 2 jam. Perhitungan dapat dilihat pada persamaan (4).

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot sampel awal} - \text{bobot sampel akhir}}{\text{bobot sampel awal}} \times 100\% \quad (4)$$

Derajat Ikatan Silang

Pengukuran derajat ikatan silang dalam vulkanisat karet mengikuti prosedur yang dikembangkan oleh Surya dan Siregar (2014) sebagai berikut, vulkanisat karet dipotong pada dimensi 30 mm x 5 mm x 2 mm, kemudian ditimbang sebagai bobot awal. Potongan sampel kemudian direndam dalam toluena selama 36 jam pada suhu ruang di tempat gelap. Sampel vulkanisat yang telah mengembang kemudian dikeluarkan dari toluena dan dibersihkan dengan kertas tisu sebelum ditimbang. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga tercapai bobot konstan. Derajat ikatan silang dihitung berdasarkan persamaan Flory-Rehner berikut.

$$M_c = \frac{-\rho_p V_s V_r^3}{\ln(1 - V_s) + V_r + \chi V_r^2} \quad (5)$$

$$V_r = \frac{1}{1 + Qm} \quad (6)$$

$$V_c = \frac{1}{M_c} \quad (7)$$

Keterangan:

ρ_p = densitas karet

V_s = volume molar toluene

V_r = fraksi volume karet

Qm = bobot karet

χ = parameter interaksi antara karet dengan solven.

Karakteristik Vulkanisasi

Uji karakteristik vulkanisasi kompon karet dilakukan dalam *Moving Die Rheometer* (MDR) pada suhu 150°C selama 20 menit.

Uji Kekerasan (Shore A)

Metode uji kekerasan vulkanisat karet mengacu pada ASTM D 2240. Sampel pengukuran kekerasan berupa pelat setebal $2 \pm 0,2$ mm yang ditumpuk menjadi setebal $6 \pm 0,2$ mm. Pengukuran kekerasan diulang pada berbagai titik yang berbeda minimal 5 titik untuk setiap sampel yang sama.

Uji Elastisitas (Kuat Tarik dan Perpanjangan Putus)

Pengujian elastisitas vulkanisat karet dilakukan pada suhu ruang berdasarkan metode dalam ASTM D 412. *Crosshead speed* diatur pada 50 mm/menit sedangkan beban kerja sebesar 0-300 N. Sampel dibentuk seperti dayung (*dumble*) berukuran tebal $2 \pm 0,2$ mm dan lebar 5 mm.

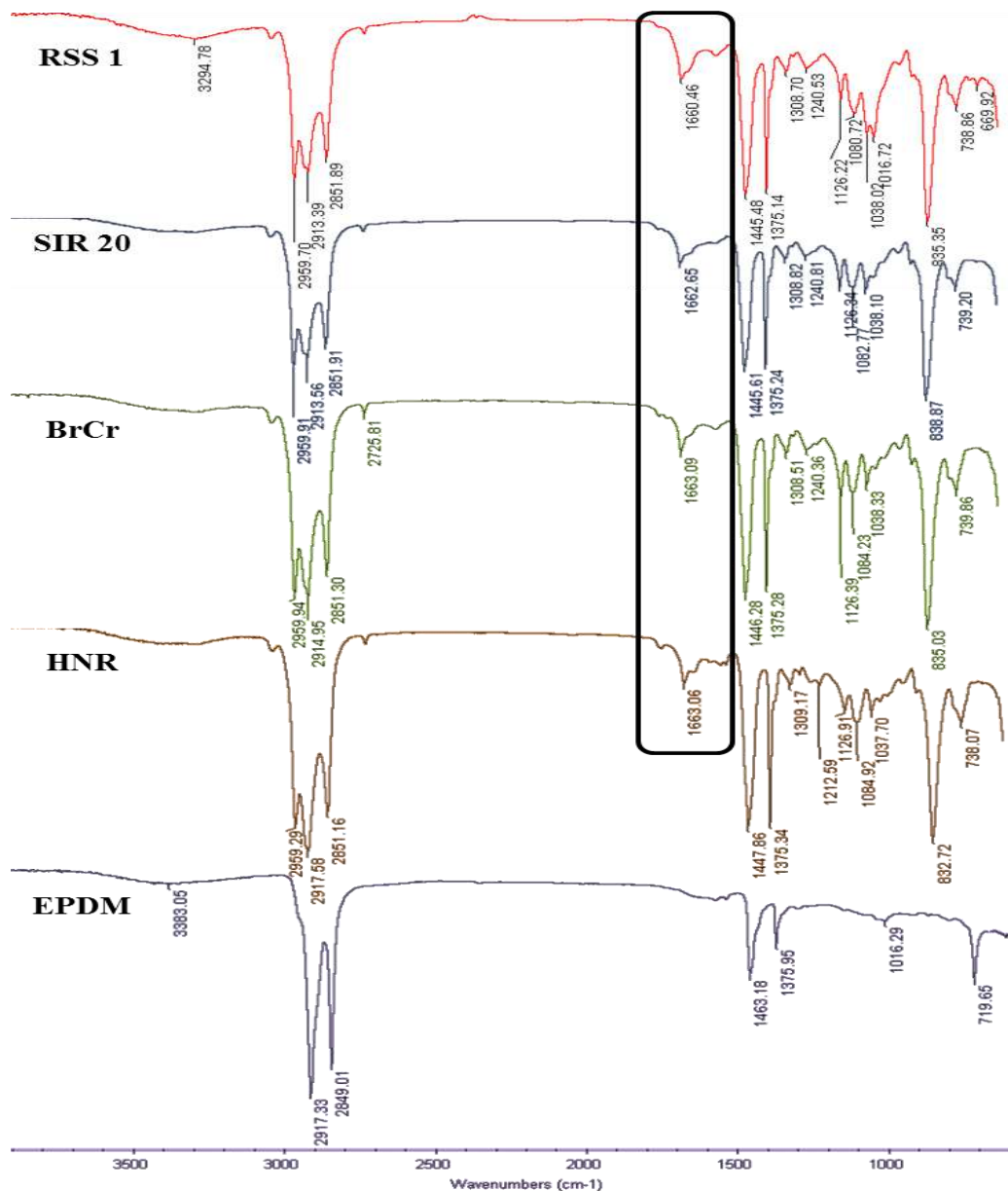
Ketahanan Terhadap Pengusangan (% Retensi)

Ketahanan polimer terhadap pengusangan (retensi) diperhitungkan menurut formulasi sebagai berikut :

$$\% \text{ Retensi} = \frac{\text{Nilai setelah pengusangan}}{\text{Nilai sebelum pengusangan}} \times 100\% \quad (8)$$

HASIL

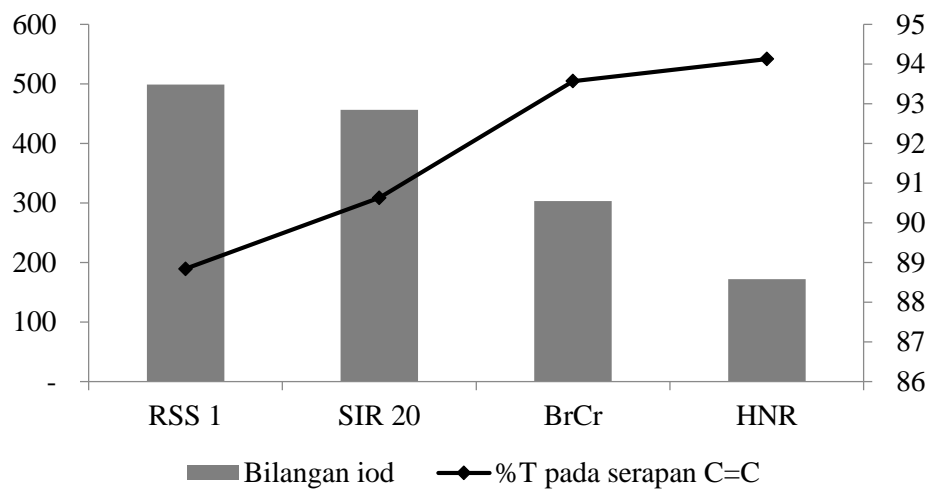
Sifat ketahanan oksidasi termal karet alam terhidrogenasi dapat diketahui berdasarkan hasil analisis kualitatif maupun kuantitatif terhadap sifat karet alam mentah terhidrogenasi maupun kompon dan vulkanisat karet alam terhidrogenasi tersebut. Analisis kualitatif terhadap karet mentah dilakukan dengan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam molekul karet. Spektra hasil analisis dengan FTIR berbagai jenis karet mentah disajikan pada Gambar 1 sedangkan intepretasi data pada spektra FTIR berbagai jenis karet alam yang dibandingkan dengan karet sintetik tipe EPDM dirangkum pada Tabel 2. Sementara itu Gambar 2 menyajikan hubungan antara persentase transmisi pada puncak serapan untuk ikatan C=C pada bilangan gelombang sekitar 1660 cm^{-1} dengan bilangan iod karet alam mentah serta karet alam terhidrogenasi (HNR). Hasil pengujian parameter plastisitas (plastisitas awal dan indeks ketahanan plastisitas) sebagai salah satu penentu sifat ketahanan oksidasi termal karet alam mentah disajikan dalam Gambar 3. Selanjutnya pada Gambar 4 ditampilkan hasil pengujian kadar kotoran dan kadar abu karet mentah. Kedua parameter ini meskipun tidak berkaitan langsung dengan sifat ketahanan oksidasi termal karet namun berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekaniknya.



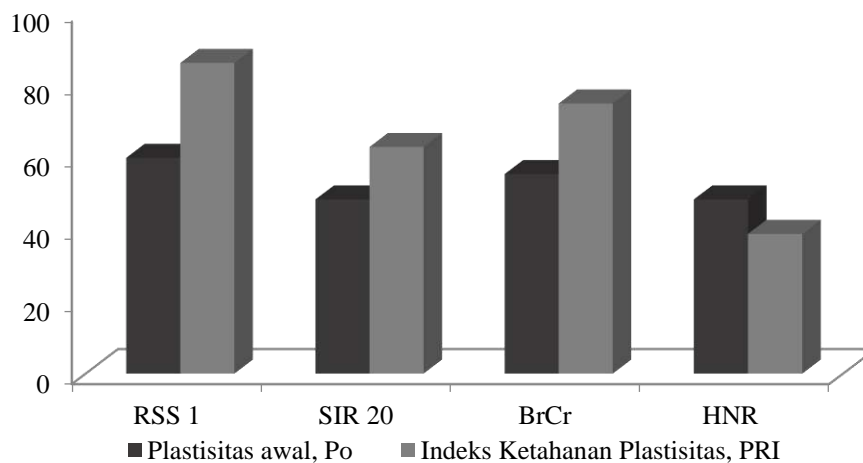
Gambar 1. Spektra FTIR Berbagai Jenis Karet Alam Dibandingkan dengan EPDM

Tabel 2. Interpretasi Spektra FTIR pada Molekul Karet

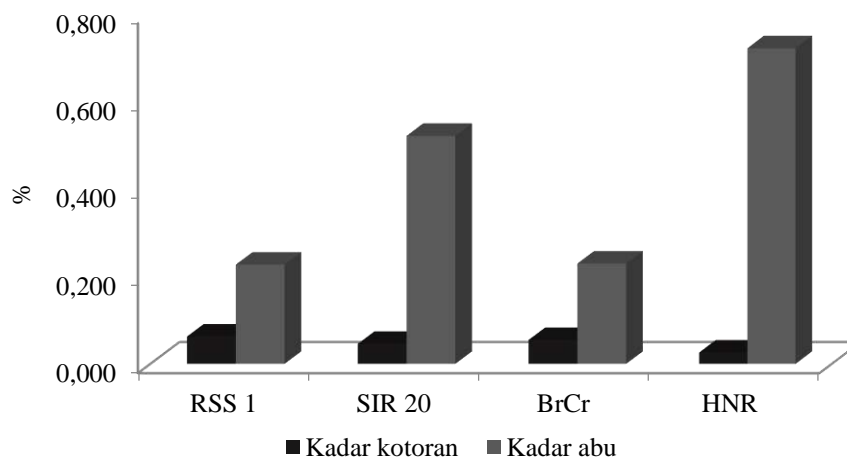
No	Vibrasi dan gugus fungsi	Bilangan gelombang, cm ⁻¹				
		RSS1	SIR20	BrCr	HNR	EPDM
1	Ulur -CH ₂ - Asimetri	2913,39	2913,56	2914,95	2917,58	2917,33
2	Ulur -CH ₂ - Simeteri	2851,89	2851,91	2851,30	2851,16	2849,01
3	Ulur C=C	1660,46	1662,65	1663,09	1663,06	-
4	Tekuk -CH ₃ Asimetri	1445,48	1445,61	1446,28	1447,86	1463,18
5	Tekuk -CH ₂ - Simeteri	1375,14	1375,24	1375,26	1375,34	1375,95
6	Tekuk =CH-	835,35	838,87	835,03	832,72	-



Gambar 2. Korelasi Transmisi Serapan C=C dengan Bilangan Iod Berbagai Jenis Karet Alam

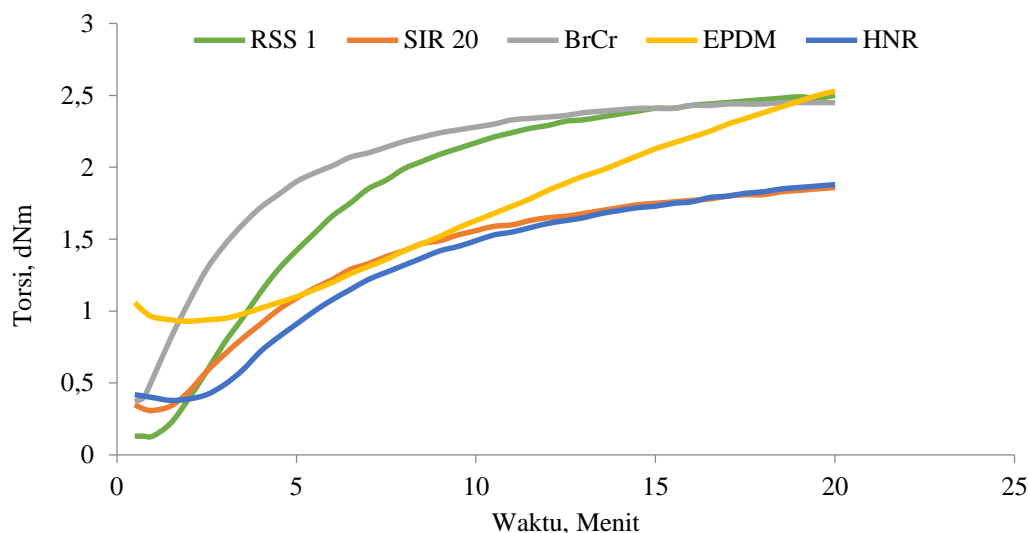


Gambar 3. Plastisitas Berbagai Jenis Karet Alam



Gambar 4. Kadar Kotoran dan Kadar Abu Berbagai Jenis Karet Alam

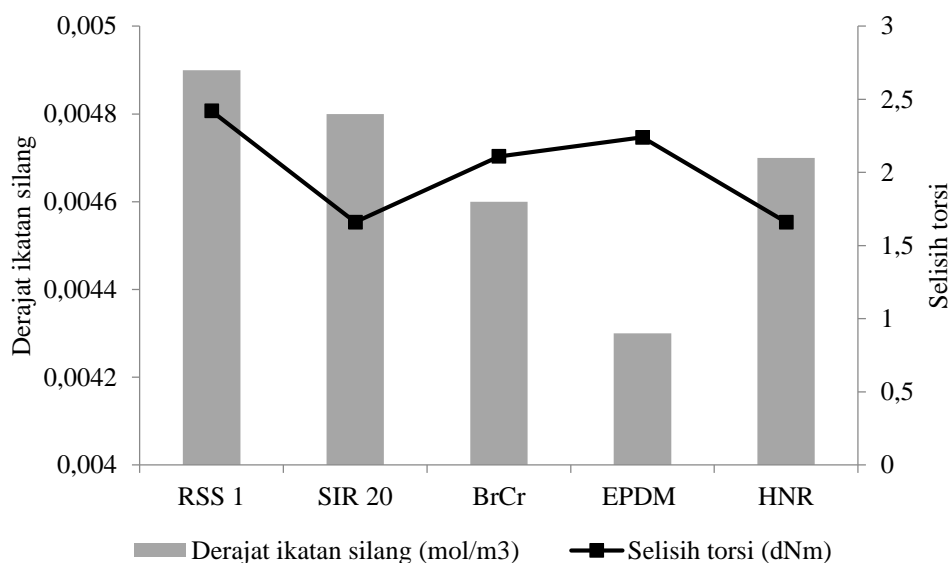
Hasil karakterisasi vulkanisasi kompon karet seperti diilustrasikan dalam Gambar 5 dan dirangkum dalam Tabel 3 dapat digunakan sebagai indikator sifat ketahanan okidasi termal kompon karet. Sementara itu, korelasi selisih torsi dari kompon karet dengan derajat ikatan silang yang terbentuk selama reaksi vulkanisasi kompon karet menjadi vulkanisat karet disajikan dalam Gambar 6. Selanjutnya sifat fisik dan mekanik vulkanisat karet alam maupun karet sintetik dirinci dalam Tabel 4.



Gambar 5. Rheograf Karakteristik Vulkanisasi Kompon Karet

Tabel 3. Karakteristik Vulkanisasi Kompon Karet

No	Parameter	Kode					Unit
		RSS 1	SIR 20	BrCr	EPDM	HNR	
1	Torsi maksimum	2,54	1,97	2,47	3,16	2,03	dNm
2	Torsi minimum	0,12	0,31	0,36	0,92	0,37	dNm
3	Selisih torsi	2,42	1,66	2,11	2,24	1,66	dNm
4	Waktu vulkanisasi optimal	12.02	17.06	09.15	25.53	19.10	Min:Sec
5	Waktu pra vulkanisasi	09.10	NA	12.24	25.47	NA	Min:Sec



Gambar 6. Korelasi Selisih Torsi dengan Derajat Ikatan Silang Vulkanisat Karet

Tabel 4. Sifat Fisik dan Mekanik Vulkanisat Karet

No	Parameter	Kode 1					Units
		RSS 1	SIR 20	BrCr	EPDM	HNR	
1	Pampatan tetap	31,24	35,11	24,80	43,28	28,66	%
2	Ketahanan ozon	<i>Cracks < 48 hrs</i>	<i>Cracks < 48 hrs</i>	<i>No Cracks</i>	<i>No Cracks</i>	<i>No Cracks</i>	
Sebelum Pengusangan							
4	Kuat tarik	21,1	10,4	23,5	10,9	17,3	N/mm ²
5	Perpanjangan putus	800	770	770	680	900	%
6	Kekerasan	35	32	38	55	35	Shore A
Setelah Pengusangan							
7	Kuat tarik	20,1	19,9	24,6	4,8	18,5	N/mm ²
8	Perpanjangan putus	700	760	700	480	820	%
9	Kekerasan	40	39	42	55	38	Shore A
	% Retensi	95,26	191,35	104,68	44,04	106,94	

PEMBAHASAN

Struktur rantai molekul karet alam dapat diidentifikasi berdasarkan hasil analisis spektrofotometer FTIR. Dari Gambar 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa spektra FTIR karet alam dikarakterisasi oleh serapan tajam pada puncak bilangan gelombang sekitar 1660 cm⁻¹ (ikatan rangkap tak jenuh C=C, vibrasi ulur) dan 834 cm⁻¹ (ikatan =C-H, vibrasi tekuk) (Ibrahim, dkk., 2014), 2960 cm⁻¹ (ikatan CH₃, vibrasi ulur), 1446 cm⁻¹ (ikatan CH₃, vibrasi tekuk), 2850 cm⁻¹ (ikatan CH₂, vibrasi ulur), 1375 cm⁻¹ (ikatan CH₂, vibrasi tekuk) (Mahittikul, dkk., 2007; Mahittikul, dkk., 2009; Arayaprane & Rempel, 2013). Sedangkan pada struktur molekul karet sintetik EPDM meskipun menyerupai struktur molekul karet alam namun tidak terlihat adanya serapan pada bilangan gelombang 1660 cm⁻¹ dan 835 cm⁻¹ (Inoue & Nishio, 2007). Keberadaan ikatan rangkap C=C dalam molekul karet alam sangat berpengaruh terhadap sifat ketahanan oksidasi termal karet alam. Ikatan C=C

bersifat reaktif terhadap serangan oksigen, ozon, dan sinar matahari atau proses oksidasi termal. Pada karet sintetik EPDM, kadar ikatan rangkap C=C sangat rendah sehingga tidak tampak pada spektra FTIR menyebabkan karet sintetik tipe EPDM memiliki sifat ketahanan oksidasi termal yang sangat baik.

Konsentrasi ikatan rangkap C=C dalam molekul karet alam sebanding dengan bilangan iod namun berbanding terbalik dengan prosentase transmisi seperti terlihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 tampak bahwa karet RSS1 memiliki bilangan iod tertinggi yang diikuti dengan prosentase transmisi terendah, sedangkan karet alam terhidrogenasi (HNR) menghasilkan bilangan iod paling rendah. Reaksi hidrogenasi dalam pembentukan karet alam terhidrogenasi menyebabkan tereliminasi ikatan rangkap tak jenuh C=C menjadi ikatan tunggal jenuh C-C. Atom hidrogen dari senyawa diimida sebagai reagen penghidrogenasi mengadisi ikatan rangkap C=C dalam rantai molekul karet alam terhidrogenasi sehingga terputus menjadi ikatan tunggal C-C.

Bahan baku yang digunakan dalam produksi karet alam mentah turut menentukan sifat karet alam mentah tersebut. Karet RSS 1 terbuat dari lateks kebun berkualitas tinggi, demikian pula dengan teknik pengolahannya yang sangat mengutamakan kebersihan sehingga karet RSS 1 dikenal memiliki karakteristik yang unggul dibandingkan jenis karet alam mentah yang lainnya. Meskipun dalam karet RSS 1 banyak mengandung ikatan rangkap C=C, namun karet jenis ini tetap memiliki plastisitas dan indeks ketahanan plastistas yang tinggi (Gambar 3). Sifat ini diperkirakan karena dalam rantai molekul karet alam RSS1 masih banyak mengandung senyawa antioksidan alami. Partikel karet alam berbentuk bulat yang diselubungi oleh lapisan protein dan fosfolipid. Lapisan fosfolipid tersebut berfungsi sebagai antioksidan alami bagi partikel karet alam. Keunggulan tersebut juga terlihat dari nilai kadar abu dan kadar kotoran karet RSS 1 yang rendah.

Karet alam mentah jenis SIR 20 dan BrCr dibuat dari bahan baku berupa koagulum lapangan jenis lump mangkuk atau slab yang mayoritas berasal dari kebun karet milik petani karet sehingga mutunya sangat beragam dan kebersihannya menjadi tidak terjamin. Petani karet sering kali memperlakukan lump mangkok dan slab sebelum diolah menjadi karet SIR 20 dan *brown crepe* dengan cara direndam di dalam air dan dijemur di bawah matahari. Cara penyimpanan tersebut menyebabkan kerusakan senyawa non karet yang berfungsi sebagai antioksidan alami serta nilai kadar abu dan kadar kotoran dalam karet SIR 20 dan *brown crepe* yang relatif tinggi. Kerusakan antioksidan alami dan terjadinya paparan sinar matahari dan oksigen selama penyimpanan juga mengakibatkan terputusnya ikatan rangkap C=C dalam molekul karet SIR 20 dan *brown crepe* sehingga kedua karet tersebut memiliki bilangan iod dan plastisitas yang lebih rendah dibandingkan karet RSS 1.

Pada karet alam terhidrogenasi meskipun memiliki bilangan iod paling rendah yang berarti bahwa paling sedikit mengandung ikatan rangkap C=C namun juga menghasilkan plastistas yang rendah. Fenomena ini diperkirakan disebabkan

karena saat berlangsungnya reaksi hidrogenasi turut disertai dengan terjadinya reaksi samping depolimerisasi. Reaksi samping depolimerisasi menyebabkan terputusnya rantai panjang molekul karet menjadi rantai yang lebih pendek (Azhar, dkk., 2015). Depolimerisasi juga dapat terjadi karena terbentuknya radikal hidroksi dari peruraian hidrogen peroksida yang tidak bereaksi dengan hidrasin hidrat (Ibrahim, dkk., 2014). Karet alam terhidrogenasi memiliki nilai kadar kotoran rendah namun kadar abu yang tinggi. Karet alam terhidrogenasi terbuat dari lateks karet alam pekat yang sangat bersih, sedangkan kadar abu yang tinggi disebabkan karena adanya penambahan larutan CaCl_2 saat penggumpalan lateks hidrogenasi menjadi karet alam terhidrogenasi. Kandungan kalsium menjadi sumber abu.

Selain dari karet alam mentah, sifat ketahanan oksidasi termal karet dapat dipelajari dari hasil karakteristik vulkanisasi (*curing characteristic*) kompon karet. Kurva rheograf hasil pengukuran karakteristik vulkanisasi seperti disajikan dalam Gambar 5 menunjukkan tiga kecenderungan pola yaitu pola reversi (menurun) untuk kompon karet *brown crepe*, pola plateau (datar) untuk kompon karet RSS 1, SIR 20, dan HNR serta pola *marching* (meningkat) untuk kompon karet EPDM. Kompon karet dengan kecenderungan *marching* memiliki sifat ketahanan oksidasi termal yang terbaik. Sebaliknya kompon karet yang mengalami reversi cenderung sangat rentan terhadap proses oksidasi termal (Farid & Arunashanthi, 2013).

Pola rheograf dalam karakteristik vulkanisasi kompon karet dipengaruhi oleh derajat ikatan silang. Kompon karet yang mengalami reversi dapat disebabkan karena berkurangnya derajat ikatan silang dalam rantai molekul karet alam tersebut. Pada saat kompon karet dikenai panas dan tekanan tinggi maka akan terjadi reaksi vulkanisasi yang menghasilkan ikatan silang antar molekul karet yang dijembatani oleh sulfur. mekanisme reaksi vulkanisasi terjadi melalui pemutusan ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$ dalam rantai molekul karet oleh atom sulfur. Jumlah ikatan silang antar molekul karet yang dijembatani oleh sulfur tersebut diukur berdasarkan nilai derajat ikatan silang. Ikatan sulfur yang menjembatani molekul karet dapat berupa monosulfida, disulfida, dan polisulfida. Kecenderungan reversi terjadi apabila dalam kompon karet tersebut banyak ditemukan ikatan polisulfida yang sangat mudah terurai karena pengaruh panas (*overcure*). Pada kompon karet EPDM, adanya pengaruh panas justru menyebabkan kurva rheograf terus meningkat. Hasil ini membuktikan bahwa karet EPDM memiliki sifat ketahanan oksidasi termal yang sangat baik.

Besarnya derajat ikatan silang juga dapat digambarkan dari nilai selisih torsi turut menentukan sifat fisik dan mekanik vulkanisat karet (Samarzija-Jovanovic, dkk., 2014). Derajat ikatan silang tertinggi diperoleh dari vulkanisat karet RSS1 diikuti oleh karet SIR 20 dan *brown crepe*. Kandungan ikatan rangkap yang besar dan rantai molekul karet alam yang panjang dalam molekul karet alam menghasilkan derajat ikatan silang yang tinggi. Sedangkan pada karet sintetik tipe EPDM, ikatan silang antar molekul karet yang terbentuk hanya sedikit karena rendahnya kandungan ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$ tak jenuh dalam rantai molekulnya.

Derajat ikatan silang pada karet alam terhidrogenasi sedikit lebih rendah daripada karet RSS 1 dan SIR 20 karena sebagian ikatan rangkap C=C dalam rantai molekulnya telah direduksi menjadi ikatan tunggal C-C saat reaksi hidrogenasi. Derajat ikatan silang berdampak langsung terhadap sifat fisik dan mekanik vulkanisat karet. Derajat ikatan silang yang tinggi akan diikuti oleh sifat kekerasan dan elastisitas yaitu kuat tarik dan perpanjangan putus yang baik. Pada pengujian elastisitas, vulkanisat karet diregangkan sehingga molekulnya mengalami kristalisasi (*strain induced crystallization*). Pada saat perenggangan tersebut, ikatan silang dalam struktur rantai molekul karet alam membentuk susunan teratur dan rapi yang menyerupai kristal sehingga diperlukan tenaga yang besar untuk dapat memutus rantai molekul karet tersebut.

Ketahanan pengusangan (% retensi) diperlukan untuk mengetahui kemampuan vulkanisat karet dalam mempertahankan sifat mekaniknya setelah terpapar oleh oksigen pada kondisi pemanasan lanjut. Molekul oksigen akan mengoksidasi ikatan rangkap C=C yang masih tersisa sedangkan kondisi pemanasan lanjut diperkirakan dapat menyebabkan terbentuknya ikatan silang (vulkanisasi lanjut) sehingga meningkatkan sifat fisik karetnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil karakterisasi adalah bahwa sifat ketahanan terhadap oksidasi termal karet mentah, kompon maupun vulkanisat karet alam tanpa bahan pengisi tidak dapat menandingi karet sintetik tipe EPDM meskipun sifat elastisitas karet alam lebih baik daripada karet EPDM. Dalam struktur molekul rantai karet alam mengandung lebih banyak ikatan rangkap tak jenuh C=C daripada dalam rantai molekul karet EPDM. Ikatan rangkap C=C sangat rentan terhadap proses oksidasi termal atau paparan oksigen, ozon, dan sinar matahari. Terjadinya reaksi samping depolimerisasi selama pembentukan karet alam terhidrogenasi justru menurunkan sifat ketahanan oksidasi termal karet alam terhidrogenasi. Untuk memperkuat hasil analisis ketahanan oksidasi termal maka pada proses karakterisasi berikutnya perlu dilakukan uji sifat panas baik pada karet mentah, kompon maupun vulkanisat karet meliputi parameter analisis termogravimetri (TGA) dan *differential scanning calorimetry* (DSC).

DAFTAR RUJUKAN

- Arayaprane, W. & Rempel, G. L. 2009. Synthesis and Mechanical Properties of Diimide Hydrogenated Natural Rubber Vulcanizates. *J. App. Polym. Sci*, 114: 4066 – 4075.
- Arayaprane, W. & Rempel, G.L. 2013. Effects of Polarity on The Filler-Rubber Interaction and Properties of Silica Filled Grafted Natural Rubber Composite. *Journal of Polymers*, 2013: 1-9.

- Azhar, N.H.A., Jamaluddin, N., Rasid, Md. H., Yusof, M.J.M., & Yusoff, S.F.M. 2015. Studies of Hydrogenation of Liquid Natural Rubber Using Diimide. *International Journal of Polymer Science*, 2015: 1-6.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. Statistik Karet Indonesia 2013-2015. Jakarta: Ditjenbun.
- Farid, A. S. & K. D. Arunashanthi. 2013. Analysis of Marching-modulus Rubber Rheograms. *Polymer & Polymer Composite*, 21(6): 377-386.
- Ibrahim, S., Daik, R., & Abdullah, I. 2014. Functionalization of Liquid Natural Rubber Via Oxidative Degradation of Natural Rubber. *Polymers*, 6: 2928-2941.
- Inoue, S. & Nishio, T. 2007. Synthesis and Properties of Hydrogenated Natural Rubber. *Journal of Applied Polymer Science*, 103: 3957-3963.
- Kongparakul, S., Ng, F. T. T., & Rempel, G. L. 2011. Metathesis Hydrogenation of Natural Rubber Latex. *Applied Catalysis A: General*, 405: 129-136.
- Mahittikul, A., Prasassarakich, P., & Rempel, G. L. 2007. Diimide Hydrogenation of Natural Rubber. *Journal of Applied Polymer Science*, 105: 1188-1199.
- Mahittikul, A., Prasassarakich, P., & Rempel, G. L. 2009. Hydrogenation of Natural Rubber Latex in the Presence of $[\text{Ir}(\text{cod})(\text{PCy}_3)(\text{py})]\text{PF}_6$. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 297: 135-141.
- Piya-areetham, P., Prasassarakich, P., & Rempel, G. L. 2013a. Organic Solvent-Free Hydrogenation of Natural Rubber Latex and Synthetic Polyisoprene Emulsion Catalyzed By Water-Soluble Rhodium Complexes, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, Volume 372: 151 – 159.
- Piya-areetham, P., Prasassarakich, P., & Rempel, G. L. 2013b. Aqueous-Phase Hydrogenation of Nanosized Polyisoprene Emulsion Using Rhodium Catalysts. *European Polymer Journal*, Volume 49: 2584 – 2595.
- Samarija-Jovanovic, S., Jovanovic, V., Markovic, G., Zakovic, I., & Marinovic-Cincovic, M. 2014. Properties of Vulcanized Polyisoprene Rubber Composite Filled with Opalized white Tuff and Precipitated Silica. *Scientific World Journal*, 2014:1-9.

Surjani Wonorahardjo_Kimia Analitik

Etika dalam Perkembangan Ilmu Kimia

Surjani Wonorahardjo
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang 65145
e-mail: surjani.wonorahardjo@um.ac.id

Abstrak: Dimulai dari pertanyaan: mengapa etika diperlukan dalam melihat perkembangan ilmu kimia, dimensi etika berkembang dewasa ini menjadi sebuah substansi penting dan harus menjadi bagian dalam pendidikan kimia. Karena etika mengatur tingkah laku manusia dalam bertindak, kemajuan ilmu kimia seharusnya lebih ramah lingkungan serta mementingkan keselamatan dan keberlanjutan. Perkembangan ilmu kimia mempengaruhi teknologi yang bisa memberikan dampak bagi lingkungan maupun pada masyarakat. *Risk management* harus memasukkan pertimbangan etika. Di zaman digital perkembangan ilmu secara cepat di era digital memungkinkan komunikasi yang intensif dan cepat, dapat menjadi bias ke segala arah. Etika yang positif akan menjaga perubahan ke arah positif pula. Kode Etik Kimiawan Global (*Global Chemist Code of Ethics*) merupakan dokumen yang ditujukan pada para praktisi kimia maupun kimiawan profesional dalam ruang lingkup lingkungan, penelitian, penulisan karya ilmiah, keselamatan, dan keamanan. Kode etik ini dilengkapi dengan panduan yang operasional untuk berbagai bidang. Khusus dalam bidang pendidikan kimia, etika harus menjadi bagian penting untuk wawasan ke depan.

Kata kunci: etika, *global chemist code of ethics*, pendidikan kimia

Abstract: Beginning with the question: why ethics is necessary in view of the chemistry development, recently ethical dimension becomes an important substance and should be a part of chemistry education. Because ethics governs human behavior in action, the advancement of chemistry should be more environmentally friendly and concerned with safety and sustainability. The development of chemistry affects technology that can have an impact on the environment and on society. Risk management should incorporate ethical considerations. Digital age of rapid scientific development enables intensive and rapid communication, and it can be biased in all directions. A positive ethic will keep the change in a positive direction as well. The Global Chemist Code of Ethics is a document aimed at professional chemists and professional chemists within the scope of the environment, research, scientific writing, safety, and security. This code of ethics is complemented by operational guidelines for various fields. Particularly in the field of chemistry education, ethics should be an important part for future insight.

Keywords: ethics, global chemist code of ethics, chemistry education

Perkembangan sains dan teknologi yang sangat pesat dewasa ini pasti akan mempengaruhi perkembangan alam, baik perkembangan alam secara objektif

maupun perkembangan alam pikir ilmuwan modern. Pengetahuan manusia akan alam telah mencapai batas kemampuan manusia memanfaatkan alam sampai pada merekayasa alam (Wonorahardjo, 2011) seringkali tanpa disertai kedewasaan berpikir para ilmuwan. Dalam perkembangannya sebagian ilmuwan modern mengolah alam untuk banyak kepentingan pragmatis dan seringkali tidak memperhatikan alam sebagai kesatuan utuh. Manusia mementingkan produk, sebuah aksi sepihak yang mempunyai akhir pragmatis ini biasanya tidak disertai dengan “*risk assessment*” yang cukup untuk proses skala besarnya. Dengan demikian proses yang mengganggu kesetimbangan alam akan terjadi. Alam yang utuh dan saling menyeimbangkan dalam dirinya sendiri (bereaksi terhadap aksi) seringkali terlupakan dalam kegiatan ilmiah ilmuwan modern. Di lain pihak penyalahgunakan bahan kimia, pengetahuan kimia serta metode-metode perubahan kimia juga menjadi resiko besar untuk keselamatan orang lain. Hal ini juga menjadi salah satu topic penting dalam pembahasan etika.

Ilmu kimia yang mempelajari materi di skala atom dan molekul memegang kunci pengetahuan utama akan material, baik material alami maupun material buatan. Dengan pengetahuan di skala kimia manusia dapat merubah alam secara mendasar, dari tingkat yang paling kecil. Di lain pihak ilmu kimia dapat membantu analisis gejala alam. Sumbangan ilmu kimia pada analisis lingkungan dapat menghasilkan rekomendasi mendasar yang didasarkan pada penyebab masalah tersebut. Contoh sederhana adalah masalah berubahnya lingkungan karena aktivitas manusia. Hal ini Jika melihat lingkungan, akar perubahan dapat dilihat dari kimia. Biasanya pengetahuan kimia yang tidak ada menyebabkan banyak ketidakpastian (*uncertainty*) yang cukup perlu diperhitungkan (Sjöström, 2013; Sjöström, dkk., 2016). Jika aktivitas kimia diperhatikan dengan serius, maka banyak sekali masalah lingkungan dapat dihindarkan.

Di dalam dunia modern peran etika lebih menonjol karena banyaknya variasi dan heterogenitas menjadi bagian khas dari kehidupan modern. Karena banyaknya aspek berkehidupan mewarnai budaya modern, maka pertimbangan baik/buruk selalu harus diambil, untuk tidak merusak tatanan yang ada. Demikian pula dengan masyarakat modern yang terlalu tergantung pada sains dan teknologi, tanggung jawab moral setiap perbuatan harus menjadi kesadaran individual. Apalagi jika menghadapi akibat panjang, baik secara langsung maupun tidak langsung. Etika terapan merupakan cabang dari bidang etika yang langsung berhubungan dengan boleh tidaknya atau harus tidaknya seseorang bertindak pada suatu situasi dan kondisi tertentu (Wikipedia). Etika terapan juga banyak dibicarakan dalam perkembangan sains dan teknologi, karena banyak yang harus diperhitungkan sebelum proses penelitian dapat berlangsung dan nantinya membawa akibat bagi masyarakat.

Di lain pihak, kode etik profesi adalah ketentuan dari suatu kelompok khusus yang harus dipegang teguh oleh anggota kelompok tersebut (Bertens, 2002), yang mempunyai cita-cita dan bilai-nilai bersama. Ada etika kedokteran, yang

berlaku bagi para dokter. Ada pula etika kimiawan, dengan demikian harus dipatuhi oleh para kimiawan di wilayah kerja masing-masing. Dengan demikian, kimia sebagai cabang ilmu alam yang objek kajiannya sangat mendasar, dikembangkan oleh ilmuwan kimia (kimiawan) yang mempunyai kode etik pula. Kode etik kimiawan global (*Global Chemist Code of Ethics*) telah dirumuskan sejak tahun 2014 atas prakarsa Masyarakat Kimia Amerika (*American Chemical Society*) bersama organisasi dunia yang mengatur penggunaan senjata kimia. Senjata kimia merupakan bencana etis terbesar yang dimulai dari penelitian di skala kimia dan dijadikan alat pemusnah massal pada Perang Dunia II dalam penghancuran kota Hiroshima dan Nagasaki di tahun 1945. Dewasa ini senjata kimia dan biologis dikhawatirkan akan digunakan kembali di beberapa konflik di dunia, dan pembatasan serta pengaturan senjata kimia dirasa perlu untuk diadakan, dan diawali dengan memberikan wawasan etis bagi kimiawan yang berpotensi menjalankan riset di bidang yang berbahaya ini.

Etika sendiri sebagai sebuah ilmu juga berkembang pesat setelah dipikirkannya banyak metode-metode yang sangat bergantung pada kasus-kasusnya. Etika juga dapat berlanjut melalui pendidikan. Meneruskan nilai-nilai dan kebiasaan bersama dalam masyarakat sangat efektif dalam institusi pendidikan. Demikian pula dengan pengetahuan akan alam, serta perkembangan ilmu yang menyertainya, berada di tangan institusi pendidikan. Namun ilmu kimia yang berkembang pesat ini tidak diikuti dengan perkembangan pendidikan kimia yang memadai. Pendidikan kimia sebagai bagian dari ilmu alam secara utuh tidak diperhatikan dengan seksama. Selain wawasan etika sebaiknya diperkenalkan dan dibahas, sebaiknya pendidikan kimia juga harus “*eco-reflexive*” dan berwawasan alam secara utuh sudah harus diperhatikan dewasa ini (Sjöström, dkk., 2016). Khusus masalah etika memang belum tersentuh apalagi terintegrasi dalam proses pendidikan.

PEMBAHASAN

Ilmu kimia berkembang sangat pesat dari zaman dahulu sampai saat ini. Jika dilihat dari sejarah ilmu alam, ilmu kimia benar-benar ada sejak abad ke-17 dimana konsep materi skala atom telah menjadi ilmu yang sangat rumit dan sangat banyak jenisnya saat ini. Ilmu kimia pengetahuan telah yang teruji karena telah berlangsung beberapa ratus tahun. Ilmu kimia secara utuh tetap berkembang di wilayah yang sangat spesifik di segala arah. Namun pengembangan ilmu kimia di wilayah spesifik masih tetap berlangsung dan melewati banyak sekali verifikasi dan falsifikasi untuk menjadi ilmu yang baru. Hasil dari proses panjang ini adalah berkembang pesatnya ilmu-ilmu terapan, yang akhirnya juga melibatkan rekayasa material baru. Adapun teknologi juga berkembang pesat seiring dengan kenaikan taraf hidup masyarakat. Daya guna barang-barang dan metode yang dihasilkan selama ini membuat kekuatan teknologi sangat nyata bagi kehidupan manusia modern. Era digital dewasa ini telah membuat komunikasi sains sangat cepat dan

hal ini juga membawa tingkat perkembangan ilmu luar biasa pesat. Komunitas kimiawan juga tidak lagi dibatasi negara, namun lebih dibatasi objek kimia yang menjadi payung bersama.

Sebenarnya etika telah menjadi perbincangan selama berabad-abad, dan menjadi bahan utama pertimbangan moral (Bertens, 2002). Secara harafiah etika adalah cabang ilmu filsafat yang melibatkan sistemisasi dan rekomendasi untuk perbuatan benar atau salah. Etika sendiri diambil dari bahasa Yunani yang berarti “kebiasaan/adat” yang dilakukan masyarakat. Dengan demikian etika berkaitan dengan pertimbangan moral. Moralitas merupakan ciri khas manusia dalam mengatur tingkah lakunya, serta menentukan baik atau tidak baik sebuah tindakan. Wilayah etika dan moral sangat luas dan sudah dikaji dengan sangat mendalam oleh para ahli, namun etika terapan berkembang di zaman modern untuk mengawal tingkah laku manusia di zaman modern, dengan kemajuan sains dan teknologinya. Dengan demikian pertimbangan etika menyangkut “*is/ought questions*” dimana suatu perbuatan boleh atau harus dilakukan, dan hal ini harus berasal dari sesuatu yang faktual/objektif. Hal ini sejalan dengan sifat sains yang objektif dan universal (Wonorahardjo, 2011).

Diantara banyak faktor yang mempengaruhi suasana etis di zaman modern, ilmu dan teknologi mempunyai peran penting. Ilmu biasanya membahas ilmu alam, baik dari sisi fisika, kimia, biologi dan juga matematik secara murni, namun teknologi menyangkut penerapan ilmu tersebut dalam kehidupan nyata masyarakat. Biasanya teknologi mengambil peran menguasai dan memanfaatkan segala sumber daya alam yang ada untuk kesejahteraan masyarakat bersama. Tidak mudah untuk membicarakan peran teknologi dalam memanfaatkan alam, karena semua aksi yang dilakukan terhadap alam akan membawa reaksi dari alam untuk menyeimbangkan diri.

Teknologi yang memanfaatkan pengetahuan alam membuat perubahan besar dalam hidup manusia maupun dari alam sendiri. Di zaman modern semua tatanan alam yang alami susah ditemukan kembali karena semuanya telah dirubah oleh manusia. Di perkotaan dan pemukiman, hampir di segala aspek manusia telah merubah alam. Salah satu dampak dari peningkatan taraf hidup adalah berubahnya yang alami menjadi buatan manusia. Bahkan sumber daya alam untuk kehidupan juga mengalami modernisasi, air disalurkan ke rumah-rumah modern dengan teknologi buatan manusia, makanan diolah lebih panjang untuk sampai menjadi makanan yang dikonsumsi manusia, banyak peralatan yang menghasilkan limbah yang mengotori udara seperti kendaraan dan industri-industri. Dampak dari modernisasi adalah perusakan lingkungan. Namun tidak mudah untuk memberikan gambaran bagian apa yang perlu diperbaiki untuk mengembalikan berubahnya alam, atau bahkan kerusakan alam.

Dengan demikian sebenarnya kemajuan ilmiah mempunyai makna ganda. Meningkatkan taraf hidup dan juga harapan hidup (karena majunya dunia kedokteran, misalnya), membuat perkembangan sains dan teknologi mempunyai

nilai positif karena membawa kemajuan. Dengan demikian para ahli maupun teknolog membuat kemajuan teknologi sebagai tujuan setiap proses, dan semakin meluas seiring berjalannya waktu. Manusia menjadi penguasa dan pemilik alam raya, dan merasa berhak melakukan apapun terhadap alam. Menurut Rene Descartes (1596-1650) manusia berpikir seperti itu karena menemukan banyak sekali metode baru untuk menyingkap rahasia alam. Namun sayangnya, sesuatu yang sangat positif ini seringkali naik dan menutupi kemungkinan akan reaksi alam dan akibatnya pada manusia, yang memang biasanya baru disadari dengan terlambat. Manusia lupa menengok sisi negatif dari proses mengembangkan sains dan teknologi ini.

Dengan demikian ada hubungan langsung antara pilihan mengembangkan sains dan menyalurkan teknologi bagi orang banyak, sikap hati-hati serta pertimbangan moral, sebelum teknologi menjadi tidak terkendali. Pertimbangan moral pada saatnya akan memerlukan etika dan etika dalam perkembangannya memerlukan metode-metode, terutama untuk etika terapan.

Profesi Kimiawan

Profesi adalah sekumpulan orang yang bekerja di bidang yang sama dan mempunyai sebuah keahlian khusus yang tidak dimiliki orang lain. Dengan demikian profesi juga merupakan komunitas moral (Bertens, 2002) yang mempunyai nilai-nilai umum bersama yang khas. Seperti halnya dahulu, Hippokrates yang berprofesi dokter di zaman Yunani kuno, yang merumuskan “Sumpah Hippokrates” di abad ke-5 SM, yang merupakan ketentuan tertulis yang dipegang teguh oleh kelompok masyarakat kedokteran di zaman itu. Adapun apa yang harus dilakukan sebagai tanggungjawab dokter dan apayang tidak boleh dilakukan dinarasikan bersama dan menjadi pedoman kerja sekelompok dokter di zaman itu. Saat ini kita juga mengenal “Kode Etik Kedokteran” yang isinya merupakan nilai-nilai yang dijunjung tinggi sekelompok profesi tersebut. Kode etik kedokteran juga membatasi kerja para anggota seprofesinya serta mempunyai hak untuk “mengadili” bagi rekan seprofesi yang berbuat kekeliruan.

Kimiawan juga merupakan sebuah profesi, dimana untuk menjadi seorang kimiawan, baik teoritis maupun praktisi memerlukan latar belakang pendidikan yang cukup untuk masuk dalam kelompok profesi ini. Kimiawan, seperti halnya dokter, juga merupakan profesi yang menghasilkan perubahan, dan mereka mampu melakukan banyak hal sampai pada rekayasa material untuk berbagai keperluan. Ruang lingkup kerja kimiawan sangat luas, karena sifat dasar ilmu kimia dapat menyentuh semua bidang yang berhubungan dengan materi dan perubahannya. Di wilayah ilmu terapan, ilmu kimia sangat diperlukan, misalnya pertanian, kedokteran, industri, makanan, dan hampir semua bidang kehidupan. Kimiawan juga mempunyai kode etik tersendiri yang menjadi semacam rambu-rambu untuk bekerja agar tidak melewati kewenangannya. Untuk membuat sebuah kode etik diperlukan banyak pertimbangan etis, yang juga mempunyai metodologi tersendiri.

Yang terpenting untuk diperhatikan adalah profesi kimiawan mengandung banyak konsekuensi (Kovac, 2013; 2015). Konsekuensi jangka panjang kimiawan sudah tampak dalam banyak hal, bahkan dalam kehidupan sehari-hari. Jika bahan kimia berperan dalam tiap aspek kehidupan, seperti pemenuhan kebutuhan pokok dalam makanan, pakaian, tempat tinggal yang banyak sekali memerlukan hasil kerja sintesis kimiawan, maka sejak itulah etika harus masuk dalam tiap pertimbangan. Bahan yang berguna yang diciptakan tidak boleh menghasilkan masalah baru berkaitan dengan kandungan senyawa kimianya.

Kode Etik Kimiawan Global

Salah satu yang wajib diketahui para praktisi kimia adalah etika kimia. Ilmu alam yang terkecil objeknya. Jika perubahan besar di alam dapat dideteksi dari perubahan-perubahan fisika dan kimia, maka ilmu kimia juga bertanggungjawab atas perubahan di alam karena teknologi, yang juga melibatkan perubahan kimia dalam skala besar. Kimiawan memegang peran penting dalam setiap karya yang menghasilkan perubahan, baik itu hasil sintesis kimia, maupun sebagai baru sebagai pengetahuan maupun metode-metode baru.

Global Chemist Code of Ethics (“*Global Chemists’ Code of Ethics Introduction - Making Positive Change Happen,*” n.d.) atau Kode Etik Kimiawan Global adalah hasil dokumen mengenai etika yang merupakan pemikiran para kimiawan di seluruh dunia yang diprakarsai *American Chemical Society (ACS)*, dan *Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)* pada tahun 2014. Berangkat dari keprihatinan bersama atas berbagai akibat dari aktivitas yang berhubungan dengan teknologi kimia, serta pembatasan aktivitas penyiapan senjata kimia, maka kode etik ini dirumuskan bersama. Ruang lingkup ada lima yakni: (1) lingkungan, dimana kerusakan lingkungan akibat pekerjaan orang kimia telah tampak saat ini. Jika dahulu kerusakan lingkungan tidak terlalu tampak, namun saat ini karena sudah menjadi parah maka kerusakan lingkungan tidak dapat disembunyikan lagi. Lingkungan hidup harus dijaga karena merupakan tempat hidup generasi berikutnya. Jika alam dan lingkungan dijaga maka manusia dapat menikmati kenaikan taraf hidup dengan signifikans. Biasanya industri kimia yang dikembangkan mempunyai tanggungjawab terhadap limbahnya yang potensial mencemari lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, segera maupun setelah beberapa kurun waktu tertentu; (2) penelitian, dimana pekerjaan meneliti di skala kimia memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang tidak biasa dan tidak alami, dan juga kemungkinan besar meninggalkan limbah. Dilain pihak penelitian di tingkat ilmu dasar memungkinkan lahirnya konsep-konsep baru, yang juga dapat merubah dan dapat digunakan dalam industri. Kode etik kimiawan yang meneliti juga harus menjadi rambu-rambu apakah penelitian kimia dapat diteruskan dan dikomunikasikan ke publik atau belum; (3) dalam hal penelitian kimia, kimiawan mempunyai tanggung jawab yang berkaitan dengan konsekuensi dari penelitiannya, baik penelitian sintesis maupun analitis yang menghasilkan

pengetahuan baru; (4) penulisan dan publikasi, dimana aspek penting ini rawan disalah gunakan. Publikasi hasil penelitian yang juga harus diperhitungkan dampaknya (jangka panjang). Di lain pihak ketentuan dan kode etik publikasi yang berhubungan dengan pencegahan plagiasi juga harus mendapat perhatian; (5) keselamatan (*safety*) mutlak harus diperhatikan oleh kimiawan pada saat bekerja. Standar keselamatan yang ada harus diterapkan sebaik mungkin. Keselamatan kerja sangat diperhatikan dalam skala laboratorium maupun skala industri, berkaitan dengan situasi dan kondisi yang dapat membahayakan keselamatan; (6) keamanan (*security*) yang merupakan keamanan manusia maupun bahan kimia itu sendiri. Bahan kimia harus disimpan di tempat yang aman dan jangan sampai jatuh ke tangan yang tidak bertanggung jawab. Jika bahan kimia tidak disimpan di tempat yang aman, maka hal ini juga dianggap melanggar kode etik kimiawan. Ada banyak kejadian yang melibatkan masalah besar, penggunaan senjata maupun perakitan bahan peledak telah terjadi karena bahan-bahan kimia yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan mudah dengan berbagai modus. Hal ini sangat merisaukan karena seringkali bahan-bahan ini sebenarnya dibutuhkan untuk keperluan penelitian namun dapat diubah menjadi prekursor untuk pembuatan bahan berbahaya. Faktor keamanan bahan kimia juga sangat ditekankan dewasa ini dalam perang terhadap bahan-bahan narkotika dan psikotropika. Pembuatan bahan-bahan narkoba siap pakai seringkali dapat dilakukan dengan mudah dan membutuhkan bahan-bahan kimia dengan kadar tinggi, yang sering digunakan dalam penelitian kimia, seperti pelarut dan beberapa jenis asam. Jika bahan-bahan tersebut diamankan dengan baik maka banyak pembuatan narkoba dapat dicegah, dan selanjutnya korbanpun dapat dikurangi.

Adapun implementasi kode etik ini Implementasi pada banyak institusi. Selain bidang-bidang spesifik seperti pertahanan keamanan negara yang langsung diminta membatasi penggunaan senjata kimia maka institusi yang terkena konsekuensi positif dari kode etik ini adalah pihak industri. Setiap industri yang melibatkan penggunaan bahan kimia, baik melakukan sintesis kimia maupun memisahkan serta memurnikan bahan kimia menjalankan kode etik kimiawan global. Selain itu lembaga riset yang melibatkan penelitian kimia, lembaga pendidikan yang berhubungan dengan bahan-bahan kimia tidak terkecuali, juga terkena konsekuensi dari kode etik yang sama.

Adapun untuk memahami serta menerapkan kode etik kimiawan global ini diberikan beberapa panduan. Panduan etika yang menyertai dokumen kode etik kimiawan telah dirumuskan sebagai panduan etika den Haag (*The Hague Ethical Guidelines* (OPCW, 2016) yang merupakan panduan aplikasi norma-norma kimia praktis dari kode etik kimiawan dan untuk mendukung konvensi senjata kimia. Dengan latar belakang pembatasan senjata kimia, ada beberapa unsur kunci yang juga disorot, yaitu: (1) unsur dasar (*core element*) bahwa semua pencapaian dalam lapangan kimia harus digunakan untuk kepentingan kemanusiaan dan perlindungan terhadap lingkungan; (2) keberlanjutan (*sustainability*) para praktisi kimia

mempunyai kewajiban untuk mempromosikan dan mencapai tujuan-tujuan pembangunan yang berkelanjutan dari Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk mencapai kebutuhan saat ini tanpa melupakan kebutuhan masa depan dari generasi yang akan datang; (3) pendidikan (*education*) penyelenggara pendidikan formal dan informal, perusahaan, industri dan masyarakat sipil harus bahu membahu melengkapi siapapun yang bekerja dengan kimia dengan pengetahuan dan peralatan yang cukup untuk mengambil tanggungjawab sebagai kimiawan yang memberikan semuanya untuk kepentingan kemanusiaan, perlindungan terhadap lingkungan, dan memberikan penerangan secukupnya kepada publik umum; (4) kesadaran dan keterlibatan (*awareness and engagement*) guru, praktisi kimia dan pembuat kebijakan publik harus menyadari kegunaan ganda dari penggunaan bahan kimia, terutama untuk pembuatan senjata kimia dan atau prekursorinya. Mereka harus mengedepankan aplikasi damai dari bahan kimia dan bekerja untuk mencegah penyalahgunaan bahan kimia, pengetahuan ilmiah, peralatan dan teknologi, serta perkembangan tidak etis dan membahayakan dari rangkaian penelitian serta inovasi-inovasi. Mereka harus mendiseminasikan informasi yang relevan mengenai hukum-hukum nasional dan internasional, regulasi, kebijakan, dan prakteknya; (5) etika (*ethics*) pendidikan, penelitian dan inovasi harus menghargai hak asasi dan menerapkan standar etik yang tinggi untuk merespon tantangan sosial dewasa ini. Etika harus diperhatikan sebagai cara untuk mendapatkan hasil yang berkualitas dari sains; (6) keselamatan dan kewanibawaan (*safety and security*) praktisi kimia harus mengedepankan penerapan, kegunaan dan perkembangan yang berguna dari IPTEK sambil memelihara kultur kesehatan, keselamatan, dan keamanan; (7) akuntabilitas (*accountability*): praktisi kimia mempunyai tanggungjawab untuk memastikan keamanan dari bahan-bahan kimia dan melindungi semua fasilitas dari pencurian dan penyalahgunaan atau penyimpangan kepada tujuan yang merusak dan menghancurkan. Para praktisi ini harus menyadari hukum dan aturan yang mengatur pembuatan dan penggunaan bahan kimia, mereka harus juga melaporkan penyalahgunaan bahan-bahan kimia, pengetahuan, peralatan dan fasilitas kepada yang berwenang; (8) kelalaian (*oversight*) praktisi kimia yang membimbing bawahannya mempunyai tambahan tanggungjawab untuk memastikan bahwa bahan kimia, peralatan, fasilitas tidak disalahgunakan orang untuk tujuan berbahaya; (9) pertukaran informasi (*exchange of information*): praktisi kimia harus mengedepankan pertukaran pengetahuan dan informasi teknis berkaitan dengan pengembangan dan penerapan dari kimia untuk tujuan damai.

Dengan adanya rambu-rambu ini diharapkan kode etik dapat dijalankan dengan baik oleh semua pihak yang berkaitan di seluruh dunia. Diharapkan juga dengan cara komunikasi yang sangat cepat, banyak hal buruk dapat dicegah dan hal baik diinformasikan dengan baik. Penyadaran masyarakat akan pengetahuan kimia yang benar beserta kegunaannya termasuk dalam upaya diseminasi kode etik kimiawan global bagi masyarakat dunia secara umum.

Etika dalam Pendidikan Kimia

Pada dasarnya etika menyangkut kesadaran dan kehendak baik manusia. Dalam pendidikan yang objektif, aspek etika telah menjadi titik tolak pembentukan sikap pada diri peserta didik. Dengan demikian memang etika perlu dilatihkan sejak dini dari sekolah dasar sekalipun baik secara langsung maupun tidak langsung.

Etika kimiawan sebenarnya telah menjadi perbincangan sejak lama sebagai bagian dari etika profesional dalam pendidikan (Beuning, 2016; Rushton, 2014; Tolvanen, dkk., 2014; Zimdahl, 2000). Melalui pendidikan sikap diharapkan juga berkembang sikap etis calon kimiawan, yang akan menentukan perkembangan ilmu kimia di masa depan. Institusi pendidikan yang berhubungan dengan kimia seperti MIPA, teknik industri, pertambangan, bahkan biologi dan kedokteran menerapkan etika sains di dalam kurikulumnya seperti yang diterapkan di Amerika Serikat (Simonson, 2005). Tujuan akhirnya adalah lulusan yang profesional dan beretika, tanggap serta trampil dalam menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan kimia di kemudian hari.

Dalam pembelajaran etika, diskusi banyak dipusatkan pada sikap etis calon kimiawan dalam bentuk tanggungjawab profesional kepada masyarakat, atasan, sesama profesional dan kepada diri sendiri. Ditekankan pula bahwa pengetahuan yang didapat tidak seberapa apa yang dapat dibuat dengan pengetahuan tersebut (*having knowledge vs what to do with the knowledge*). Adapun secara spesifik tujuan dari pendidikan etika antara lain adalah mengembangkan kepekaan terhadap isu-isu etis, mengembangkan kemampuan analisis etika, memperdalam pengetahuan peserta didik mengenai isu-isu etis yang berkaitan, memperdalam pemahaman etis peserta didik serta menguatkan komitmen etis peserta didik (Simonson, 2005). Dengan demikian calon kimiawan profesional telah dibekali wawasan etis yang cukup untuk berkarya di bidangnya.

Di lain pihak wawasan lain pendidikan kimia berkaitan dengan lingkungan. Etika dalam hal ini memainkan peranan penting, karena semua proses di masa depan diprediksi akan terpengaruh oleh modernisasi dan globalisasi. Karena kompleksnya kemungkinan yang terjadi, wawasan hijau untuk pendidikan kimia sangat ditekankan, dan dikatakan bahwa pendidikan kimia harus *eco-reflective* (Sjöström dkk., 2016). Perkembangan ilmu kimia yang berasal dari sektor pendidikan harus memasukkan pertimbangan lingkungan hidup, termasuk pendidikan transformatif berwawasan hijau.

SIMPULAN

Etika kimia mulai diperhatikan masyarakat kimia dewasa ini karena sangat diperlukan dalam menjaga keseimbangan alam. Kode etik kimiawan global telah dirumuskan dan selalu didiseminasikan kepada masyarakat yang berhubungan dengan ilmu kimia, terutama kimia terapan. Kode etik kimiawan global juga disertai dengan panduannya, dan mencakup semua bidang yang berkaitan. Pendidikan etika

kimia yang *eco-reflexive* juga diperlukan untuk membentuk sikap etis bagi calon kimiawan profesional yang bertanggungjawab.

DAFTAR RUJUKAN

- Bertens, K. 2002. *Etika*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Beuning, P.J. 2016. Research Skills and Ethics: The 20-year Evolution of a Professional Development Graduate Course. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1–4.
- Global Chemists ' Code of Ethics. *Introduction - Making Positive Change Happen*, (Online),
(<https://www.acs.org/content/dam/acsorg/global/international/scifreedom/global-chemists-code-of-ethics.pdf>, diakses 20 Oktober 2017).
- Kovac, J. 2013. Reverence and Ethics in Science. *Science and Engineering Ethics*, 19(3): 745–756.
- Kovac, J. 2015. Ethics in Science: The Unique Consequences of Chemistry. *Accountability in Research*, 22(6): 312–329.
- OPCW. 2016. *The Hague Ethical Guidelines*, (Online),
(https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/Science_Technology/Hague_Ethical_Guidelines_Brochure.pdf, diakses 10 Oktober 2017).
- Rushton, G.T. 2014. From Occupation to Profession: A Perspective on the American Association of Chemistry Teachers. *J. Chem. Educ.*, 91(1): 8–9.
- Simonson, L. 2005. Introducing Ethics across the Curriculum at South Dakota School of Mines and Technology, 11(4): 655–658.
- Sjöström, J. 2013. Towards Bildung-Oriented Chemistry Education. *Science and Education*, 77–80.
- Sjöström, J., Eilks, I., & Zuin, V. G. 2016. Towards Eco-reflexive Science Education. *Science & Education*, 25(3–4): 321–341.
- Tolvanen, S., Jansson, J., Vesterinen, V.M., & Aksela, M. 2014. How to Use Historical Approach to Teach Nature of Science in Chemistry Education. *Science and Education*, 23(8): 1605–1636.
- Wonorahardjo, S. 2011. *Dasar-Dasar Sains, Membangun Masyarakat Sadar Sains (I)*. Jakarta: Indeks Publisher.
- Zimdahl, R. 2000. Teaching Agricultural Ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 13: 229–247.

Sussi Widiastuti_Pembelajaran Kimia

Implementasi Model Pembelajaran Tefapreneur untuk Membangun Minat dan Keberanian Berwirausaha

Sussi Widiastuti, S. Si., M. Pd
SMKN 1 Kediri
Jalan Veteran No. 9 Mojokerto, Kediri
e-mail: sussiwidiastuti@co.id

Abstrak: Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dituntut untuk menghasilkan *outcome* yang kompeten, selain itu dalam sebaran lulusannya diharapkan juga mempunyai jiwa wirausaha. Jiwa wirausaha tidak mudah dibentuk dengan sekedar ilmu kewirausahaan. Inovasi dan produktivitas perlu diperluas agar siswa tidak hanya menguasai kemampuan teknis, tetapi juga sampai pada tahap pengembangan usaha. Suatu konsep pembelajaran yang dapat menjembatani kesenjangan antara kebutuhan industri dan pengetahuan sekolah serta dapat membangun jiwa wirausaha adalah Tefapreneur. Model pembelajaran Tefapreneur adalah suatu model pembelajaran ber-setting *factory* dan memfasilitasi terbangunnya jiwa wirausaha siswa. Penelitian ini merupakan penelitian pra-eksperimen yang bertujuan untuk menggambarkan peran Tefapreneur untuk membangun minat dan keberanian berwirausaha. Terjadi peningkatan profil wirausaha “luar biasa” sebesar 35,7%. Kompetensi yang dapat dilatihkan adalah mengelola orang lain, memuaskan pelanggan, dan kompetensi keuangan. Karakter wirausaha yang dapat dibangun adalah mempunyai visi dan tujuan yang jelas, bersedia mengambil resiko, berencana dan terorganisir, berkomunikasi dengan pelanggan, dan mengembangkan hubungan baik dengan pelanggan.

Kata kunci: tefapreneur, wirausaha

Abstract: Senior Vocational School is required to produce competent outcomes, moreover in the distribution of graduates were expected to have entrepreneur spirit. The spirit of entrepreneurship was not easy to be formed with Entrepreneurship lesson. Innovation and productivity need to be expanded so that students not only mastery technical skills, but also business development stage. A concept of learning that can bridge the gap between industry needs and knowledge of the school and to build the entrepreneur's spirit was Tefapreneur. This research was an pre-experimental research that aims to describe the role of Tefapreneur to build interest and entrepreneurship courage. Entrepreneurship profile “extraordinary” increased by 35,7%. Competencies that can be trained were managing others, satisfying customers, and financial competence. Entrepreneurship characters that can be built was to have clear vision and objectives, be willing to take risks, plan and organize, communicate with customers, and develop good relationships with customers.

Keywords: tefapreneur, entrepreneurship

Upaya pemerintah mengembangkan SMK sebagai usaha untuk mengatasi masalah tenaga kerja dalam menghadapi persaingan global tidak pernah berhenti.

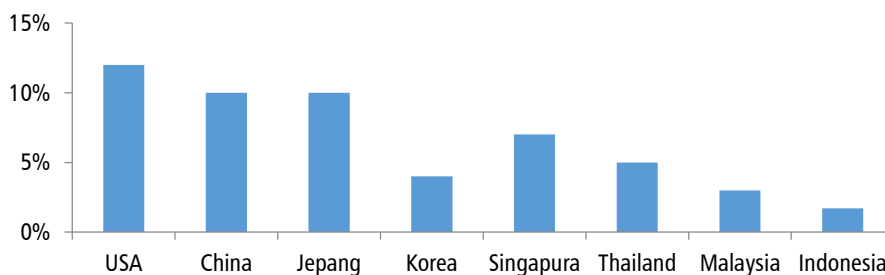
Tantangan dunia kerja dengan kompetensi kerja yang semakin tinggi menuntut SMK mampu mengantisipasi dan menghadapi perubahan yang terjadi. Setiap tahun angka pengangguran di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Indonesia pada Februari 2016 mencapai 7,02 juta orang atau 5,5% dari total angkatan kerja. Jumlah pengangguran terbuka berdasarkan tingkat pendidikan dinominasi oleh lulusan SMK. BPS menyebutkan bahwa TPT untuk siswa SMK menempati posisi tertinggi dibandingkan dengan tingkat pendidikan lainnya, yakni sebesar 9,84% (Ariyanti, 2016). Bahkan pada Agustus 2016 mengalami peningkatan menjadi 11,11%.

Tabel 1. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Penduduk Usia 15 tahun ke Atas Menurut Pendidikan Tertinggi yang Ditamatkan (%), 2014-2016

Pendidikan Tertinggi yang Ditamatkan	2014		2015		2016	
	Agustus	Februari	Agustus	Februari	Agustus	
SD ke bawah	3,04	3,61	2,74	3,44	2,88	
SMP	7,15	7,14	6,22	5,76	5,75	
SMA	9,55	8,17	10,32	6,95	8,73	
SMK	11,24	9,05	12,65	9,84	11,11	
Diploma I/II/III	6,14	7,49	7,54	7,22	6,04	
Universitas	5,65	5,34	6,40	6,22	4,87	
Jumlah	5,94	5,81	6,18	5,50	5,61	

Sumber: BPS

SMK dituntut untuk menghasilkan *outcome* yang kompeten, selain itu dalam sebaran lulusannya diharapkan juga mempunyai jiwa wirausaha. Jiwa wirausaha tidak mudah dibentuk dengan sekedar ilmu Kewirausahaan. Menurut data Kementerian Koperasi dan UKM jumlah wirausaha di Indonesia hanya 1,6% dari populasi jumlah penduduk sedangkan idealnya adalah 2%. Adapun di negara-negara ASEAN, seperti Singapura, jumlah wirausahanya sebanyak 7% dari jumlah penduduk, Malaysia 5%, dan Thailand 3% (Liliyah, 2015). Nampak bahwa jumlah wirausaha di Indonesia relatif lebih sedikit jika dibandingkan dengan negara-negara lain seperti disajikan pada Gambar 1.



Sumber: Litbang Kompas/12032015/h.18/RH

Gambar 1. Jumlah Entrepreneur di Indonesia Dibanding Negara Lain

Jumlah *entrepreneur* berlatar belakang pendidikan SMK hanya 1% (Anonim, 2010). Penyemaian bibit-bibit usaha dilakukan pemerintah dengan menetapkan target untuk melahirkan wirausaha baru setidaknya 10 - 20% dari total siswa SMK yang diluluskan setiap tahun (Suceno & Murdaningsih, 2016). Menghadapi tantangan tersebut, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Rencana Strategis 2015 - 2019 telah menetapkan angka pengangguran usia 15 - 34 tahun lulusan SMK kurang dari 5%. Melalui program revitalisasi SMK pada tahun 2020 diharapkan akan tercipta kondisi dimana 80% tamatan SMK bekerja di bidangnya, 12% persen berwirausaha, dan 8% melanjutkan kuliah.

Suatu konsep pembelajaran yang dapat membangun minat dan keberanian berwirausaha adalah Tefapreneur. Tefapreneur adalah suatu model pembelajaran dimana sekolah melaksanakan produksi atau layanan jasa yang merupakan bagian dari proses belajar mengajar. Hal ini bermakna bahwa suatu proses keahlian atau keterampilan (*life skill*) dirancang dan dilaksanakan berdasarkan prosedur dan standar bekerja yang sesungguhnya untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan tuntutan pasar/konsumen. Produk dengan standar industri dapat digunakan sebagai wahana mengembangkan diri sebagai wirausaha (Widiastuti, 2017).

Model Tefapreneur memberikan pengalaman-pengalaman seperti di tempat kerja yang akan memberikan kontribusi pada kehidupan sosial siswa dan menjadi bekal bagi siswa untuk mencapai keterampilan yang lebih tinggi. Model ini juga melatih kecakapan personal (*personal skill*) yang berguna bagi siswa dalam melihat suatu peluang di dunia kerja dan kecakapan sosial (*social skill*) untuk melatih siswa berkomunikasi dan bekerja sama dalam suatu lingkungan kerja. Penguasaan terhadap kecakapan-kecakapan tersebut akan mengantarkan siswa menjadi tenaga terampil dan kemampuan bersosialisasi yang bagus. Kecakapan-kecakapan tersebut dilatihkan melalui tahapan-tahapan dalam pembelajaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Langkah-Langkah Model Pembelajaran Tefapreneur

No	Fase	Perilaku Siswa
1	Orientasi produk/jasa sesuai dengan standar dunia usaha/dunia industri	Siswa mendengarkan penjelasan guru tentang prosedur kerja, keselamatan kerja, kualifikasi produk /jasa sesuai dengan standar dunia usaha/dunia industri
2	Menerima benda kerja	Siswa menerima benda kerja dari pemilik benda kerja
3	Menganalisis benda kerja	Siswa menganalisis benda kerja
4	Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB)	Siswa menghitung biaya yang dikenakan pada benda kerja
5	Menginformasikan kondisi benda kerja kepada pemilik benda kerja	Siswa memberikan informasi kondisi benda kerja kepada pemilik benda kerja
6	Mengerjakan benda kerja	Siswa mengerjakan benda kerja sesuai Standar Operasional Prosedur (SOP)
7	Menguji kualitas benda kerja	Siswa menguji kualitas benda kerja dengan membandingkan dengan parameter spesifikasi benda kerja
8	Menyerahkan benda kerja	Siswa menyerahkan benda kerja kepada pemilik benda kerja

Model Tefapreneur mengubah peran guru sebagai sumber belajar menjadi fasilitator dan asesor sedangkan siswa berperan sebagai pekerja, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Naratif Tefapreneur

Berdasarkan latar belakang di atas bagaimana model pembelajaran Tefapreneur dapat membangun minat dan keberanian berwirausaha? .

METODE

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (pra) yang bertujuan untuk menggambarkan peran Tefapreneur untuk membangun minat dan keberanian berwirausaha pada materi Elektroplating. Penelitian dilaksanakan selama 3x pertemuan (5 x 45 menit).

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah siswa kelas XI SMKN 1 Kediri tahun pelajaran 2017/2018. Sampel pada penelitian ini diambil secara *nonrandom sampling-convenience sampling* dikarenakan peneliti tidak mempunyai pertimbangan lain kecuali berdasarkan fakta bahwa SMKN 1 Kediri hanya mempunyai 1 kelas Kimia Industri.

Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengembangkan instrumen penelitian
- Menguji instrumen
- Melakukan analisis data
- Membuat laporan

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan adalah:

- Lembar tes kinerja

- b. Lembar non penilaian
- c. Kuesioner tentang kepuasan pelanggan
- d. Kuesioner siswa tentang profil wirausaha

HASIL

Tes kinerja dilakukan untuk mengetahui keterampilan siswa dalam melakukan elektroplating dengan memperhatikan parameter uji kualitas: daya kilap, *high current*/terbakar, warna putih kemilau, dan pemantulan cahaya. Tes ini digunakan untuk menguji kualitas produk yang dihasilkan siswa apakah sudah sesuai standar industri.

Tabel 3. Hasil Uji Tes Kinerja (*vocational skill*)

Parameter Uji Kualitas	Nilai Rata-Rata	Keterangan
Daya kilap	2,24	Cukup Terampil
<i>High current</i> /terbakar	2,21	Cukup Terampil
Warna putih kemilau	2,09	Cukup Terampil
Pemantulan cahaya	2,12	Cukup Terampil

Non tes adalah penilaian tentang karakter wirausaha yaitu mempunyai visi dan tujuan yang jelas, bersedia mengambil resiko, berencana dan teroganisir, berkomunikasi dengan pelanggan, dan mengembangkan hubungan baik dengan pelanggan.

Tabel 4. Hasil Non Tes Karakter Wirausaha

Parameter Karakter	Nilai Rata-Rata	Keterangan
Mempunyai visi dan tujuan yang jelas	2,60	Terampil
Bersedia mengambil resiko	2,57	Terampil
Berencana dan teroganisir	2,63	Terampil
Berkomunikasi dengan pelanggan	2,39	Cukup Terampil
Mengembangkan hubungan baik dengan pelanggan	2,60	Terampil

Respon pelanggan terhadap hasil elektroplating ditunjukkan dengan rubrik kepuasan pelanggan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kepuasan Pelanggan

Parameter Kepuasan Pelanggan	Nilai Rata-Rata	Keterangan
Apakah karyawan kami sudah berkomunikasi dengan baik?	2,48	Cukup puas
Apakah pelanggan puas dengan pelayanan kami?	2,18	Cukup puas

Berdasarkan kuesioner profil wirausaha (Tabel 6), sebelum penerapan model pembelajaran Tefapreneur diperoleh data sebanyak 30,3% mempunyai jiwa wirausaha “luar biasa” dan 69,7% mempunyai jiwa wirausaha “memuaskan”, sedangkan setelah penerapan model pembelajaran Tefapreneur diperoleh data sebanyak 84,8% mempunyai jiwa wirausaha “luar biasa” dan 15,2% mempunyai jiwa wirausaha “memuaskan”.

Tabel 6. Profil Wirausaha

Kegiatan	Jumlah siswa	Profil Wirausaha
Sebelum penerapan Tefapreneur	10 (30,3%)	Mempunyai jiwa <i>entrepreneurship</i> yang luar biasa
	23 (69,7%)	Mempunyai jiwa <i>entrepreneurship</i> yang memuaskan
Setelah penerapan Tefapreneur	28 (84,8%)	Mempunyai jiwa <i>entrepreneurship</i> yang luar biasa
	5 (15,2%)	Mempunyai jiwa <i>entrepreneurship</i> yang memuaskan

PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh data bahwa kemampuan siswa pada elektroplating dalam kategori cukup terampil. Hal ini dapat dijelaskan bahwa elektroplating merupakan perpaduan antara seni dan sains. Menurut Osborne (2008) meskipun elektroplating berbasis teknologi dan sains (kimia, fisika, teknik kimia, teknik elektro, dan metalurgi) namun aspek seni tidak bisa diabaikan. Tidak hanya dengan membaca buku tentang elektroplating saja akan menghasilkan seorang *electroplater*, melainkan harus melalui banyak pengalaman dengan kata lain sering melaksanakan praktik elektroplating. Jika dikaitkan dengan kepuasan pelanggan maka rata-rata pelanggan mengatakan cukup puas dengan hasil elektroplating. Tingkat kepuasan pelanggan akan meningkat seiring dengan meningkatnya frekuensi praktik elektroplating. Produk elektroplating siswa masih harus ditingkatkan, dikarenakan siswa belum mempunyai cukup pengalaman dalam elektroplating.

Tabel 4 menunjukkan bahwa siswa terampil dalam komponen: mempunyai visi dan tujuan yang jelas, bersedia mengambil resiko, berencana dan terorganisir, mengembangkan hubungan baik dengan pelanggan namun mempunyai kategori cukup terampil pada komponen berkomunikasi dengan pelanggan. Menurut Ball dan Manwaring (2010) komponen berkomunikasi dengan pelanggan merupakan tipe pengetahuan *wicked competences* yaitu kompetensi yang sulit untuk diajarkan dan dipelajari tetapi menantang untuk dinilai. Berdasarkan data kepuasan pelanggan, rata-rata pelanggan mengatakan cukup puas dengan komunikasi yang dilakukan oleh *electroplater*. Nampak bahwa kemampuan berkomunikasi merupakan hal yang tidak mudah untuk dipelajari dan harus dilatihkan.

Profil wirausaha siswa mengalami peningkatan antara sebelum penerapan model pembelajaran Tefapreneur dan setelah penerapan model pembelajaran Tefapreneur, terjadi peningkatan jumlah siswa dengan profil jiwa wirausaha “luar biasa” sebesar 35,7%. Menurut Suryana (2003) seseorang dikatakan mempunyai jiwa wirausaha jika mempunyai visi dan misi yang jelas, bersedia mengambil resiko, berencana dan terorganisir, dan mampu mengembangkan hubungan yang baik dengan pelanggan, pemasok, dan karyawan. Jiwa wirausaha bisa dilatihkan melalui pendidikan dan pelatihan dan dapat dimiliki oleh setiap orang yang berpikir

kreatif dan bertindak inovatif. Pada tahap siswa menganalisis benda kerja, siswa mempunyai kesempatan untuk memanfaatkan peluang dan mengambil resiko. Kemampuan untuk memanfaatkan peluang dan mengambil resiko tanpa mengandalkan sumber daya yang ada, siap mencari alternatif dalam mengatasi tantangan, hambatan, dan problematika pekerjaan merupakan ciri-ciri seorang wirausaha (Hendro & Chandra, 2006). Konsep dasar wirausaha adalah mengidentifikasi, mengembangkan, dan membawa visi ke dalam kehidupan. Visi tersebut bisa berupa ide inovatif, peluang, cara yang lebih baik dalam menjalankan sesuatu. Hasil akhir dari proses tersebut adalah penciptaan usaha baru yang dibentuk pada kondisi resiko atau ketidakpastian sehingga jiwa dan mental wirausaha tidak akan mungkin cukup dibangun hanya lewat pendidikan di sekolah. Jiwa atau mental wirausaha seharusnya dibangun melalui kegiatan nyata atau praktik sehari-hari dalam waktu yang lama.

Pada saat siswa menerima benda kerja dari pemilik, menginformasikan benda kerja, dan menyerahkan benda kerja, siswa dilatih untuk berkomunikasi dengan pemilik benda kerja. Siswa dihadapkan pada karakter orang yang berbeda-beda dan belajar bernegosiasi sehingga terjadi kesepakatan antara kedua belah pihak. Menurut Scarborough dalam Kristanto (2009), kompetensi wirausaha adalah mengelola orang lain. Kompleksitas dan tuntutan pelanggan membutuhkan kemampuan untuk mengelola orang dengan lebih baik. Kompetensi lain yang harus dimiliki adalah kompetensi memuaskan pelanggan yaitu dengan menyediakan produk berkualitas tinggi. Produk yang berkualitas akan meningkatkan kepuasan konsumen dan menekan rendahnya biaya. Heru (2009) menyebutkan bahwa kompetensi seorang wirausaha adalah kompetensi hubungan antar manusia, yaitu kompetensi wirausaha yang berhubungan dengan kemampuan menjaga, membangun, mengembangkan hubungan baik dengan orang, seperti: rekan kerja, karyawan, dan pelanggan. Kompetensi keuangan dapat dilatihkan ketika siswa membuat Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Kompetensi keuangan adalah kompetensi wirausaha dalam mengelola keuangan dan membuat anggaran yang tepat dan membagi laba atas keuntungan usaha dengan memuaskan semua pihak yang berkepentingan. Kompetensi-kompetensi yang dibutuhkan seorang wirausaha dapat dilatihkan kepada siswa menggunakan model pembelajaran Tefapreneur.

SIMPULAN DAN SARAN

Model pembelajaran Tefapreneur dapat digunakan untuk membangun minat dan keberanian berwirausaha. Terjadi peningkatan profil wirausaha “luar biasa” sebesar 35,7%. Kompetensi yang dapat dilatihkan adalah mengelola orang lain, memuaskan pelanggan, dan kompetensi keuangan. Karakter wirausaha yang dapat dibangun adalah mempunyai visi dan tujuan yang jelas, bersedia mengambil resiko, berencana dan teroganisir, berkomunikasi dengan pelanggan, dan mengembangkan hubungan baik dengan pelanggan. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran Tefapreneur dalam membangun minat dan keberanian berwirausaha.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonim. 2010. *Benahi Kualitas dan Fokus Wirausaha*, (Online), (<http://suaramerdeka.com/vl/read/cetak/2010/11/23/130920/Benahi-Kualitas-dan-Fokus-Wirausaha>, diakses 1 Maret 2017).
- Ariyanti, F. 2016. *Pengangguran Lulusan SMK dan Universitas Naik, Ini Penyebabnya*, (Online), (<http://bisnis.liputan6.com/read/2499479/penganggur-lulusan-smk-dan-universitas-naik-ini-penyebabnya>, diakses 25 Februari 2017).
- Ball, I. & Manwaring, G. 2010. *Making It Work: A Guidebook Exploring Work-Based Learning*. Scotland: University of Dundee
- Hendro & Chandra. 2006. *Mengenal, Memahami, dan Memasuki Dunia Bisnis*. Jakarta: Erlangga.
- Heru, S. 2009. Mengembangkan Pendidikan Kewirausahaan di Masyarakat. *Jurnal PNFI Andragogia*, 1(1).
- Kristanto, R.H. 2009. *Kewirausahaan Entrepreneurship: Pendekatan Manajemen dan Praktek*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Liliyah, A. 2015. *Jumlah Wirausaha Indonesia 0,43% dari Total Populasi*, (Online), (<https://swa.co.id/swa/trends/management/jumlah-wirausaha-indonesia-hanya-043-dari-total-populasi>, diakses 2 Maret 2017).
- Osborne, K. 2012. *Electroplating*. Auckland: Metal Protection Ltd.
- Suceno, D. & Murdaningsih, D. 2016. *SMK Diminta Tetapkan Target Cetak Wirausaha Baru*, (Online), (www.republika.co.id/pendidikan/education, diakses 17 Februari 2017).
- Suryana. 2006. *Kewirausahaan Pedoman Penelitian: Kiat dan Proses Menuju Entrepreneur dan Entrepreneurship*. Jakarta: Prenada Media.
- Widiastuti, S. 2017. *Pengembangan Model Pembelajaran Teaching Factory-Entrepreneurship (Tefapreneur) pada Materi Elektroplating*.

Arief Mardiyanto, dkk_Pembelajaran Kimia

Rancang Bangun Sistem *Monitoring Plan* Pengontrol Proses Secara *Realtime* pada Pembuatan Pupuk Organik

Arief Mardiyanto, Akhyar, Suherman
Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Medan-Banda Aceh, Km. 280,3 Buketrata, Lhokseumawe
e-mail: arief.mardiyanto@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menguji coba sistem monitoring *plant* pengontrol proses pada pembuatan pupuk organik berkapasitas 300 liter secara *realtime*, dengan mengintegrasikan program *visual basic* untuk melihat tampilan grafik dan tabel guna mengetahui dan melihat keterlaksanaan proses fermentasi. Bahan baku sampah domestik berupa sayur-sayuran, ampas tebu, buah-buahan. Komunikasi antara *hardware* dan *software* monitoring menggunakan *interface*. *Microcontroller* sebagai pengontrol: suhu dan kelembaban (sensor DHT22), kadar pH, *aerator*, *heater*, *exhaust fan*, dan kecepatan motor. Sensor yang dipasang yaitu sensor MQ4 dan sensor MQ7. Diambil data awal suhu, kelembaban, dan kadar pH sebagai referensi parameter pengontrolan sebelum dimulai. Proses *digestion* berlangsung *anaerob*. Suhu diatur pada $40^{\circ}\text{C} \pm 1$, suhu *plant* tabung dijaga konstan pada 40°C . Suhu pada posisi 39°C , *heater* hidup dan mati pada 40°C . *Aerator*, *exhaustfan* dan pengaduk hidup bersamaan pada suhu 41°C dan mati pada 40°C . Penelitian ini dilakukan dalam model campuran (campuran sampah: sayur, ampas tebu dan buah-buahan). Rasio C/N pupuk organik yang dihasilkan melalui *plant* tersebut sesuai standar SNI-7030-2004 dan disimpulkan bahwa sistem monitoring *plant* pengontrol proses secara *realtime* ini dapat diterapkan dengan baik.

Kata Kunci: sistem monitoring *realtime*, mikrokontroler, *plant* proses pupuk organik, sensor, SNI-7030-2004

Abstract: In this applied research, a plant controller with capacity of 300 litres has been developed. The system provides graphical user interface (graphics and tables) using Visual Basic program to show and to monitor the fermentation process. The microcontroller acts as the main controller which controls the humidity and temperature, pH, aerator, heater, exhaust fan, and the speed of the motor. Temperature and humidity sensor (DHT-22), sensor (MQ4), sensor (MQ7) were used in this system. The domestic waste raw materials such as vegetables and sugar cane waste were thinly sliced while the fruits were grinded. Temperature, humidity, and pH readings were collected as reference parameters prior to the process starts. During the anaerobic digestion process, temperature was kept at $40^{\circ}\text{C} \pm 1$ while plant's tube is maintained at 40°C . When the temperature falls to 39°C , the heater was switched on, when the temperature reaches 40°C the heater was switched off. This research of mixture models: mixture of vegetables, fruits and sugar cane waste. C/N's ratio was in compliance with SNI-7030-2004 standard. The *realtime* plant controller system proposed in this research was successfully.

Keywords: monitoring of real system, microcontroller, plant process of organic fertilizer, sensor, SNI-7030-2004

Permasalahan klasik sampah domestik menjadi problem hampir di semua wilayah, baik perkotaan ataupun desa. Faktor persoalan sampah antara lain pertambahan penduduk, urbanisasi, perilaku manusia atau masyarakat itu sendiri. Persoalan sampah terus menjadi masalah karena tidak terlepas dari model penanganan limbah sampah yang belum tepat dan optimal. Metode pembuatan pupuk organik atau pengomposan telah berkembang. Tujuan penelitian ini adalah membuat inovasi model alat sistem monitoring secara *realtime* yang dapat bekerja dan mampu berperan dalam mendeteksi proses untuk menghasilkan pupuk organik sesuai standar SNI-7030-2004. Adapun manfaatnya dapat mengetahui nilai-nilai ambang batas gas, suhu, kelembaban dan kadar pH pada pembuatan pupuk organik dan dapat menjadi model pembelajaran mata kuliah sistem kendali proses. Melalui sambungan komunikasi USB dengan bantuan aplikasi komputer ditampilkan pada *grafik user interface* (GUI) yang memberikan informasi dan data base dari hasil deteksi sensor-sensor yang dipasang pada *plant* reaktor.

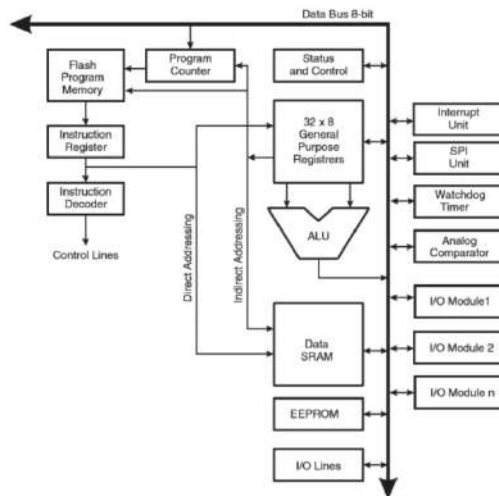
Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, dan atau hewan yang telah mengalami rekayasa berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk memasok bahan organik, memiliki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Permentan, 2009). Pupuk organik merupakan hasil akhir dan hasil antara dari perubahan atau penguraian bagian dari sisa tanaman dan hewan. Pupuk organik berasal dari bahan organik yang mengandung berbagai macam unsur, meskipun ditandai dengan adanya nitrogen dalam bentuk persenyawaan organik, sehingga mudah diserap oleh tanaman. Pupuk organik tidak meninggalkan sisa asam anorganik di dalam tanah dan mempunyai kadar persenyawaan C-organik yang tinggi (Supriadi, 2017). Pupuk organik kebanyakan tersedia di alam (terjadi secara alamiah), misalnya kompos, pupuk kandang, pupuk hijau, dan guano (Sumekto, 2006). Pupuk organik umumnya dihasilkan dari proses pengomposan sehingga sering disebut juga dengan kompos. Menurut Crawford (2003), kompos adalah hasil penguraian tidak lengkap dan dapat dipercepat secara *artificial* oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik (Aryantha, 2010). Membuat kompos perlu mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air secukupnya, mengatur aerasi dan penambahan aktivator. Metode pengomposan telah berkembang dan usaha untuk memanipulasi agar faktor-faktor yang mampu mempercepat laju proses pengomposan dapat tercapai. “*Idealnya, teknologi yang mampu meningkatkan laju pengomposan yang cepat merupakan teknologi yang dianggap lebih baik*” (Supriadi, 2017). Mutu kompos yang baik disebabkan karena proses dekomposisi

bahan organik telah terjadi secara sempurna agar tidak memberikan pengaruh buruk terhadap tanaman. Menurut Aryantha (2010), mutu kompos yang baik antara lain berwarna coklat tua hingga hitam mirip dengan warna tanah, tidak larut dalam air, nisbah C/N rasio sebesar 20 - 20, tergantung dari bahan baku dan derajat humifikasinya, berefek baik jika diaplikasikan, suhunya kurang lebih sama dengan suhu lingkungan dan tidak berbau.

Mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer fungsional dari suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, dan agar sebuah mikrokontroler dapat berfungsi, maka memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimal. Untuk membuat sistem minimal dibutuhkan sistem *clock* dan *reset*, beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem *clock internal*, sehingga tanpa rangkaian *eksternal* pun mikrokontroler sudah beroperasi. Maksud *sistem minimal* adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri. Pada dasarnya sebuah sistem minimal mikrokontroler AVR "Alf (Egil Bogen) and Vegard (Wollan) 's Risc processor" memiliki prinsip yang sama (Artanto, 2012).

ATMega 328 adalah mikrokontroler keluaran atmel dengan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur *Harvard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Instruksi-instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi-instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8-bit *register* serba guna dan digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari *register* serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah *register pointer* 16-bit pada mode pengamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data (Atmel Corporation, 2014; Gadre, 2001). Ketiga *register pointer* 16-bit ini disebut dengan *register X* (gabungan R26 dan R27), *register Y* (gabungan R28 dan R29), dan *register Z* (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain *register* serba guna di atas, terdapat *register* lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa *register* ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai *register control Timer/ Counter*, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi *I/O* lainnya. *Register - register* ini menempati

memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh (Artanto, 2012; Infotech, 2011). Arsitektur dan konfigurasi ARMega diilustrasikan pada Gambar 1 dan 2.

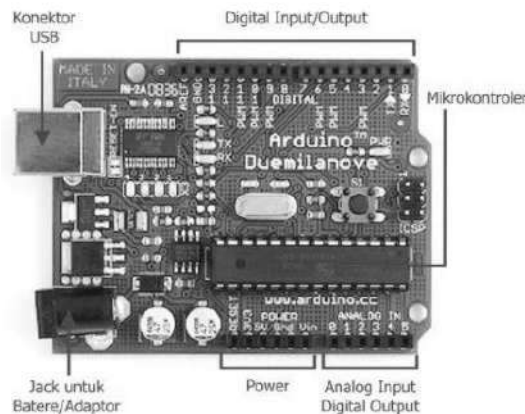


Gambar 1. Arsitektur ATmega

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Gambar 2. Konfigurasi ATmega 328

Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroler berbasis Atmega 328, memiliki 14 pin *input/output* dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, *koneksi USB*, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol *reset*. Arduino mampu *mensupport* mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Arduino merupakan sebuah *board* minimum *system* mikrokontroler yang bersifat *open source*. Rangkaian *board* arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328, kelebihan arduino selain bersifat *open source*, bahasa pemrogramannya berupa bahasa C. Dalam *board* arduino sendiri terdapat *loader* berupa USB sehingga memudahkan dalam memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Port USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa difungsikan sebagai *port* komunikasi *serial*. Arduino menyediakan 20 pin *I/O*, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital *input/output* (Artanto, 2012; Banzi, 2009), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Board Arduino ATmega 328

Melalui koneksi USB, Arduino dapat diberikan *power supply* dengan adaptor DC atau baterai dan powernya dipilih secara otomatis. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack adaptor* pada koneksi *port input supply*. Board arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 20 volt, board bisa menjadi tidak stabil bila mana pada pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan sebaliknya jika menggunakan lebih dari 12V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada board.

ATMega 328 memiliki 32 KB *flash* memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk *bootloader*. ATMega 328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM (Atmel Corporation, 2014). Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai *input atau output*, menggunakan fungsi *pinMode*, *digitalWrite*, dan *digitalRead*. *Input/output* dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki *internal pull-up resistor (disconnected oleh default)* 20 - 50 KOhms.

Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATMega 328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi *serial*, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATMega 16U2 pada saluran *board* ini komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai *com port virtual* untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* 16U2 menggunakan *USB driver standard COM*, dan tidak ada *driver eksternal* yang dibutuhkan. Namun, pada *Windows, file. Inf* diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk *monitor serial* yang memungkinkan data *tekstual* sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan Arduino. RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip* USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi *serial* pada pin 0 dan 1). Sebuah perpustakaan *Software Serial* memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin digital Uno itu. ATMega 328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWIA) dan SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan kawat untuk menyederhanakan penggunaan dari bus I2C, sedangkan untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI (Atmal Corporation, 2014; Artanto, 2012; Banzi, 2009).

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Sensor gas adalah suatu perangkat yang dibuat untuk mendeteksi salah satu jenis atau lebih dari satu jenis gas. Sensor gas berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara, seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, metana dan lain-lain. Pada penelitian ini digunakan sensor suhu/temperatur dan kelembaban (sensor DHT22), kadar pH, *aerator, heater, exhaust fan*, kecepatan motor. Sensor yang dipasang: gas metana CH₄; gas carbon (MQ7); gas Metana (MQ4); gas Nitrogen (MiCS-2714) (Aosong, 2011). DHT22 atau juga dikenal sebagai AM2302 adalah sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Sensor DHT-22 dipilih karena memiliki *range* pengukuran yang luas yaitu 0 sampai 100% untuk kelembaban dan

-40 derajat celsius sampai 125 derajat celsius untuk suhu. Sensor ini juga memiliki *output* digital (*single-bus*) dengan akurasi yang tinggi dan presisi dalam hal pengukuran. MQ-4 memiliki kemampuan mendeteksi konsentrasi gas metana (CH₄) di udara. Sensor dapat digunakan untuk mendeteksi gas yang mudah terbakar. Sensor ini membutuhkan suplai daya sebesar 5V. Jangkauan deteksinya terhadap *natural gas*/metana adalah 300 sampai 10000 ppm. MQ-7 adalah sebuah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO). Sensor dengan bahan keramik Al₂O₃, lapisan tipis SnO₂, elektroda serta *heater* yang digabungkan dalam suatu lapisan kerak yang terbuat dari plastik dan *stainless*. Kemasan sensor MQ-7 tersedia dalam dua macam yaitu dari bahan logam dan plastik. Sensor ini dapat beroperasi pada suhu dari -10⁰C sampai 50⁰C dan mengkonsumsi kurang dari 150 mA pada 5V. Konsentrasi deteksi gas: 10 - 1000 ppm gas CO.

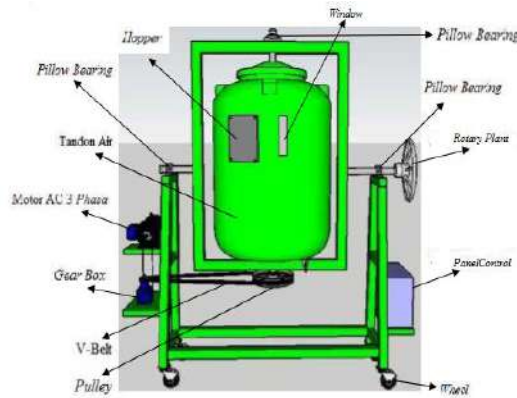
Prinsip kerja utama pH meter adalah terletak pada sensor *probe* berupa elektrode kaca (*glass electrode*) dengan jalan mengukur jumlah ion H₃O⁺ di dalam larutan. Ujung elektrode kaca adalah lapisan kaca setebal 0,1 mm yang berbentuk bulat (*bulb*). *Bulb* ini dipasangkan dengan silinder kaca non-konduktor atau plastik memanjang, yang selanjutnya diisi dengan larutan HCl (0,1 mol/dm³). Di dalam larutan HCl, terendam sebuah kawat elektrode panjang berbahan perak yang pada permukaannya terbentuk senyawa setimbang AgCl. Konstannya jumlah larutan HCl pada sistem ini membuat elektrode Ag/AgCl memiliki nilai potensial stabil. Inti sensor pH terdapat pada permukaan *bulb* kaca yang memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif (H⁺) dengan larutan terukur. Kaca tersusun atas molekul silikon dioksida dengan sejumlah ikatan logam alkali. Pada saat *bulb* kaca ini terekspos air, ikatan SiO akan terprotonasi membentuk membran tipis HSiO⁺ sesuai dengan reaksi berikut: $SiO + H_3O^+ \rightarrow HSiO^+ + H_2O$.

METODE

Tahapan penelitian yang digunakan pada pembuatan alat sistem monitoring secara *realtime* yaitu: analisis masalah "model penanganan limbah sampah yang belum tepat dan optimal", analisis kebutuhan "membuat inovasi model alat sistem monitoring secara *realtime* yang dapat bekerja dan mampu berperan dalam mendeteksi proses untuk menghasilkan pupuk organik sesuai standar SNI-7030-2004", studi pustaka "susunan campuran bahan kompos yang tidak sejenis maka penguraiannya relatif cepat jika dibandingkan dengan bahan sejenis, ukuran bahan semakin kecil semakin cepat proses penguraian bahan, pada suhu optimal 30 - 45⁰C, pH pada di kisaran 6,5 - 8,0, kandungan air dan oksigen (O₂) idealnya adalah 50 - 70%, kandungan Nitrogen (N) yang lebih banyak, C/N rasio, besarnya nilai rasio C/N bergantung pada jenis sampah", perancangan alat terdiri dari (a) perancangan mekanik plan reaktor, dan (b) perancangan kontrol dan program alat modul sistem *realtime*.

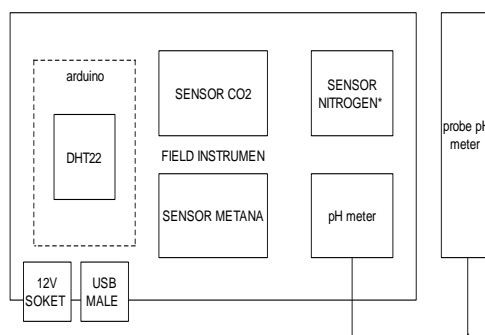
HASIL

Model *plan* reaktor proses pembuatan pupuk dengan mengelaborasi bentuk molen beton sebagai tempat untuk membuat pupuk organik dari sampah organik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

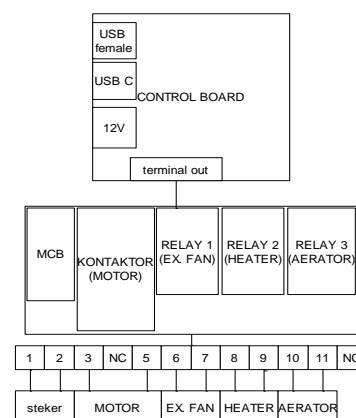


Gambar 4. *Plant* reaktor proses

Sistem monitoring *realtime* terdiri dari 3 bagian, yaitu *field instrument*, *control board* dan *software monitor reactor* yang dioperasikan di PC. *Field Instrument* seperti ditunjukkan pada Gambar 5 adalah blok *Field instrument* berisikan instrumen sensor antara lain DHT22, MQ4, MQ7, sensor pH meter sensor, gas nitrogen MiCS2714 dan Arduino. Fungsi blok *field instrumen* adalah untuk pengukuran keseluruhan *variable* uji. *Field instrument* memerlukan tegangan 12V, tegangan diperoleh dari *jack* DC yang telah disediakan, data sensor diproses oleh mikrokontroler kemudian dikirim melalui port USB male. Gambar 6 menunjukkan rangkaian *field instrument* dan desain cetak rangkaian *field instrument* ke dalam PCB.



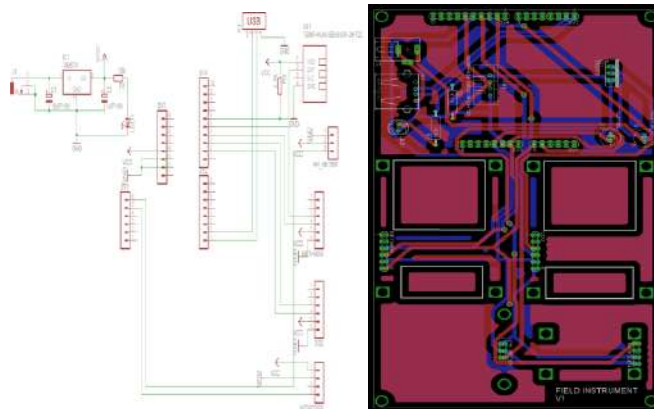
Gambar 5. Blok *Filed Instrument*



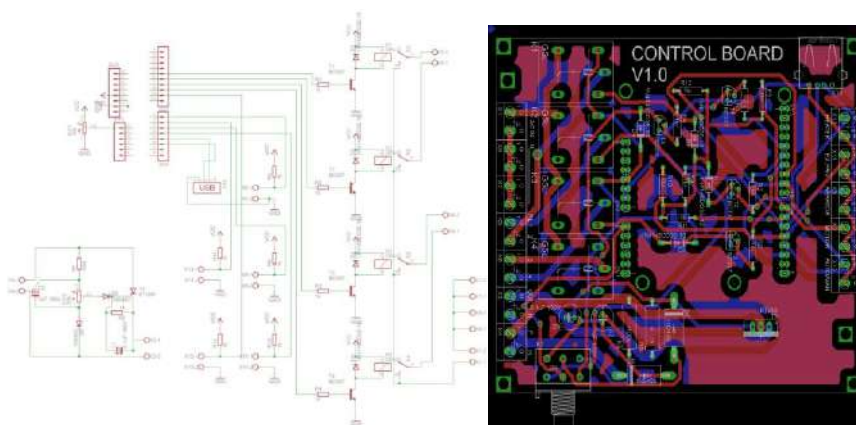
Gambar 6. *Control Board*

Gambar 7 adalah blok *Control board* berisikan antara lain *socket interface* menggunakan USB, sumber tegangan DC 12 Volt, MCB 1 phasa, kontaktor 3 phasa dan tiga buah realy untuk dihubungkan ke beban berupa motor, *exhaust fan*,

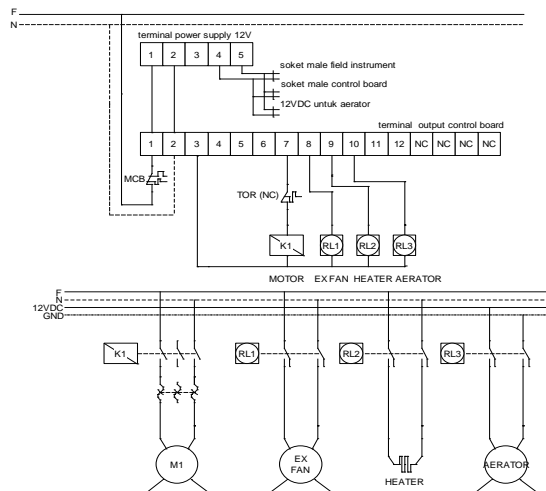
aerator dan *heater*. Fungsi blok *control board* adalah untuk menerima data sensor dari *field instrument* melalui port USB *female*, dan mengirimkan data sensor dengan data kendali relay ke PC atau aplikasi monitor reaktor melalui port USB C. *Control board* juga berfungsi untuk mengendalikan actuator seperti motor, ex. *Fan*, *heater*, dan *aerator* sesuai dengan perintah dari *software* atau sesuai dengan data sensor *field instrument*. Untuk *aerator* menggunakan tegangan DC 12 Volt. Gambar 8 menunjukkan rangkaian *control board* dan desain cetak rangkaian *control board* ke dalam PCB. Rangkaian Instalasi panel terdiri dari rangkaian kendali dan rangkaian daya seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 7. Rangkaian dan Desain PCB Field Instrument

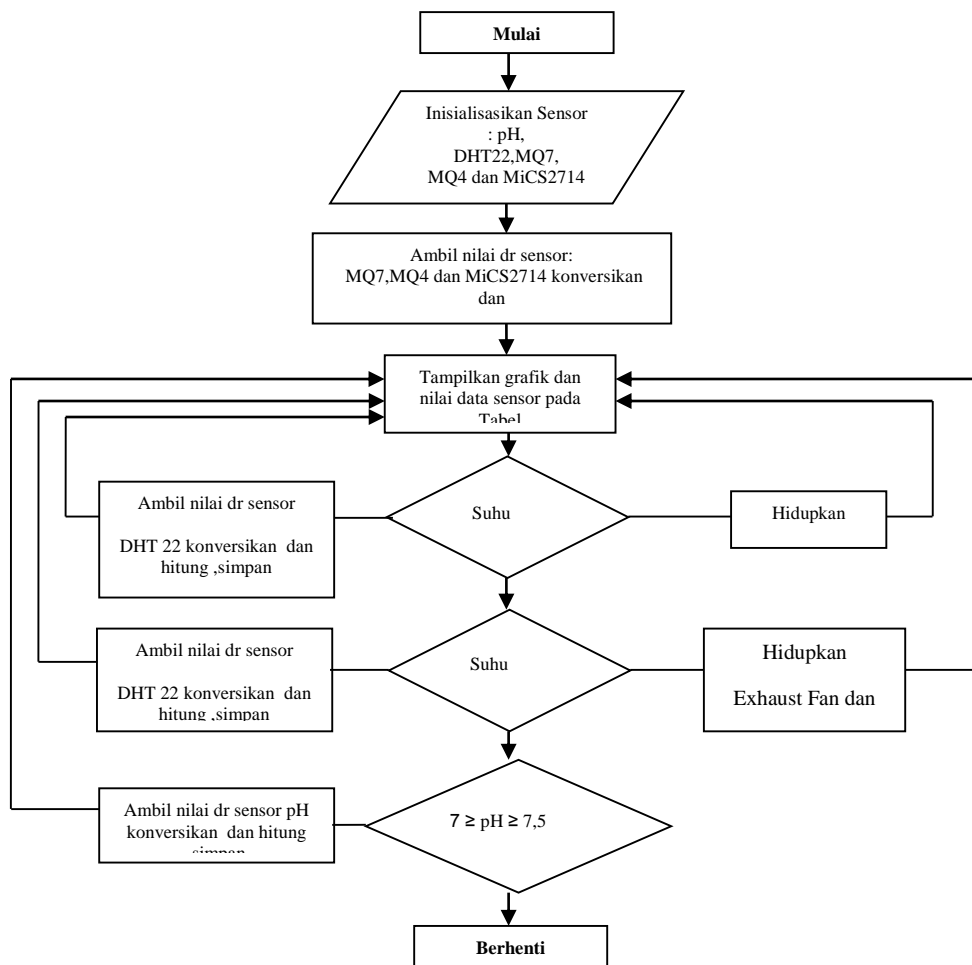


Gambar 8. Rangkaian dan Desain PCB control Board



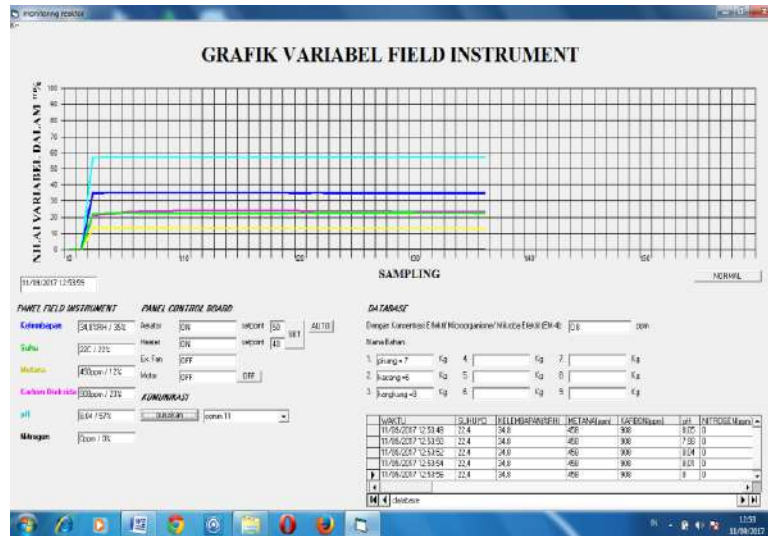
Gambar 9. Garis Tunggal Instalasi Panel, a) Rangkaian Kendali, b) Rangkaian Daya

Adapun gambar *flowchart* sistem monitoring secara *realtime* pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Flow Chart Sistem Monitoring *Realtime*

Tampilan sistem monitoring yang dirancang seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan GUI Memuat Informasi Data Nilai

PEMAHASAN

Prinsip kerja dari desain dan implementasi ini adalah saat alat sistem monitoring secara *realtime* dengan membuat program untuk grafik *user interface* sebagai tampilan dan menjadi informasi baik berupa data nilai gas ataupun gambar grafik yang tertampil pada GUI tersebut, diperlihatkan pada Gambar 10. Tampilan GUI yang berada di laptop/PC dihubungkan dengan USB ke *field instrument board* dan *control board* dimana mikrokontroller dan programnya yang telah dibuat sebelumnya dengan keduanya, maka *field instrument board* yang komponennya berupa instrumen sensor DHT22, pH, MQ4, MQ7 yang dipasangkan akan mendeteksi sejumlah gas yang nilai dan jumlahnya tertampil pada GUI. Untuk mendeteksi suhu/temperatur dan kelembaban menggunakan sensor DHT22, kondisi kadar asam, netral dan basa menggunakan pH meter, kandungan gas karbon monoksida CO menggunakan sensor MQ7 dan kandungan gas metana menggunakan sensor MQ4.

Bila suhu $\leq 39^{\circ}\text{C}$ maka *heater* akan bekerja untuk memberikan panas dan mempengaruhi suhu ruangan mencapai 40°C dan setelah didapatkan nilai tersebut maka heater akan mati, sedangkan bila suhu $\geq 41^{\circ}\text{C}$ maka *exhaust fan* bekerja membuang panas berlebih dari keadaan ruangan plant reaktor tersebut dan *aerator* akan bekerja juga untuk membantu pendinginan ruangan dengan menyemprotkan air ke dalam ruangan *plant* reaktor tersebut dan setelah mencapai suhu 40°C dan setelah didapatkan nilai tersebut maka *exhaust fan* dan *aerator* berhenti bekerja. Perangkat Lunak pada perancangan alat ini dibangun menggunakan bahasa C dengan *compiler Codevision AVR*. Keseluruhan maupun perangkat lunak untuk mengakses bagian-bagian dari sistem diatur didalam Arduino UNO ATmega 328.

Sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, pH meter untuk mengukur kondisi kadar asam, netral dan basa, kandungan gas karbon monoksida CO menggunakan sensor MQ7 dan kandungan gas metana menggunakan sensor MQ4. Instrumen sensor suhu, kelembaban dan gas ini bekerja berdasarkan perubahan tegangan sesuai dengan jumlah keadaan lingkungan dan kandungan gas yang diterima permukaan sensor. Dengan menggunakan Algoritma Pembacaan ADC Internal Arduino dimana Algoritma pengkonversian data analog ke digital melalui ADC Internal Arduino Uno meliputi beberapa parameter dan register yang *disetting*. Pengertian *Delay* disini adalah waktu tunda dari *internal control* ADC pada mikrokontroler yang dimanfaatkan untuk proses konversi. Proses tersebut diatur berdasarkan konfigurasi ADC dari *clock* yang dirancang, sementara itu untuk mengetahui proses selesainya konversi ADC berada pada register ADCSRA pada bit ke 4, yaitu bit akan 0 saat konversi ADC selesai dan berlogika 1 (*high*) jika proses konversi sedang berlangsung. Hasil konversi ADC selanjutnya disimpan pada register ADCH untuk bit MSB (bit 8 dan bit 9) sementara bit rendah (LSB) tersimpan pada register ADCL yaitu bit 0 hingga 7 sehingga data dapat diambil dari register tersebut, selanjutnya bit ADCSRA bit ke 4 di buat *high* secara manual sebagai tanda pada *internal controller* ADC bahwa data ADC telah dibaca. Pada pemrograman arduino, sistem pembacaan ADC melalui perangkat lunak arduino telah dikemas menjadi satu perintah sederhana yaitu *analog.read(analog input)* sehingga *setting* parameter pada register ADC telah dilakukan secara otomatis pada Arduino UNO. Sehingga nilai keadaan lingkungan, kandungan gas yang ada dalam *plan* reaktor dapat dibaca sesuai nilai yang dapat diukur pada lingkungan dan sistem *plant* reaktor tersebut. Kandungan volume gas yang terhisap diperlukan rumus: $V = A \cdot \omega \cdot r \cdot t$, dengan $V =$ volume (*plant*) dari gas, $A =$ luas penampang, $\omega =$ kecepatan putar penghisap, $r =$ jari-jari penampang, dan $t =$ waktu. Adapun hasil uji diperlihatkan pada Gambar 12.

waktu	suhu	kelembapan	metana	karbon	phcatran	nitrogen
11/09/2017 12:29:15	0	0	0	0	0	0
11/09/2017 12:29:21	29,5	31,2	200	850	0	0
11/09/2017 12:29:23	29,8	31,2	490	1178	7,82	0
11/09/2017 12:29:25	29,7	31,2	498	1201	7,88	0
11/09/2017 12:29:27	29,7	31,3	498	1239	7,78	0
11/09/2017 12:29:29	29,59	31,3	498	1239	7,83	0
11/09/2017 12:29:31	29,59	31,3	498	1258	7,85	0
11/09/2017 12:29:33	29,5	31,3	498	1267	7,78	0
11/09/2017 12:29:35	29,5	31,3	498	1277	7,85	0
11/09/2017 12:29:37	29,5	31,4	498	1277	7,82	0
11/09/2017 12:29:39	29,5	31,4	498	1286	7,79	0
11/09/2017 12:29:41	29,4	31,4	498	1290	7,85	0
11/09/2017 12:29:43	29,4	31,4	498	1295	7,78	0
11/09/2017 12:29:45	29,4	31,4	498	1296	7,87	0
11/09/2017 12:29:47	29,3	31,5	490	1295	7,79	0
11/09/2017 12:29:49	29,3	31,5	490	1296	7,87	0
11/09/2017 12:29:51	29,2	31,5	490	1286	7,79	0
11/09/2017 12:29:53	29,2	31,5	490	1277	7,87	0
11/09/2017 12:29:55	29,09	31,5	490	1286	7,79	0
11/09/2017 12:29:57	29,09	31,59	490	1280	7,87	0
11/09/2017 12:29:59	29,09	31,59	490	1277	7,82	0
11/09/2017 12:30:01	29	31,59	490	1277	7,88	0
11/09/2017 12:30:03	28,9	31,59	490	1277	7,85	0

Gambar 12. Tampilan Tabel Informasi Data Hasil Kinerja Instrumen Sensor-sensor

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian terapan ini telah dibuat rancang bangun sistem monitoring secara *realtime* pembuatan pupuk organik yang terdiri dari: 1) Rancang bangun sistem monitoring secara *realtime* dengan menerapkan sensor DHT22, pH meter, MQ4, MQ7 dan MiCS2714 dan 2) Rancang bangun *plant* reaktor dengan menempatkan antara lain motor pengaduk kecepatan rendah, *exhaust fan*, *aerator* dan *heater* telah berjalan. Pengujian sistem monitoring secara *realtime*, instrumen sensor yang diterapkan telah berjalan dengan baik dan dapat mengukur obyek yang dimaksudkan. Instrumen sensor memiliki keluaran analog sehingga diperlukan ADC yang diintegrasikan pada mikrokontroler. *Software* grafik *user interface* (GUI) program rancang bangun sistem monitoring secara *realtime* telah mampu menampilkan nilai terukur gas, tampilan grafik dimana instrumen sensor yang diterapkan. Pengujian *plant* reaktor yang diintegrasikan dengan motor telah berhasil mereduksi 4 kali dari putaran awal 1500 rpm menjadi kecepatan rendah 300 rpm, dengan menempatkan *gear box*. Fungsi motor putaran untuk membalikkan dan mencampur bahan di dalam *plant* reaktor. Saran dalam penelitian terapan ini dibutuhkan waktu yang cukup untuk berusaha memaksimalkan hasil kinerja alat rancang bangun sistem monitoring secara *realtime* pada pembuatan pupuk organik dan diperlukan dukungan keterlibatan institusi pemerintah terkait.

DAFTAR RUJUKAN

- Aosong (Guangzhou) Electronics Co. 2011. Temperature and Humidity Module, AM2302 Product Manual, lembar data DHT22.
- Artanto, D. 2012. *Interaksi Arduino dan LabView*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Aryantha, N.P. 2010. *Kompos*. Bandung: Pusat Penelitian Antar Universitas Ilmu Hayati LPPM-ITB. Dept. Biologi - FMIPA-ITB.
- Atmel Corporation. 2014. 8-bit AVR® Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash. ATmega48A, ATmega48PA, ATmega88A, ATmega88PA, ATmega168A, ATmega168PA, ATmega 328, ATmega 328P, lembar data ATmega 328P.
- Banzi, M. 2009. *Getting Started with Arduino*. Sebastopol: O'Reilly Media Inc.
- Crawford, J.H. 2003. KOMPOS. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.
- Djuandi, F. 2015. *Pengenalan Arduino*. (Online), (<http://tobuku.com>, diakses tanggal 27 Oktober 2015).
- Gadre, D. V. 2001. *Programming and Customizing The AVR Microcontroller*. New York: McGraw-Hill.
- Infotech. 2011. *CodeVisionAVR Version 2.05.4 User Manual*.

Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 28/permentan/sr.130/5/2009 tahun 2009 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah. 2009. Jakarta.

Sumekto, R. 2006. *Pupuk Pupuk Organik*. Klaten: PT Intan Sejati, Klaten.

Supriadi. 2017. Cara Pembuatan Pupuk Organik dengan Metoda Bumbung. *Loka pengkajian teknologi pertanian provinsi kepulauan riau*, (Online), (<http://kepri.litbang.pertanian.go.id/new/images/pdf/pembuatankamposRRI.pdf>, diakses 11 Oktober 2017).

Darsono Sigit, dkk_ Pembelajaran Kimia

Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran Kimia Menggunakan Prinsip Berpusat pada Peserta Didik *Student Centred Learning (SCL)* di SMA Kabupaten Ponorogo

Darsono Sigit, Oktavia Sulistina
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: darsono.sigit.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Dosen Program Pendidikan Kimia FMIPA UM telah melaksanakan kegiatan pendampingan “Implementasi Kurikulum 2013” pada Agustus 2017. Peneliti ingin mengetahui kendala di lapangan dalam pelaksanaan SCL. Peneliti memberikan isian angket berkaitan dengan keterlaksanaan kegiatan pembelajaran kimia menggunakan prinsip-prinsip SCL, kepada 29 guru kimia dari 16 SMA Negeri dan 8 SMA Swasta se-Kabupaten Ponorogo dan sekitarnya. Analisa data menggunakan persentase dan analisis kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan kendala dari guru kimia sebanyak 76 %, perlu mendapatkan apresiasi dan pendampingan berlanjut dari Dinas Pendidikan Kabupaten Ponorogo dan pihak perguruan tinggi Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM. Guru kedepannya mengharapkan materi pembelajaran kimia SMA perlu disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan lokal peserta didik di tempat mereka belajar. Penentuan materi kimianya merupakan hasil dari musyawarah guru Kimia SMA se-Kabupaten Ponorogo, Dinas Pendidikan Pemkab Ponorogo dan Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM. Sebagian kecil guru 24% merasa sekolahnya belum memiliki cukup buku pustaka bagi guru dan peserta didik untuk pembelajaran kimia. Sekolah tidak memiliki saran dan prasarana untuk pelaksanaan praktikum bagi peserta didik. Maka perlu kiranya dilakukan uluran tangan membangun kerjasama dari SMA se- Kabupaten Ponorogo yang bersangkutan dengan, Dinas Pendidikan Pemkab Ponorogo dan Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM, guna penyediaan perpustakaan keliling dan sarana dan prasarana Laboratorium Kimia Keliling yang dapat dimanfaatkan secara bergiliran.

Kata kunci: pembelajaran, peserta didik, pembelajaran berpusat pada peserta didik, kimia SMA.

Abstract: Chemistry Faculty Lecturer of FMIPA UM have been implemented "Curriculum Implication 2013" on August 2017. Researchers wanted to know the obstacles in the field in the implementation of SCL. The researcher gave the questionnaire related to the implementation of chemistry learning activities using the SCL principles, to 29 chemistry teachers from 16 SMA Negeri and 8 Public Senior High schools throughout Ponorogo and surrounding areas. Data analysis using percentage and qualitative analysis. The result showed that the obstacle of the chemistry teacher as much as 76%, need to get appreciation and continuous assistance from the Education Office of Ponorogo Regency and the college of Chemistry Education Department FMIPA UM. In the future, teachers expected the availability learning materials to be adapted to local conditions. The determination of the chemical material is the result of the meeting of chemistry teachers of

senior high School around Ponorogo Regency, Ponorogo Regency Education Office and Chemical Education Department of Chemistry Department FMIPA UM. A small percentage of teachers 24% feel that their school did not have enough literature books for teachers and learners for chemistry learning. Schools were not have suggestions and infrastructure for practicum implementation for learners. So it was necessary to do a helping hand to build cooperation from SMA in Ponorogo regency concerned with, Ponorogo District Education Office and Chemical Education Department of FMIPA UM, for the provision of mobile Library and facilities and infrastructure of mobile Chemistry Laboratory that can be utilized in turns.

Keywords: learning, learners, learning centered on learners, chemical high school.

Tujuan Pendidikan yang termuat di UUD 45 alinea 4, adalah “Mencerdaskan kehidupan Bangsa” yang dikuatkan dengan UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, Pasal 3, yang berbunyi “Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggungjawab.” Untuk mencapai tujuan pembelajaran yang mulia tersebut, telah dijawab dengan melaksanakan Kurikulum 2013, dengan penyempurnaan pelaksanaannya secara berkelanjutan, yang kegiatan pembelajaran menggunakan prinsip berpusat pada peserta didik/ *Student Centred Learning* (SCL).

Student Centred Learning (SCL) merupakan pendekatan pembelajaran yang digunakan pada Kurikulum 2013 tertuang dalam Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 81A Tahun 2013 tentang Implementasi Kurikulum Pedoman Umum Pembelajaran sebagai berikut untuk mencapai kualitas yang telah dirancang dalam dokumen kurikulum, kegiatan pembelajaran perlu menggunakan prinsip seperti berpusat pada peserta didik, mengembangkan kreativitas peserta didik, menciptakan kondisi menyenangkan dan menantang, bermuatan nilai, etika, estetika, logika, dan kinestetika, serta menyediakan pengalaman belajar yang beragam melalui penerapan berbagai strategi dan metode pembelajaran yang menyenangkan, kontekstual, efektif, efisien, dan bermakna.

Kurikulum 2013 mengembangkan dua model proses pembelajaran yaitu proses pembelajaran langsung dan proses pembelajaran tidak langsung. Baik pembelajaran langsung maupun pembelajaran tidak langsung terjadi secara terintegrasi dan tidak terpisah. Pembelajaran langsung berkenaan dengan pembelajaran yang menyangkut KD yang dikembangkan dari KI-3 dan KI-4. Keduanya, dikembangkan secara bersamaan dalam suatu proses pembelajaran dan menjadi wahana untuk mengembangkan KD pada KI-1 dan KI-2. Pembelajaran

tidak langsung berkenaan dengan pembelajaran yang menyangkut KD yang dikembangkan dari KI-1 dan KI-2. Proses pembelajaran terdiri atas lima pengalaman belajar pokok yaitu: a. mengamati; b. menanya; c. mengumpulkan informasi; d. mengasosiasi; dan e. mengkomunikasikan.

Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah. Standar Proses adalah kriteria mengenai pelaksanaan pembelajaran pada satuan pendidikan untuk mencapai Standar Kompetensi Lulusan. Proses pembelajaran pada satuan pendidikan diselenggarakan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik. Untuk itu setiap satuan pendidikan melakukan perencanaan pembelajaran, pelaksanaan proses pembelajaran serta penilaian proses pembelajaran untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas ketercapaian kompetensi lulusan. Sesuai dengan Standar Kompetensi Lulusan dan Standar Isi maka prinsip pembelajaran yang digunakan: dari peserta didik diberi tahu menuju peserta didik mencari tahu; dari guru sebagai satu-satunya sumber belajar menjadi belajar berbasis aneka sumber belajar; dari pendekatan tekstual menuju proses sebagai penguatan penggunaan pendekatan ilmiah; dari pembelajaran berbasis konten menuju pembelajaran berbasis kompetensi; dari pembelajaran parsial menuju pembelajaran terpadu; dari pembelajaran yang menekankan jawaban tunggal menuju pembelajaran dengan jawaban yang kebenarannya multi dimensi; dari pembelajaran verbalisme menuju keterampilan aplikatif; peningkatan dan keseimbangan antara keterampilan fisikal (*hardskills*) dan keterampilan mental (*softskills*); pembelajaran yang mengutamakan pembudayaan dan pemberdayaan peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat; pembelajaran yang menerapkan nilai-nilai dengan memberi keteladanan (*ing ngarso sung tulodo*), membangun kemauan (*ing madyo mangun karso*), dan mengembangkan kreativitas peserta didik dalam proses pembelajaran (*tut wuri handayani*); pembelajaran yang berlangsung di rumah, di sekolah, dan di masyarakat; pembelajaran yang menerapkan prinsip bahwa siapa saja adalah guru, siapa saja adalah siswa, dan di mana saja adalah kelas. Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran; pengakuan atas perbedaan individual dan latar belakang budaya peserta didik.

Untuk mencapai kualitas yang telah dirancang dalam dokumen kurikulum 2013, perlu penyempurnaan berkelanjutan menuju kesempurnaan. Bentuk penyempurnaan pelaksanaan kurikulum 2013 tertuang pada: Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran pada Kurikulum 2013 pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2016 tentang Standar

Kompetensi Lulusan Pendidikan Dasar dan Menengah. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 21 Tahun 2016 tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah. Anies Baswedan (2016), Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2016 tentang Standar Penilaian Pendidikan. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2017 tentang Penilaian Hasil Belajar oleh Pemerintah dan Penilaian Hasil Belajar oleh Satuan Pendidikan.

Penyempurnaan pelaksanaan kurikulum 2013 masih berjalan seiring pertumbuhan kebutuhan pendidikan masyarakat, salah satunya adalah pelaksanaan SCL/pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Dalam rangka merancang penyempurnaan kurikulum pendidikan SMA, berbagai pernyataan dan kesepakatan kebijakan nasional dan internasional perlu dipertimbangkan secara efektif sehingga sesuai dengan standar global dan nasional yang sesuai tuntutan pendidikan dan memenuhi keragaman kebutuhan peserta didik dan masyarakat di dunia yang cepat berubah dan berkembang (*Tanzania Institute of Education*, 2013). Maka perlu kiranya dilakukan observasi tentang keterlaksanaannya di lapangan. Berikut ini permasalahan yang dapat dihimpun: Kendala apakah yang dihadapi sebagian besar guru kimia untuk melaksanakan SCL di sekolah. Upaya apa saja yang telah dilakukan untuk keberlangsungan SCL di sekolah. Harapan apakah agar SCL kedepannya dapat berjalan lancar.

METODE

Pada tanggal 2 - 3 Agustus 2017, di SMAN 1 Ponorogo peneliti memberikan isian angket berkaitan dengan keterlaksanaan kegiatan pembelajaran kimia menggunakan prinsip-prinsip SCL, kepada 29 guru kimia dari 16 SMA Negeri dan 8 SMA Swasta se Kabupaten Ponorogo dan sekitarnya. Angket merupakan salinan dari *Toolkit for students, staff and higher education institutions. Brussels, the European Commission. Student-Centred Learning* (Attard & Di Iorio, 2010). Data penelitian dianalisis dengan statistik persentase(%) dan analisis kualitatif.

HASIL

Hasil penelitian berikut terkait dengan kendala yang dihadapi sebagian besar guru kimia untuk melaksanakan SCL di sekolah; upaya yang telah dilakukan untuk keberlangsungan SCL di sekolah; harapan SCL kedepannya dapat berjalan lancar, sebagai berikut: kendala dari guru kimia sebanyak 76%, menyatakan: kemampuan peserta didik yang umumnya cukup menyebabkan pelaksanaan *Student Centred Learning* (SCL) menjadi terhambat, karena membutuhkan waktu yang lama. Dengan adanya target untuk menyelesaikan materi terkait pelaksanaan UNAS, maka jika SCL dilaksanakan secara penuh materinya tidak akan terselesaikan. Bahkan beberapa SMA masih belum menggunakan K-13. Sumber

belajar berupa buku wajib, model, miniatur dan alat praktikum merupakan kendala utama. Kemampuan peserta dalam kelas sangat berbeda jauh satu sama lain dan daya serap terhadap pelajaran sangat berbeda. Waktu belajar peserta didik kurang, mereka belum terbiasa berpikir dan bekerja untuk menemukan, lebih suka menerima pelajaran secara konvensional yaitu mendengarkan. Jika dilakukan sesuai sintak yang ada pada rencana pembelajaran akan memakan waktu lama, maka waktunya habis tidak cukup dan materinya tidak selesai tersampaikan. Upaya-upaya untuk mengurangi kendala-kendala pelaksanaan Kurikulum 2013 yang telah dilakukan guru sampai saat ini: dalam proses pembelajaran terutama diskusi, guru harus lebih banyak membimbing, menyediakan waktu-waktu tambahan diluar jam pelaksanaan, antara lain sore hari untuk kegiatan praktikum dan diskusi kelas. Guru berusaha untuk membuat pembelajaran aktif, dengan membentuk kelompok diskusi peserta didik, membuat pembelajaran yang menyenangkan dengan mengajak peserta didik melakukan praktikum sederhana, mengamati fenomena alam dalam kehidupan sehari-hari. Guru mengikuti kegiatan yang dapat menambah pemahaman pada K-13 melalui MGMP bersama, yang dinanti-nantikan pelaksanaan disekolah secara bergilir. Guru memberikan dan menyediakan sumber belajar berupa: modul, gambar, diagram, video untuk menggantikan sumber belajar buku wajib yang tidak tersedia. Guru ada yang membentuk kelompok belajar yang heterogen kemampuan peserta didiknya, guru memanfaatkan alat dan bahan yang ada di sekitar sekolah untuk perangkat percobaan. Guru memberikan materi tambahan, menambahkan praktik percobaan dalam kehidupan sehari-hari. Harapan-harapan ke depan berkenaan pelaksanaan Kurikulum 2013: guru berharap beban materi kimia di SMA dapatnya dikurangi, sehingga SCL benar-benar dapat terlaksana. Sarana dan prasarana pendukung SCL diharapkan dipenuhi oleh Dinas Pendidikan. Diharapkan dapat meringankan beban sekolah. Dinas Pendidikan diharapkan sering mengadakan pelatihan, *workshop* untuk para guru, sehingga pengetahuan para guru tentang materi kimia maupun pembaharuan pembelajaran selalu terbarukan, terutama bagi guru-guru di wilayah yang jauh dari kota. Guru yang lain mengharapkan pembelajaran kimia semakin menarik bagi peserta didik, tidak menakutkan dan semakin mudah untuk dipahami, keprofesionalan guru meningkat yang dapat mencetak lulusan yang bukan hanya kaya ilmu namun juga memiliki karakter kepribadian yang baik. Materi kimia untuk SMA diharapkan isinya yang lebih ke kimia terapan, sehingga ketika disajikan di kelas, lebih menarik, peserta didik antusias untuk berpikir kritis dan berorientasi kedepan.

Sebanyak 24% guru kimia masih menghadapi kendala dalam menerapkan pembelajaran SCL. Hal ini disebabkan belum cukup tersedianya sumber belajar seperti buku guru, buku peserta didik, alat peraga, bahan kimia dan peralatan praktikum kimia. Keterbatasan waktu mengajar juga menjadi kendala, sehingga guru sekedar memberitahu belum sepenuhnya mengaktifkan peserta didik. Upaya guru untuk mengurangi kendala pelaksanaan SCL, dengan berusaha untuk

membuat pembelajaran aktif dan menyenangkan, membentuk kelompok diskusi, mengajak praktikum sederhana, mengamati fenomena alam yang terjadi dalam sehari-hari. Saat pelaksanaan tahapan diskusi, perlu lebih banyak bimbingan; memberikan jam tambahan pada sore hari untuk melanjutkan diskusi dan praktikum. Dalam proses pembelajaran terutama diskusi, guru harus lebih banyak membimbing. Menyediakan waktu tambahan di luar jam pelaksanaan, antara sore hari untuk kegiatan praktikum dan diskusi kelas. Guru mengikuti kegiatan yang bisa menambah pemahaman pembelajaran kimia melalui MGMP dan upaya agar sekolahnya digunakan sebagai tempat MGMP bersama. SCL diharapkan dapat terlaksana, jika materi kimia SMA dipilih yang ada terapannya, sehingga ketika disajikan di kelas, peserta didik lebih tertarik, antusias untuk berpikir kritis dan berorientasi ke depan.

PEMBAHASAN

Materi pelaksanaan UNAS yang harus tuntas, guru merasa waktu yang tidak cukup dengan menggunakan model pembelajaran yang berlangsung sampai saat ini. Model ini diberlakukan bagi semua peserta didik yang kemampuannya sedang dan ke bawah. Maka ke depan perlu dirancang model pembelajaran yang efektif dan efisien sebagai suplemen Kurikulum 2013 yang dapat memenuhi target UNAS bagi peserta didik pada umumnya, kemampuannya sedang dan ke bawah, yaitu melalui kursus *online*, Aronson & Timms (2004). Upaya yang dilakukan guru saat ini, perlu mendapatkan apresiasi dan pendampingan berlanjut dari Dinas Pendidikan Kabupaten Ponorogo dan pihak perguruan tinggi Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM. Guru ke depannya mengharapkan materi pembelajaran kimia SMA perlu disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan lokal peserta didik di tempat mereka belajar. Hasil dari musyawarah guru Kimia SMA se-Kabupaten Ponorogo, Dinas Pendidikan Pemkab. Ponorogo dan Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM. Namun kurikulum sebaiknya berfokus pada pengetahuan yang kuat. Sekolah bertanggung jawab tidak hanya untuk mendapatkan peserta didik ke pendidikan tinggi tapi mempersiapkan mereka dapat berhasil dalam studinya. Pengetahuan yang kuat mengharuskan sekolah untuk memberi peserta didik akses ke alat baru untuk memikirkan dunia, tidak mudah dipelajari dari pengalaman mereka sendiri. Sekolah memberikan dasar pengetahuan, dan diperlukan kepedulian dengan mendukung pengembangan dan penerapan pemahaman yang mendalam terhadap masalah dunia nyata. Membangun pemahaman interdisipliner, juga memiliki pengetahuan yang kuat dan semakin meningkat didasarkan pada pengetahuan yang disiplin (Stobie, 2012).

Sebagian kecil guru merasa sekolahnya belum memiliki cukup buku pustaka bagi guru dan peserta didik untuk pembelajaran kimia. Sekolah tidak memiliki sarana dan prasarana untuk pelaksanaan praktikum bagi peserta didik. Maka perlu kiranya dilakukan uluran tangan membangun kerjasama dari SMA se-Kabupaten Ponorogo yang bersangkutan dengan, Dinas Pendidikan Pemkab Ponorogo dan

Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM, guna penyediaan perpustakaan keliling dan sarana dan prasarana Laboratorium sederhana Kimia Keliling yang dapat dimanfaatkan secara bergiliran yang ramah lingkungan (Hackman, 2017). Upaya perbaikan pembelajaran yang telah dilakukan guru perlu mendapatkan partisipasi aktif dari Dinas Pendidikan Pemkab. Ponorogo dan Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM. Guru mengharapkan ke depannya perlu materi kimia SMA disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik dan potensi lokal. Penentuan materinya merupakan hasil musyawarah dari guru Kimia SMA Se Kabupaten Ponorogo yang bersangkutan, Dinas Pendidikan Pemkab Ponorogo dan Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM.

SIMPULAN

Kendala dari guru kimia sebanyak 76%, perlu mendapatkan apresiasi dan pendampingan berlanjut dari Dinas Pendidikan Kabupaten Ponorogo dan pihak perguruan tinggi Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM. Guru ke depannya mengharapkan materi pembelajaran kimia SMA perlu disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan lokal peserta didik di tempat mereka belajar. Penentuan materi kimia merupakan hasil dari musyawarah guru Kimi SMA se-Kabupaten Ponorogo, Dinas Pendidikan Pemkab Ponorogo dan Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM.

Sebagian kecil guru 24% merasa sekolahnya belum memiliki cukup buku pustaka bagi guru dan peserta didik untuk pembelajaran kimia. Sekolah tidak memiliki saran dan prasarana untuk pelaksanaan praktikum bagi peserta didik. Maka perlu kiranya dilakukan uluran tangan membangun kerjasama dari SMA se-Kabupaten Ponorogo yang bersangkutan dengan, Dinas Pendidikan Pemkab Ponorogo dan Prodi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM, guna penyediaan perpustakaan keliling dan sarana dan prasarana Laboratorium Kimia Keliling yang dapat dimanfaatkan secara bergiliran.

DAFTAR PUSTAKA

- Aronson, J.Z. & Timms, M.J. 2004. *Net Choices, Net Gains: Supplementing High School Curriculum with Online Courses*. San Francisco. WestEd 730 Harrison Street San Francisco, CA 94107-1242.
- Attard, A. & Di Iorio, E. 2010. *Student-Centred Learning, Toolkit for students, staff and higher education institutions*. Brussels: The European Commission.
- Hackman, W.M. 2017. *General Chemistry Manual Franklin and Marshall College Chemistry 111/112 Laboratory*, (Online), (<https://www.fandm.edu/uploads/files/79645701812579729-genchem-reference-for-web.pdf>, diakses 16 oktober 2017).

- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 21 Tahun 2016 tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah.* 2016. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah.* 2016. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2016 tentang Standar Kompetensi Lulusan Pendidikan Dasar dan Menengah.* 2016. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2016 tentang Standar Penilaian Pendidikan.* 2016. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran Pada Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah.* 2016. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah.* 2013. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 81A Tahun 2013 tentang Implementasi Kurikulum Pedoman Umum Pembelajaran.* 2013. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2017 tentang Penilaian Hasil Belajar Oleh Pemerintah dan Penilaian Hasil Belajar Oleh Satuan Pendidikan.* 2017. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. ,
- Stobie, T. 2012. *Implementing the Curriculum with Cambridge A guide for school leaders*, (Online), (<http://www.cambridgeinternational.org/images/134557-implementing-the-curriculum-with-cambridge.pdf>, diakses 20 Oktober 2017).
- Tanzania Institute of Education. 2013. *Ministry Of Education and Vocational Training*, (Online), (<http://tie.go.tz/docs/CURRICULUM%20FOR%20SECONDARY%20EDUCATION.pdf>, diakses 11 Juli 2017).

Geovany Arofatz Zahro, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengaruh *Study History Sheet (SHS)* pada Model Pembelajaran *Cooperative Learning Together* terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI MIPA SMA Negeri 5 Jember Pokok Bahasan Asam-Basa

Geovany Arofatz Zahro, Ridwan Joharmawan, Yudhi Utomo
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: joharmawan@gmail.com

Abstrak: Asam-basa merupakan salah satu pokok bahasan kimia padat konseptual dan membutuhkan integritas pemahaman dari beberapa lingkup pengantar kimia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Study History Sheet (SHS)* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together* terhadap hasil belajar peserta didik kelas XI pokok bahasan kimia. Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental semu (*quasy experimental design*) dengan rancangan *Posttest-Only Design*. Teknik analisis data penelitian dilakukan dengan analisis statistik dan deskriptif. Pengujian hipotesis menggunakan *independent sample t-test* dengan tingkat spesifikasi 0,05 dengan bantuan program *SPSS 20,0 Windows*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlaksanaan proses pembelajaran kelas eksperimen dan kelas kontrol berlangsung sangat baik masing-masing sebesar 96,80% dan 95,70%. Terdapat perbedaan hasil belajar peserta didik yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Cooperative Learning Together* dengan peserta didik yang dibelajarkan menggunakan *Study History Sheet (SHS)* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together*. Hal ini terlihat bahwa nilai rata-rata hasil belajar kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol masing-masing sebesar 83,65 dan 79,05.

Kata kunci: *SHS, cooperative learning together*, hasil belajar, asam-basa.

Abstract: Acid-base is one of the most concentrated conceptual chemical and integrated understanding of many areas of introductory chemistry. The purpose of research was to find out the influence of SHS use on Cooperative Learning Together model towards student's learning result for the 11th grade of Mathematic and Science on acid-base topic. This research used quasy-experimental design by Posttest-Only design. The techniques of data analysis were done through statistic and descriptive analysis. The hypothesis test used independent sample t-test by significant level of 0.05 and the aid of SPSS 20.0 program for windows. The research showed that the implementation of learning process on experiment and control group was done well and resulted of 96.8% and 95.70%. There was the difference of learning result between students who were taught by using Cooperative Learning Together only and those who were taught by SHS on Cooperative Learning Together model. Those could be seen through the average score of learning result on experiment group which was higher than control group 83,65 and 79,05 respectively.

Keyword: SHS, cooperative learning together, learning result, acid-base

Asam-basa merupakan salah satu pokok bahasan dalam pembelajaran kimia. Pokok bahasan asam-basa padat konseptual dan membutuhkan integrasi pemahaman dari beberapa lingkup pengantar kimia (Sheppard, 2006). Pemahaman konsep asam-basa yang utuh dapat diperoleh dengan cara melibatkan peserta didik secara aktif dalam mengamati, menggali konsep, dan menggunakan informasi yang dimiliki.

Hasil wawancara yang dilakukan dengan salah satu guru kimia di SMA Negeri 5 Jember, kegiatan pembelajaran pada materi pelajaran kimia khususnya pokok bahasan asam-basa masih menggunakan metode ceramah. Pembelajaran menggunakan metode ceramah menjadikan guru sebagai pusat pembelajaran, sehingga sebagian besar peserta didik menjadi pembelajar yang pasif. Suyanti (2010) menyatakan bahwa pembelajaran menggunakan metode ceramah tanpa disertai peragaan dapat mengakibatkan verbalisme. Pembelajaran verbalisme menuntut peserta didik hanya menghafalkan konsep tanpa memahaminya, sehingga mudah dilupakan. Hal ini akan berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Hasil belajar peserta didik dapat meningkat jika peserta didik berperan aktif selama proses pembelajaran berlangsung. Proses pembelajaran secara aktif memungkinkan terjadinya interaksi antara peserta didik dengan guru dan peserta didik dengan peserta didik. Model pembelajaran yang melibatkan peserta didik secara aktif adalah model pembelajaran kooperatif.

Model pembelajaran kooperatif merujuk pada peserta didik belajar dalam kelompok-kelompok kecil yang saling membantu satu sama lain, berdiskusi, dan berargumentasi untuk mengasah pengetahuan yang mereka kuasai serta menutup kesenjangan dalam pemahaman masing-masing peserta didik (Slavin, 2005). Tiap peserta didik dalam pembelajaran kooperatif akan saling membelajarkan karena dalam diskusi yang mereka lakukan akan timbul konflik kognitif dan perbedaan ide, sehingga membuat kualitas pemahaman peserta didik semakin tinggi. Model pembelajaran *Cooperative Learning Together* merupakan salah satu tipe model pembelajaran kooperatif. Model pembelajaran *Cooperative Learning Together* melibatkan peserta didik yang dibagi dalam kelompok yang terdiri atas empat atau lima orang. Model *Cooperative Learning Together* merupakan model pembelajaran yang lebih menekankan pada interdependensi positif, serta tanggung jawab individual, akan tetapi mereka juga menyoroti perihal pembangunan kelompok, menilai sendiri kinerja kelompok, dan penghargaan kelompok (Slavin, 2005).

Dewi dkk. (2015) dalam penelitiannya penggunaan model pembelajaran *Cooperative Learning Together* pada pelajaran kewirausahaan dan prakarya tidak dapat mengetahui kemampuan masing-masing peserta didik karena mereka bekerja dalam kelompok. Kelemahan model pembelajaran *Cooperative Learning Together* tersebut diperlukan suatu upaya yang dapat meningkatkan tanggung jawab individu

dalam berkontribusi pengetahuan yang dimilikinya yaitu dengan menerapkan *Study History Sheet (SHS)* pada proses pembelajaran.

Penggunaan *SHS* pada kegiatan pembelajaran digunakan peserta didik untuk menuliskan pengetahuan awal, rangkuman, dan pengetahuan yang diperoleh setelah pembelajaran. Menulis atau menyusun catatan pada lembar-lembar kertas lepas menjadi lebih efektif daripada menulis dalam satu buku (De Porter & Hernacki, 1992). Menuliskan kembali konsep-konsep yang diperoleh selama belajar akan lebih mudah diingat, karena terjadi pengulangan pemahaman konsep yang dituangkan dalam bentuk rangkuman.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penggunaan *Study History Sheet (SHS)* pada Model Pembelajaran *Cooperative Learning Together* terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI MIPA SMA Negeri 5 Jember Pokok Bahasan Asam-Basa”.

METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental semu (*quay experimental design*) dengan rancangan *Posttest-Only Design*. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI MIPA di SMA Negeri 5 Jember tahun ajaran 2016/2017. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik penarikan sampel acak berkelompok (*cluster random sampling*), yaitu dengan mengambil dua kelas secara acak sebagai sampel dari kelas yang ada pada populasi. Sampel penelitian yang digunakan yaitu kelas XI MIPA 4 sebagai kelas kontrol yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *cooperative learning together* dan kelas XI MIPA 1 sebagai kelas eksperimen yang dibelajarkan menggunakan *SHS* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together*. Instrumen pada penelitian ini adalah instrumen perlakuan dan pengukuran. Instrumen perlakuan meliputi Silabus, RPP, *Handout*, LKPD, PPT, lembar skor penilaian afektif, lembar penilaian psikomotor, soal kuis, dan *SHS*. Bentuk *SHS* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Instrumen pengukuran meliputi lembar observasi dan tes. Tes pada penelitian ini berupa ulangan harian dengan tipe soal *multiple choice* yang berisi 20 pertanyaan dengan 5 pilihan jawaban. Soal yang akan digunakan untuk mengukur pemahaman terhadap materi dalam penelitian, akan dilakukan uji validasi isi dan uji validasi empirik terlebih dahulu oleh ahli. Kemudian akan dilanjutkan dengan uji tingkat kesukaran butir soal, uji daya beda butir soal, dan reliabilitas tes.

Study History Sheet (SHS)			
Ringkaslah jawaban dari pertanyaan-pertanyaan LKPD dan poin-poin penting pada kotak-kotak dibawah!			
Sebelum belajar			Setelah belajar
Tuliskan yang kalian ketahui tentang: "Asam-Basa"	LKPD 1 "Identifikasi larutan Asam-Basa"	LKPD 2 "Teori Asam-Basa"	Tuliskan apa yang anda peroleh mengenai: "Asam-Basa"
	LKPD 3 "Keseimbangan Ion dalam Larutan Asam-Basa"	LKPD 4 "Derajat Keasaman (pH)"	
Nama : Kelas :			
Periksa kembali aktivitas sebelum, selama, dan setelah belajar. Tuliskanlah apa yang anda kuasai dari pelajaran ini. Jawablah dengan jujur! Apa kesan-kesan anda tentang pembelajaran ini?			

Gambar 1. Study History Sheet (SHS) Asam-basa

Tahapan pengumpulan data diawali dengan tahap persiapan, pelaksanaan, dan akhir. Data yang terkumpul akan dianalisis menggunakan analisis statistik dan deskriptif. Pengujian hipotesis menggunakan *independent sample t-test* dengan tingkat signifikansi 0,05 dengan bantuan program *SPSS 20.0 for windows*. Analisis data meliputi uji normalitas, homogenitas, dan uji hipotesis.

HASIL

Data hasil belajar kognitif digunakan untuk mengetahui apakah adanya perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol melalui uji hipotesis menggunakan uji-*t* dua pihak. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2, 3, 4, sedangkan untuk mengetahui rekapitulasi data hasil belajar kognitif kedua kelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Data Hasil Belajar Kognitif Kelas Eksperimen dan Kontrol

Deskriptif	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Rata-rata	83,6486	79,05
Jumlah Peserta Didik	37	37
Nilai Tertinggi	95	90
Nilai Terendah	60	60

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data Hasil Belajar Kognitif Kelas Ekspeimen dan Kontrol

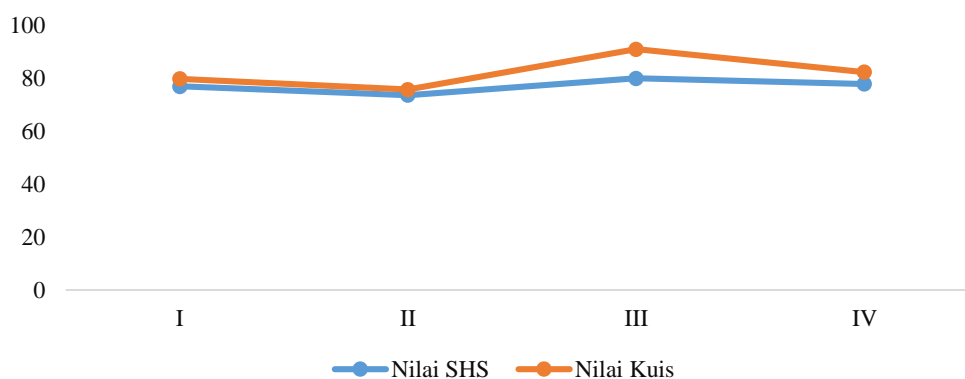
Kelas	Jumlah Peserta Didik	Uji Kolmogorov-Smirnov			Kesimpulan
		Means	Std. Deviasi	Sig.	
Eksperimen	37	83,65	9,10	0,17	Normal
Kontrol	37	79,05	6,75	0,09	Normal

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas Data Hasil Belajar Kognitif Kelas Eksperimen dan Kontrol

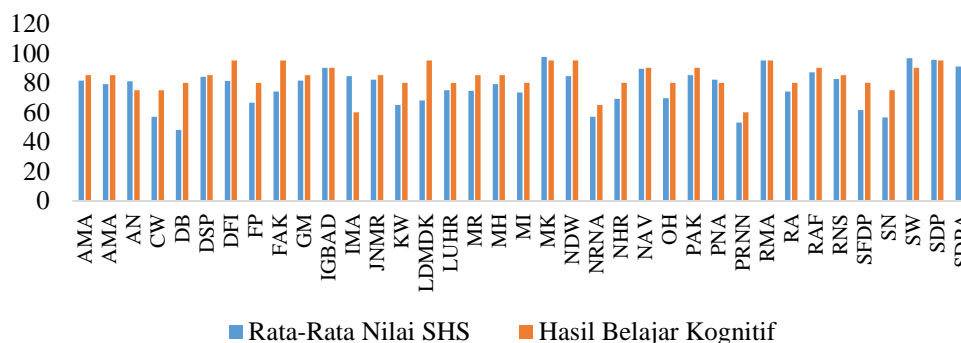
Kelas	Nilai Rata-rata	Nilai Signifikansi	Kesimpulan
Eksperimen	83,65	-	Homogenitas
Kontrol	79,05	0,55	

Tabel 4. Hasil Uji Hipotesis Data Hasil Belajar Kognitif Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas	Jumlah Peserta Didik	Nilai Rata-rata	Nilai Signifikansi	Kesimpulan
Eksperimen	37	83,65	0,026	Adanya perbedaan hasil belajar.
Kontrol	37	79,05		



Gambar 2. Kesetaraan antara Rata-rata Nilai SHS dan Nilai Kuis Tiap LKPD



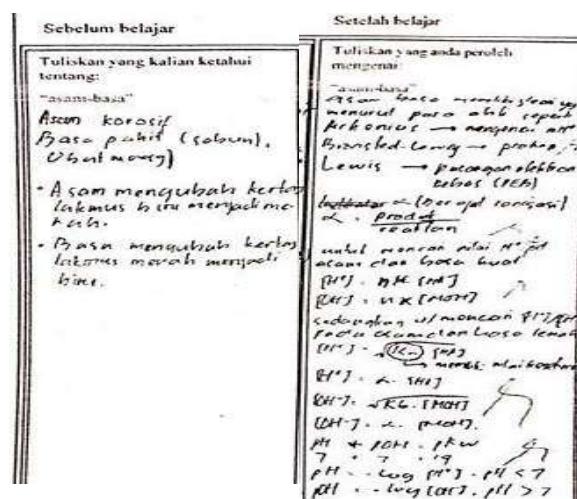
Gambar 3. Hubungan antara Rata-rata Nilai SHS dengan Nilai Hasil Belajar Kognitif.

PEMBAHASAN

Penggunaan *SHS* pada model pembelajaran *cooperative learning together* digunakan untuk mengetahui pengetahuan awal yang dimiliki peserta didik sebelum belajar. Pengetahuan awal tersebut kemudian digunakan sebagai bekal dalam menggali pengetahuan yang baru. Sejalan dengan pernyataan Bruner (dalam Suyono & Hariyanto, 2014) bahwa, interkoneksi antara pengetahuan baru dengan pengetahuan terdahulu menghasilkan reorganisasi dari struktur kognitif, yang kemudian menciptakan makna dan mengizinkan individu memahami secara mendalam informasi baru yang diberikan. Informasi-informasi baru yang diperoleh

peserta didik selama belajar akan dirangkum dalam kotak-kotak pada *SHS* sesuai dengan sub topik yang dipelajari. Hasil rangkuman yang diperoleh akan ditarik kembali oleh guru guna dikoreksi. Proses koreksi dilakukan untuk membenarkan konsep-konsep yang kurang tepat dan salah. Selanjutnya hasil koreksi dikembalikan kepada peserta didik untuk dipelajari sesuai dengan konsep yang benar.

Penyajian pokok bahasan asam-basa mula-mula dilakukan secara umum, kemudian secara berkala kembali mengajarkan materi yang sama dalam cakupan yang lebih rinci, sehingga kotak setelah belajar akan terlihat lebih penuh dibandingkan dengan kotak sebelum belajar. Hal ini karena, penulisan pengetahuan setelah belajar menggambarkan kompilasi dari konsep-konsep yang telah diperoleh selama pengerjaan tiap LKPD dan penjelasan dari guru. Gambaran perbedaan dalam penulisan *SHS* sebelum belajar dan sesudah belajar dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penulisan Pengetahuan Sebelum Belajar dan Sesudah Belajar pada *SHS*.

Gambar 4 menunjukkan perbedaan yang menonjol. Pada kotak sebelum belajar, peserta didik hanya menuliskan tiga konsep asam-basa sedangkan pada kotak setelah belajar peserta didik menuliskan beberapa konsep asam-basa. Sesuai dengan penjelasan Hiderumi, dkk. (2011) bahwa penggunaan *SHS* dalam pembelajaran dapat membantu peserta didik mengetahui kegiatan sebelumnya dan perubahan pengetahuan yang dimilikinya, sehingga muncul kepuasan terhadap diri masing-masing peserta didik.

Berdasarkan uraian tersebut, materi asam-basa lebih cocok dibelajarkan dengan menggunakan *Study History Sheet (SHS)* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together* dibandingkan dengan hanya menggunakan model pembelajaran *Cooperative Learning Together* karena penggunaan *Study History Sheet (SHS)* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together* dapat membantu meningkatkan hasil belajar peserta didik.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil uraian penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh *SHS* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together* terhadap hasil belajar peserta didik kelas XI MIPA SMA Negeri 5 Jember pokok bahasan materi asam-basa. Rata-rata nilai hasil belajar kognitif materi asam-basa peserta didik yang dibelajarkan dengan menggunakan *SHS* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together* lebih tinggi (82,1) dibandingkan dengan peserta didik yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran *Cooperative Learning Together* (79,7).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti mengajukan saran bahwa penggunaan *SHS* pada model pembelajaran *Cooperative Learning Together* diterapkan pada model pembelajaran lain, termasuk perlu dilihat hasil dari aspek afektif dan psikomotor, serta perlu diujikan pada pokok bahasan lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

- De Porter & Hernacki. 2004. *Quantum Learning*. Bandung: Kaifa.
- Dewi, P.A.L., Arsa, P.S., & Ariawan, U. 2015. Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe LT (Learning Together) pada Pelajaran Prakarya dan Kewirausahaan untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa kelas XI MIPA 2 SMA Negeri 3 Singaraja Tahun Ajaran 2014/2015. *E-Journal Jurnal JPTE Universitas Pendidikan Ganesha Jurusan Pendidikan Teknik Elektro*,4 (1).
- Hiderumi, A., Shizuo, M., Shousuke, T., Taro, H., Tetsuto, H., & Yukio, S. 2011. Development and Practice of "Air Pollution" Educational Material Unit Aiming an Education for Sustainable Development, (6):64-71.
- Sheppard, K. 2006. High School Students' Understanding of Titrations and Related Acid-Base Phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1): 32-45.
- Slavin, R.E. 2005. *Cooperative Learning Teori, Riset, dan Praktik*. Terjemahan Narulita Yusron. Bandung: Nusa Media.
- Suyanti, R. D. 2010. *Strategi Pembelajaran Kimia*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Suyono & Hariyanto. 2014. *Belajar dan Pembelajaran Teori dan Konsep dasar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya Offset.

Parlan, dkk_Pembelajaran Kimia

Profil Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelas XI MIA SMA pada Materi Asam Basa

Parlan, Ida Bagus Suryadharma, Ina Safitri
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: parlan.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap profil pengetahuan metakognitif siswa SMA di Malang. Sampel penelitian adalah satu kelas siswa kelas XI MIA SMA Negeri 5 Malang. Desain penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Instrumen penelitian berupa soal asam basa yang disertai pertanyaan metakognitif. Pengetahuan metakognitif digali dari pertanyaan tentang pengetahuan metakognitif (deklaratif, prosedural, dan kondisional) pada materi asam basa diikuti dengan wawancara. Pedoman penskoran dan interpretasi hasil yang digunakan mengacu pada rubrik yang dikembangkan oleh Rompayom dkk. (2010). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan deklaratif siswa termasuk kualifikasi sedang, sedangkan tingkat pengetahuan prosedural dan kondisional termasuk kualifikasi rendah. Hal ini berarti bahwa tingkat pengetahuan metakognitif sebagian besar siswa termasuk kualifikasi rendah. Secara umum siswa mampu menyebutkan konsep terkait dengan pertanyaan namun belum dapat mendeskripsikannya dengan jelas. Siswa belum mampu mendeskripsikan strategi yang digunakan dalam pemecahan permasalahan asam basa serta tidak dapat menjelaskan kapan dan mengapa menggunakan strategi tertentu dalam menyelesaikan masalah asam basa.

Kata kunci: pengetahuan metakognitif, deklaratif, prosedural, kondisional, asam basa.

Abstract: The aims of this study is to reveal the metacognitive knowledge profile of high school students in Malang. The sample of research was one class of students of eleventh grade MIA SMA Negeri 5 Malang. The research design used was descriptive research. The research instrument was acid base test with metacognitive question. Metacognitive knowledge was extracted from questions about metacognitive knowledge (declarative, procedural, and conditional) on acid-base material followed by interviews. The scoring and interpretation of the results used the rubrics developed by Rompayom *et al.* (2010). The results showed that the student's declarative knowledge level included moderate qualifications, while the level of procedural and conditional knowledge included low qualifications. This means that the metacognitive knowledge level of most students includes low qualifications. In general, students were able to mention the concept related to the question but can not clearly describe it. Students have not been able to describe the strategies used in solving acid base problems and could not explain when and why to use certain strategies in solving acid base problems.

Keywords: metacognitive knowledge, declarative knowledge, procedural knowledge, conditional knowledge, acid base

Konten pembelajaran kimia menyangkut pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif. Pengetahuan metakognitif merupakan dimensi tertinggi yang diperlukan untuk memahami substansi materi kimia yang kompleks. Substansi ilmu kimia yang kompleks menjadikan hasil belajar kognitif dalam pembelajaran kimia sangatlah penting. Hasil belajar ini diharapkan dapat menunjukkan kemampuan siswa dalam pemecahan masalah kimia dengan baik. Namun, hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil belajar lebih banyak menggambarkan kemampuan menghafal fakta, konsep, teori atau hukum. Walaupun banyak siswa mampu menyajikan tingkat hafalan yang baik terhadap materi yang diterimanya, tetapi pada kenyataannya mereka seringkali tidak memahami secara mendalam substansi materinya (Depdiknas, 2007).

Untuk memahami substansi materi kimia yang kompleks (mencakup aspek makroskopis, sub mikroskopis, dan simbolik) diperlukan kemampuan metakognitif yang baik. Metakognitif merupakan proses mental yang lebih tinggi yang terlibat dalam pembelajaran, seperti membuat rencana-rencana belajar dan menggunakan keterampilan dan strategi dalam memecahkan masalah. Apabila siswa memahami kekurangan dan kelebihan dirinya dalam belajar, maka siswa dapat menggunakan kemampuan metakognitifnya dengan baik untuk belajar. Siswa yang menggunakan metakognitif mampu mengidentifikasi strategi belajar yang paling tepat pada kondisi yang tepat (Melinda & Ana, 2015). Hasil penelitian Nuryana dan Sugiarto (2012) menemukan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kemampuan metakognitif dan hasil belajar siswa. Semakin tinggi kemampuan metakognitif maka semakin tinggi pula hasil belajar siswa dan begitu juga sebaliknya.

Kemampuan metakognitif adalah kemampuan refleksi diri dari proses kognitif yang sedang berlangsung yang merupakan suatu yang unik bagi individu dan memainkan peran penting dalam kesadaran manusia (Murti, 2011). Metakognitif dibagi menjadi dua sub komponen, yaitu pengetahuan metakognitif (*metacognitive knowledge*) dan pengaturan metakognitif (*regulation metacognitive*) (Young & Fry, 2008). Pengetahuan metakognitif dapat dideskripsikan sebagai apa yang siswa ketahui mengenai proses kognitifnya. Sedangkan pengaturan metakognitif atau bisa disebut dengan keterampilan metakognitif merupakan aktivitas nyata yang digunakan untuk memfasilitasi ingatan dan belajar. Keterampilan metakognitif ini dapat diturunkan menjadi beberapa aktifitas seperti merencanakan (*planning*), memonitor (*monitoring*) dan mengevaluasi (*evaluation*) (Young & Fry, 2008).

Pengetahuan metakognitif memegang peran penting dalam belajar ilmu kimia, terutama yang kompleks seperti materi asam basa. Di dalam materi asam basa terdapat pengetahuan konseptual, prosedural, dan algoritmik yang harus dipahami oleh siswa. Selain itu persoalan dan permasalahan dalam materi ini juga bervariasi. Apabila siswa diberikan permasalahan, siswa yang memiliki pengetahuan metakognitif yang baik dapat menggunakan informasi yang diketahui dari soal dengan tepat, menyusun strategi-strategi penyelesaiannya, dan mengetahui

kapan dan mengapa strategi tersebut digunakan untuk menyelesaikan soal (Indriani, dkk., 2015). Siswa akan memiliki pemahaman yang mendalam mengenai suatu materi serta memiliki penguasaan yang baik dalam mengolah pengetahuannya sendiri.

Swanson meneliti bagaimana tingkatan pengetahuan metakognitif mempengaruhi kinerja pemecahan masalah pada anak-anak. Dalam banyak penelitian ditemukan bahwa anak dengan tingkatan metakognitif yang tinggi melakukan kinerja pemecahan masalah lebih baik daripada anak dengan tingkatan lebih rendah (Cooper & Urena, 2009). Untuk itulah metakognitif seringkali disebut sebagai prediktor yang baik dalam pemecahan masalah dan hasil belajar. Selain dalam pemecahan masalah, kemampuan metakognitif dinilai juga berperan penting dalam pembentukan kecenderungan berpikir kritis. Siswa tidak hanya sekedar menjawab permasalahan dengan baik tetapi juga memiliki dasar pemahaman yang mendalam mengenai jawaban yang diberikan. Kemampuan metakognitif juga berperan dalam pemantauan dan evaluasi karena pemikiran siswa belum tentu benar atau cenderung keliru sehingga siswa mampu untuk menilai hasil pemikirannya. Oleh sebab itulah kemampuan metakognitif sangat dibutuhkan oleh siswa dalam proses belajar.

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa kemampuan metakognitif siswa pada tingkat menengah atas berada pada level *can not really* yang artinya siswa tidak mampu untuk memisahkan apa yang dapat dipikirkan dengan bagaimana dia berpikir dan siswa tidak memiliki kesadaran berpikir sebagai suatu proses (Ismirawati, dkk., 2015). Apabila siswa tidak mampu untuk mengolah kemampuan metakognitifnya dengan baik, siswa akan mengalami kesulitan dalam proses belajar.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode survei dalam proses pengumpulan data. Hasil penelitian ini dijabarkan secara deskriptif untuk masing-masing kategori yaitu pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural, dan pengetahuan kondisional. Penelitian dilakukan di SMA Negeri 5 Malang. Subjek penelitian ini adalah 34 siswa kelas XI MIA H-4 yang telah mempelajari materi asam basa.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes tertulis yang terdiri dari 10 butir soal pilihan ganda disertai pertanyaan pengetahuan metakognitif. Instrumen yang digunakan memiliki validitas yang baik dan reliabilitas sangat tinggi (0,89). Pertanyaan metakognitif digunakan untuk kualitas pengetahuan metakognitif siswa (pengetahuan deklaratif, kondisional, dan prosedural). Pedoman yang digunakan untuk penskoran secara umum mengacu pada rubrik penilaian yang dikembangkan oleh Rompayom dkk. (2010). Pedoman penskoran pengetahuan metakognitif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pedoman Penskoran Pengetahuan Metakognitif

Skor	Deskripsi		
	Pengetahuan Deklaratif	Pengetahuan Prosedural	Pengetahuan Kondisional
0	Jawaban tidak relevan dengan pertanyaan. Siswa tidak mendeskripsikan konsep apa yang berhubungan dengan pertanyaan yang diberikan	Siswa tidak mendeskripsikan strategi mana yang digunakan untuk memecahkan masalah, dan bagaimana memecahkan masalah tersebut	Siswa tidak menjelaskan kapan dan mengapa menggunakan strategi tertentu untuk memecahkan masalah
1	Siswa menuliskan pernyataan tidak spesifik yang berhubungan dengan kimia, tetapi pernyataan tersebut belum berhubungan dengan pertanyaan yang diberikan.	Siswa memahami tujuan dari pertanyaan yang diberikan, tetapi membuat pernyataan yang tidak spesifik yang tidak berkaitan antara informasi dan pertanyaan yang diberikan.	Siswa menuliskan strategi yang digunakan untuk memecahkan masalah secara umum, tetapi tidak menjelaskan kapan atau mengapa menggunakan strategi tersebut atau dengan pernyataan yang tidak spesifik
2	Siswa mendeskripsikan dengan jelas konsep yang berhubungan dengan pertanyaan yang diberikan	Siswa secara jelas mendeskripsikan strategi mana yang digunakan untuk memecahkan masalah. Siswa mempertimbangkan antara informasi dan pertanyaan yang diberikan	Siswa menuliskan secara jelas kapan dan mengapa menggunakan strategi untuk memecahkan masalah. Siswa memberikan gambaran dari strategi yang digunakan berkaitan dengan informasi dan pertanyaan yang diberikan.

Data penelitian berupa hasil penilaian yang dilakukan oleh dua orang penilai (*rater*) diuji reliabilitasnya. Reliabilitas data penelitian diuji dengan metode *interrater reliability* yang dihitung dengan koefisien Kappa. Metode ini digunakan untuk memastikan apakah data penelitian yang diperoleh valid dan tidak bersifat subjektif. Hasil pengujian *interrater reliability* sebesar 0,870 (sangat baik). Hasil tersebut menunjukkan bahwa data penelitian reliabel dan valid. Selanjutnya, hasil penelitian yang diperoleh dideskripsikan berdasarkan jawaban pertanyaan yang diberikan siswa.

HASIL

Data penelitian ini diperoleh dari hasil tes pengetahuan metakognitif pada materi asam basa pada siswa kelas XI MIA H-4 SMA Negeri 5 Malang. Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk persentase pengetahuan metakognitif siswa yang meliputi pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural, dan pengetahuan kondisional.

Pengetahuan Deklaratif

Pengetahuan deklaratif siswa kelas XI MIA H-4 SMA Negeri 5 Malang diketahui berdasarkan skor yang diperoleh dari jawaban tes siswa. Persentase skor siswa pada kategori pengetahuan deklaratif disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Jawaban 34 Siswa pada Kategori Pengetahuan Deklaratif

No Soal	Skor					
	0		1		2	
	Σ	%	Σ	%	Σ	%
1	0	0%	26	76%	8	24%
2	0	0%	28	82%	6	18%
3	26	76%	8	24%	0	0%
4	3	9%	31	91%	0	0%
5	3	9%	31	91%	0	0%
6	22	65%	12	35%	0	0%
7	4	12%	29	85%	1	3%
8	19	56%	14	41%	1	3%
9	5	15%	28	82%	1	3%
10	24	71%	10	29%	0	0%

Pengetahuan Prosedural

Pengetahuan prosedural siswa pada materi asam basa dapat dilihat dari skor yang diperoleh berdasarkan jawaban yang diberikan pada pemecahan masalah asam basa. Persentase skor siswa pada kategori pengetahuan prosedural dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Jawaban 34 Siswa pada Kategori Pengetahuan Prosedural

No Soal	Skor					
	0		1		2	
	Σ	%	Σ	%	Σ	%
1	15	44%	18	53%	1	3%
2	29	85%	5	15%	0	0%
3	29	85%	3	9%	2	6%
4	11	32%	15	44%	8	24%
5	18	53%	16	47%	0	0%
6	26	76%	7	21%	1	3%
7	25	74%	7	21%	2	6%
8	14	41%	9	26%	11	32%
9	31	91%	2	6%	1	3%
10	10	29%	11	32%	13	38%

Pengetahuan Kondisional

Pengetahuan kondisional mengacu pada pengetahuan siswa tentang kapan dan mengapa menggunakan strategi tertentu dalam pemecahan masalah. Pengetahuan kondisional siswa pada materi asam basa dapat dilihat berdasarkan skor yang diperoleh berdasarkan jawaban yang diberikan dalam pemecahan masalah asam basa. Persentase skor siswa pada kategori pengetahuan prosedural dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Jawaban 34 Siswa pada Kategori Pengetahuan Kondisional

No Soal	Skor					
	0		1		2	
	Σ	%	Σ	%	Σ	%
1	30	88%	3	9%	1	3%
2	27	79%	7	21%	0	0%
3	32	94%	1	3%	1	3%

4	24	71%	6	18%	4	12%
5	31	91%	3	9%	0	0%
6	29	85%	5	15%	0	0%
7	32	94%	2	6%	0	0%
8	26	76%	8	24%	0	0%
9	27	79%	5	15%	2	6%
10	30	88%	2	6%	2	6%

PEMBAHASAN

Pengetahuan Deklaratif

Persentase rata-rata skor siswa pada pengetahuan deklaratif dapat diketahui berdasarkan Tabel 2. Sebanyak 31% siswa mendapat skor 0,64% siswa mendapat skor 1, dan 5% siswa mendapat skor 2. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan deklaratif peserta dalam pemecahan masalah asam basa termasuk dalam kategori sedang. Sebagian besar siswa mampu untuk menuliskan pernyataan yang tidak spesifik yang berhubungan dengan kimia, tetapi belum mampu untuk mendeskripsikan secara jelas konsep yang berkaitan dengan pertanyaan yang diberikan.

Pada soal nomor 1 dan 2 yang menuntut siswa memahami konsep asam basa Lewis dan Brønsted Lowry, sebagian besar siswa mendapatkan skor 1 karena menyebutkan konsep dengan benar tetapi tidak mampu menjelaskan konsep tersebut. Hal ini disebabkan pada soal telah disebutkan kata kunci yaitu Lewis dan Brønsted Lowry. Namun, jika digali lebih dalam dengan melihat jawaban pada kolom prosedural siswa telah memahami konsep asam basa Brønsted Lowry dan Lewis dengan baik.

Pada reaksi penetralan yang disajikan pada soal nomor 3 siswa kesulitan dalam menentukan spesi yang ada pada larutan yang dihasilkan jika 100 mL larutan KOH dicampurkan dengan 100 mL larutan HCl, kemudian hasilnya dicampurkan dengan 10 mL larutan CH₃COOH. Hal ini disebabkan karena siswa belum memahami materi prasyarat dalam reaksi asam dan basa seperti ionisasi dan perhitungan mol. Kurangnya pemahaman materi prasyarat juga menjadi penyebab sulitnya siswa menjelaskan konsep mengenai kekuatan asam yang disajikan pada soal nomor 5 dan 6. Siswa menuliskan konsep Arrhenius sebagai jawaban, tetapi tidak menyinggung pengaruh adanya kekuatan ikatan terhadap kekuatan asam dimana pengaruh ini memiliki andil yang besar.

Pada soal yang menuntut siswa untuk melakukan perhitungan seperti soal nomor 8 dan 9, siswa juga belum mampu menjelaskan konsep yang terkait. Untuk menghitung nilai pH serta konsentrasi ion dalam larutan asam atau basa, siswa pandai mengetahui konsepnya berdasarkan kata kunci dalam soal seperti K_b , K_a , pH, dan derajat disosiasi. Siswa mengetahui fungsi pada masing-masing komponen rumus yang digunakan tetapi tidak memahami konsep yang mendasarinya.

Berdasarkan penjelasan di atas, siswa mampu untuk menyebutkan konsep-konsep asam basa yang terkait dengan pertanyaan yang diberikan tetapi belum mampu untuk mendeskripsikannya. Tingkat pengetahuan deklaratif yang sedang ini

menunjukkan bahwa siswa belum memahami materi asam basa secara mendalam. Siswa telah memahami konsep asam basa Brønsted Lowry dan Lewis, konsep pH, dan indikator asam basa. Jawaban yang diberikan sebagian besar berupa definisi suatu konsep. Namun, siswa belum memiliki pemahaman konsep yang mendalam mengenai kekuatan asam dan basa. Selain itu siswa masih belum mampu mengolah pengetahuan prasyarat materi asam basa seperti ikatan kimia dan perhitungan mol yang dimiliki pada materi asam basa ini.

Pengetahuan Prosedural

Persentase rata-rata skor siswa pada pengetahuan prosedural dapat diketahui berdasarkan Tabel 3. Sebanyak 61% siswa mendapat skor 0, 27% siswa mendapat skor 1, dan 12% siswa mendapat skor 2. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan prosedural siswa pada pemecahan masalah asam basa masih tergolong rendah karena paling banyak skor yang diperoleh adalah nol. Siswa belum dapat mendeskripsikan strategi yang digunakan dalam pemecahan masalah dan bagaimana cara menyelesaikan masalah yang diberikan.

Pada soal nomor 1 dan 2 yang menuntut prosedur penentuan spesi yang bertindak sebagai basa Lewis dan asam basa Brønsted Lowry, siswa menuliskan jawaban yang terlalu umum. Strategi penyelesaian soal yang dijabarkan siswa salah satu contohnya adalah “*memahami konsep basa Lewis, lalu menganalisis pilihan jawaban, lalu memilih jawaban yang paling tepat*”. Jawaban ini terlalu umum sehingga sulit dikatakan jika siswa telah memahami prosedur penyelesaian soal dengan baik.

Pada soal 3 siswa diminta menentukan spesi yang ada pada larutan yang dihasilkan jika 100 mL larutan KOH dicampurkan dengan 100 mL larutan HCl, kemudian hasilnya dicampurkan dengan 10 mL larutan CH₃COOH. Sebanyak 2 siswa mampu menyebutkan spesi dengan benar dengan menuliskan perhitungan mol yang terjadi dengan baik namun sebagian besar siswa mengetahui spesi-spesi dengan menuliskan ionisasi yang terjadi tanpa menuliskan perhitungan mol yang terkait pada reaksi. Hal ini membuktikan bahwa siswa belum memahami materi asam basa secara mendalam.

Pengetahuan prosedural yang rendah juga nampak pada jawaban siswa pada soal yang bersifat algoritmik. Pada soal nomor 6 misalnya, siswa diminta untuk menentukan ion H⁺ yang paling banyak dihasilkan dari beberapa larutan asam. Siswa tidak menjabarkan bagaimana cara memperoleh ion H⁺ tetapi siswa hanya menebak larutan asam yang memiliki ion H⁺ berdasarkan kekuatan asam tersebut tanpa memperhatikan ionisasi yang terjadi.

Jawaban siswa yang menggunakan prosedur yang tidak benar adalah pada soal nomor 9. Pada soal ini siswa diminta untuk menghitung pH aspirin apabila diketahui nilai K_a dan derajat ionisasi larutannya. Strategi yang dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan ini adalah dengan menghitung konsentrasi aspirin terlebih dahulu kemudian menghitung pH. Sebagian besar siswa menuliskan

strategi yang tidak benar. Siswa memiliki pemahaman yang salah mengenai hubungan derajat disosiasi dengan K_a . Siswa menghitung konsentrasi H^+ dengan cara mengalikan derajat disosiasi dengan K_a . Hal ini tidak benar karena secara matematis hubungan derajat disosiasi dan K_a :

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{M}}$$

Dimana M adalah konsentrasi. Apabila disubstitusikan ke rumus $[H^+] = \sqrt{K_a \times M}$ maka nilai $[H^+] = M \times \alpha$, bukan $[H^+] = K_a \times \alpha$ seperti yang digunakan siswa.

Berdasarkan penjabaran di atas, pengetahuan prosedural siswa masih tergolong rendah. Siswa tidak mampu menyebutkan strategi mana yang digunakan untuk memecahkan masalah asam basa. Selain pemecahan masalah yang bersifat konseptual, siswa juga mengalami kesulitan dalam pemecahan masalah yang bersifat prosedural seperti perhitungan konsentrasi ion dan perhitungan pH. Alternatif prosedural atau cara lain yang bernilai benar juga jarang ditemukan dalam penyelesaian permasalahan

Pengetahuan Kondisional

Persentase rata-rata skor siswa pada pengetahuan kondisional dapat diketahui berdasarkan Tabel 4. Sebanyak 85% siswa mendapat skor 0, 12% siswa mendapat skor 1, dan 3% siswa mendapat skor 2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengetahuan kondisional siswa dalam pemecahan masalah asam basa masih tergolong rendah karena sebagian besar siswa mendapatkan skor 0. Siswa tidak dapat menjelaskan kapan dan mengapa menggunakan strategi tertentu dalam pemecahan masalah.

Pengetahuan kondisional siswa lebih rendah jika dibandingkan pada pengetahuan proseduralnya. Hal ini disebabkan karena pada kolom pengetahuan kondisional siswa banyak yang memberikan jawaban yang tidak relevan. Penyebab lainnya adalah karena siswa tidak mampu menyebutkan prosedur atau tidak menuliskan prosedur dengan benar sehingga ketika diminta penjelasan mengenai alasan penggunaan strategi penyelesaian soal, siswa tidak mampu.

Salah satu contoh jawaban siswa yang tidak relevan ditunjukkan pada jawaban soal nomor 2 yang menuntut siswa menyebutkan spesi yang terdapat pada larutan asam oksalat. Sebagian besar siswa menuliskan jawaban "*saat ada pertanyaan mengurutkan larutan asam basa Brønsted Lowry, karena pernyataan di atas merupakan teori, sehingga cara tersebut lebih tepat*". Hal ini menunjukkan bahwa siswa belum memahami soal dengan baik dan tidak mengetahui prosedur penyelesaian soal dengan baik sehingga tidak mampu memberikan alasan dengan baik pula.

Selain menuliskan jawaban yang tidak relevan, pengetahuan kondisional yang rendah juga ditunjukkan pada jawaban siswa ketika diberikan soal yang bersifat algoritmik. Pada soal nomor 8 dan 9 misalnya, yang menuntut siswa untuk

menghitung konsentrasi ion dalam larutan asam dan basa dan menghitung nilai pH. Siswa tidak menjelaskan alasan yang tepat sebab sebagian besar menuliskan jawaban “*karena cara itu rumusnya*”. Hal ini dapat mengerjakan soal karena mengetahui rumus hitung untuk mencarinya. Siswa tidak mengetahui hakikat dari rumus tersebut apalagi konsep yang mendasarinya. Menurut Afriyani (2011) salah satu penyebab rendahnya pengetahuan kondisional adalah gaya belajar yang cenderung menghafal rumus dan penyelesaian masalah yang sudah dibahas atau dikerjakan tanpa mengetahui hakikat dari rumus tersebut.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengetahuan metakognitif siswa kelas XI MIA SMAN di Malang masih tergolong rendah. Hal ini didasarkan pada hasil penelitian yang menunjukkan bahwa sebesar 5% siswa memiliki tingkat pengetahuan deklaratif rendah, 64% berada pada tingkat sedang, dan 31% berada pada tingkat tinggi. Sejumlah 61% siswa memiliki tingkat pengetahuan prosedural rendah, 27% berada pada tingkat sedang, dan 11% berada pada tingkat tinggi. Pada pengetahuan kondisional, 85% siswa berada pada tingkat rendah, 12% berada pada tingkat sedang, dan 3% berada pada tingkat tinggi. Secara keseluruhan siswa belum mampu mendeskripsikan strategi yang digunakan dalam pemecahan masalah asam basa serta tidak dapat menjelaskan kapan dan mengapa menggunakan strategi tertentu dalam pemecahan masalah asam basa.

Saran yang diberikan berdasarkan temuan penelitian adalah sebaiknya para guru meningkatkan pengetahuan metakognitif siswa yakni salah satunya dengan menerapkan strategi pembelajaran yang berbasis metakognitif. Strategi pembelajaran yang berbasis metakognitif dapat memuat tahapan yang berupa perencanaan awal yang mempertimbangkan kemampuan awal dan kebutuhan siswa, perhatian fokus, manajemen diri siswa, pemantauan perkembangan dalam belajar, dan evaluasi diri.

DAFTAR RUJUKAN

- Afriyani, D. 2011. Penelusuran Perilaku Metakognitif Mahasiswa dalam Pemecahan Masalah Matematika. *Ta'dib*, 14(1): 15-26.
- Cooper, M. & Urena, S. S. 2009. Design and Validation of an Instrument to Assess Metacognitive Skillfulness in Chemistry Problem Solving. *Journal of Chemical Education*, 86(2): 240-245.
- Depdiknas. 2007. *Naskah Akademik: Kajian Kurikulum Mata Pelajaran IPA SMP*. Jakarta: Balitbang Depdiknas.
- Indriani, N., Suharto, & Dian, K. 2015. Analisis Pengetahuan Metakognitif Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Berbasis Polya Pokok Bahasan Perbandingan Kelas VII di SMP Negeri 4 Jember. *Artikel Ilmiah Mahasiswa*, 1(1): 1-12.

- Ismirawati, N., Corebima, Zubaidah, S., & Syamsuri, I. 2015. *Prototipe Model Pembelajaran ERCORE (Elicitation, Restructuring, Confirmation, Refelection) untuk Memberdayakan Keterampilan Metakognitif*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains, UNS, Surakarta, 19 November.
- Melinda, D.A. & Ana R.W. 2015. *Analisis Strategi Metakognitif Guru Biologi Kelas XI SMA di Kabupaten Sumedang*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015 (SNIPS 2015), Institut Teknologi Bandung, Bandung, 8-9 Juni.
- Murti, H.A.S. 2011. Metakognitif dan Theory of Mind (ToM). *Jurnal Psikologi Pitutur*, 1(2): 53-64.
- Nuryana, E. & Sugiarto, B. 2012. Hubungan Keterampilan Metakognisi dengan Hasil Belajar Siswa pada Materi Reaksi Reduksi Oksidasi Kelas XI SMA Negeri 3 Sidoarjo. *UNESA Journal Of Chemical Education*.
- Rompayom, P., Tambunchong, C., Wongyounoi, S. & Dechsri, P. 2010. The Development of Metacognitive Inventory to Measure Students' Metacognitive Knowledge Related to Chemical Bonding Conceptions. *International Association for Educational Assesment (IAEA)*, 1-7.
- Young, A. & Fry, J.D. 2008. Metacognitive Awareness and Academic Achievement in College Students. *Journal of Scholarship of Teaching and Learning*, 8(2): 1-10.

Theresia Wariani, dkk_Pembelajaran Kimia

Efektivitas Penerapan Pendekatan Inkuiri Terbimbing pada Mata Kuliah Kimia Dasar Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Theresia Wariani, Vinsensia H.B. Hayon, Alfons Bunga Naen
Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Widya Mandira
Jalan Jend. Achmad Yani No.50-52 Kupang, NTT
e-mail: theresiawariani@ymail.com

Abstrak: Pendekatan Inkuiri merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang digunakan agar peserta didik dapat lebih aktif mencari, meneliti serta menemukan sendiri pemecahan masalah tentang pengetahuan yang sedang dipelajari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas pendekatan inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar kimia pada materi pokok kelarutan dan hasil kali kelarutan, meliputi ketuntasan tujuan pembelajaran, ketuntasan hasil belajar pengetahuan dan ketuntasan hasil belajar keterampilan. Subyek dari penelitian ini adalah mahasiswa Semester 2 Program Studi Pendidikan Biologi Tahun Akademik 2016/2017 FKIP Unwira Kupang. Instrumen yang digunakan antara lain Tes Hasil Belajar untuk memperoleh data ketuntasan indikator dan ketuntasan hasil belajar pengetahuan. Hasil belajar keterampilan diperoleh dengan lembar observasi psikomotor, presentasi dan lembar penilaian portofolio. Ketuntasan tujuan pembelajaran dinyatakan dalam bentuk proporsi yang merupakan perbandingan dari jumlah mahasiswa yang menuntaskan tujuan dengan keseluruhan mahasiswa. Hasil belajar dihitung dengan cara jumlah skor yang diperoleh mahasiswa dibagi skor total, dikalikan 100 (seratus). Berdasarkan hasil analisis data dapat disimpulkan bahwa pendekatan inkuiri terbimbing efektif terhadap hasil belajar kimia pada materi pokok kelarutan dan hasil kali kelarutan. Ketuntasan tujuan pembelajaran aspek pengetahuan rata-rata 0,82, aspek psikomotor rata-rata 0,90, aspek portofolio 0,82, aspek presentasi 0,87 dan aspek keterampilan proses 0,90 termasuk kategori baik. Ketuntasan hasil belajar pengetahuan rata-rata 86 dan ketuntasan hasil belajar keterampilan (rata-rata dari aspek psikomotor, portofolio, presentasi dan keterampilan proses) adalah 83. Pendekatan pembelajaran inkuiri terbimbing terbukti efektif dalam pembelajaran yang menuntut keaktifan peserta didik dalam pemecahan masalah. Untuk itu disarankan agar para dosen dapat menggunakannya pada materi pokok lain yang sesuai.

Kata kunci: inkuiri terbimbing, hasil belajar, hasil kali kelarutan

Abstract: Inquiry approach is a learning approach that was used so that learners can more actively seek, research and find yourself solving problems about the knowledge being studied. The purpose of this research was to know the effectiveness of guided inquiry approach to the chemistry learning outcomes on the topic of solubility and solubility product constant, including the completeness of the learning objectives, the completeness of the learning outcomes and the completeness of the learning outcomes. The subjects of this study were students of Semester 2 of the Biology Education with Academic Year 2016/2017 FKIP Unwira Kupang. Instruments used include Test Results Learning to

obtain the completeness data indicator and mastery of knowledge learning outcomes. Skills learning results were obtained with psychomotor observation sheets, presentations and portfolio assessment sheets. The completeness of the learning objectives was expressed in the form of proportion which is the ratio of the number of students who complete the goals with the whole student. Learning outcomes were calculated by the number of scores obtained by students divided by the total score, multiplied by 100 (one hundred). Based on the result of data analysis, it can be concluded that the guided inquiry approach was effective against the chemistry learning outcomes on the topic of solubility and solubility product constant. The completeness of the learning goals of the average knowledge aspect was 0,82, the average psychomotor aspect was 0,90, the portfolio aspect 0,82 of the presentation aspect was 0,87 and the process skill aspect was 0,90 including the good category. Completed learning outcomes average 86 and completeness of skills learning outcomes (average psychomotor aspects, portfolios, presentations and process skills) was 83. Guided inquiry learning approaches proved to be effective in learning that requires student's activeness in problem solving. It was recommended that lecturers be able to use it on other appropriate subject matter.

Keywords: guided inquiry, learning outcomes, solubility product constant

Pendekatan Inkuiri merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang digunakan agar peserta didik dapat lebih aktif mencari, meneliti serta menemukan sendiri pemecahan masalah tentang pengetahuan yang sedang dipelajari. Pembelajaran berbasis inkuiri merupakan pendekatan pembelajaran yang memberi ruang sebeb-as-bebasnya bagi peserta didik untuk menemukan cara dan gaya belajarnya masing-masing. Peserta didik tidak lagi dipaksa untuk belajar dengan gaya atau cara tertentu, mereka dikembangkan untuk menjadi pebelajar yang kreatif dan produktif karena peserta didiklah yang mencari dan menemukan. Nilai positifnya, mereka tidak hanya akan mengetahui tetapi juga memahami intisari dan potensi-potensi pengembangan atas materi pembelajaran sehingga dapat tersimpan dengan baik di memori mereka (Anam, 2015). Dengan demikian, pada pembelajaran inkuiri peserta didik tidak hanya dituntut agar menguasai pelajaran, tetapi bagaimana mereka dapat menggunakan potensi yang dimiliki.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas pendekatan inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar kimia pada materi pokok kelarutan dan hasil kali kelarutan. Secara terperinci tujuan dapat dituliskan: (1)mendeskrripsikan ketuntasan tujuan pembelajaran, (2)mendeskrripsikan ketuntasan hasil belajar pengetahuan, dan (3)mendeskrripsikan ketuntasan hasil belajar keterampilan pada penerapan pendekatan inkuiri terbimbing materi pokok Kelarutan dan Hasil Kali kelarutan.

Inkuiri yang dalam bahasa inggris *inquiry* berarti pertanyaan atau pemeriksaan atau penyelidikan. Inkuiri sebagai suatu proses umumnya dilakukan manusia untuk mencari dan memahami informasi. Gulo dalam Trianto (2007) menyatakan strategi inkuiri berarti suatu rangkaian kegiatan belajar yang

melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan peserta didik untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, logis, analitis, sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri. Sasaran utama kegiatan pembelajaran inkuiri adalah keterlibatan peserta didik secara maksimal dalam proses kegiatan belajar, keterarahan kegiatan secara logis, dan sistematis pada tujuan pembelajaran, dan mengembangkan sikap percaya pada diri peserta didik tentang apa yang ditemukan dalam proses inkuiri.

Menurut Anam dalam Darmo (2014), pembelajaran inkuiri merupakan pembelajaran yang mana peserta didik ditempatkan sebagai subjek pembelajaran, yang berarti peserta didik memiliki andil besar dalam menentukan suasana pembelajaran. Dalam inkuiri, setiap peserta didik didorong untuk terlibat aktif dalam proses belajar mengajar, salah satunya dengan secara aktif mengajukan pertanyaan yang baik terhadap setiap materi yang disampaikan dan pertanyaan tersebut tidak harus selalu dijawab oleh guru, karena semua peserta didik memiliki kesempatan yang sama untuk memberikan jawaban atas pertanyaan yang diajukan.

Jadi dapat dikatakan bahwa, pendekatan inkuiri merupakan suatu teknik atau strategi pembelajaran yang digunakan guru untuk merangsang peserta didik atau peserta didik untuk lebih aktif mencari, meneliti serta menemukan sendiri pemecahan masalah tentang pengetahuan yang sedang dipelajari. Dimana kegiatan menemukan inilah yang merupakan bagian inti dari kegiatan pembelajaran inkuiri. Pengetahuan dan ketrampilan yang diperoleh peserta didik diharapkan bukan hasil mengingat seperangkat fakta-fakta, akan tetapi hasil dari menemukan sendiri. Sehingga guru harus selalu merancang kegiatan yang merujuk pada kegiatan menemukan. Menurut Sanjaya (2006), keefektifitasan inkuiri dalam proses pembelajaran dapat diketahui dengan baik apabila terdapat ciri-ciri utama. Pertama, inkuiri menekankan kepada aktivitas peserta didik secara maksimal untuk mencari dan menemukan. Artinya pendekatan ini menempatkan peserta didik sebagai subjek belajar. Dimana peserta didik berperan untuk menemukan sendiri inti dari materi pelajaran yang disampaikan.

Kedua, seluruh aktivitas yang dilakukan peserta didik diarahkan untuk mencari dan menemukan jawaban sendiri dari sesuatu yang dipertanyakan, sehingga diharapkan dapat menumbuhkan sikap percaya diri. Dengan demikian, inkuiri menempatkan guru bukan sebagai sumber belajar, akan tetapi sebagai fasilitator dan motivator belajar peserta didik. Aktivitas pembelajaran biasanya dilakukan melalui proses tanya jawab antara guru dan peserta didik. Oleh karena itu, kemampuan guru dalam menggunakan teknik bertanya merupakan syarat utama dalam melakukan inkuiri.

Ketiga, tujuan dari penggunaan pendekatan inkuiri adalah mengembangkan kemampuan berpikir secara sistematis, logis dan kritis, atau mengembangkan kemampuan intelektual sebagai bagian dari proses mental. Dengan demikian, peserta didik tidak hanya dituntut untuk menguasai materi pembelajaran, akan tetapi lebih pada bagaimana mereka dapat menggunakan potensi yang dimilikinya

untuk lebih mengembangkan kemampuan akan pemahaman mereka terhadap materi pelajaran.

Strategi pembelajaran inkuiri merupakan strategi pembelajaran yang lebih mengutamakan peran aktif peserta didik. Oleh karena itu, strategi ini akan efektif apabila: (1) guru mengharapkan peserta didik dapat menemukan sendiri jawaban dari suatu permasalahan yang ingin dipecahkan. Dengan demikian, dalam strategi inkuiri penguasaan materi pelajaran bukan sebagai tujuan utama pembelajaran, akan tetapi yang lebih dipentingkan adalah proses pembelajaran sehingga peserta didik lebih dapat mengingat dengan baik materi pembelajaran yang diperoleh; (2) bahan pelajaran yang diajarkan tidak hanya sebatas konsep, akan tetapi konsep tersebut dibuktikan melalui suatu eksperimen; (3) jika dalam pembelajarannya, peserta didik memiliki kemauan dan kemampuan dalam hal menerima dan memahami; (4) jika jumlah peserta didik tidaklah terlalu banyak sehingga mudah dikendalikan oleh guru.

Langkah Pelaksanaan Pendekatan Inkuiri

Secara umum proses pembelajaran inkuiri dapat mengikuti langkah-langkah orientasi, merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan merumuskan kesimpulan. Dalam proses pembelajarannya, setiap langkah tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

Orientasi

Langkah orientasi adalah langkah untuk membina suasana pembelajaran yang responsif. Pada langkah ini, guru mengondisikan agar setiap peserta didik siap melaksanakan proses pembelajaran. Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam tahapan orientasi ini adalah: (1) menjelaskan topik, tujuan, dan hasil pembelajaran yang diharapkan dapat dicapai peserta didik; (2) menjelaskan pokok-pokok kegiatan pembelajaran yang harus dilakukan oleh peserta didik untuk mencapai tujuan, mulai dari langkah merumuskan masalah sampai dengan langkah merumuskan kesimpulan; (3) menjelaskan pentingnya topik dan kegiatan belajar. Hal ini dilakukan dalam rangka memberikan motivasi belajar peserta didik.

Merumuskan Masalah

Merumuskan masalah merupakan langkah membawa peserta didik pada suatu persoalan yang mengandung teka-teki. Persoalan yang disajikan adalah persoalan yang menantang peserta didik untuk berpikir memecahkan teka-teki itu. Dikatakan teka-teki dalam rumusan masalah karena masalah tersebut memiliki jawaban dan peserta didik didorong untuk mencari jawaban yang tepat. Dalam proses mencari jawaban tersebut peserta didik akan memperoleh pengalaman yang sangat berharga sebagai upaya mengembangkan mental melalui proses berpikir.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merumuskan masalah adalah sebagai berikut: (1) masalah hendaknya dirumuskan sendiri oleh peserta didik.

Dengan demikian, peserta didik akan termotivasi untuk belajar manakala dilibatkan dalam merumuskan masalah yang hendak dikajikan. Untuk itu, guru hanya memberi topik untuk dipelajari kemudian rumusan masalah yang sesuai dengan topik diserahkan kepada peserta didik; (2) masalah yang dikaji adalah masalah yang mengandung teka-teki yang jawabannya pasti. Artinya, guru perlu mendorong agar peserta didik dapat merumuskan masalah yang menurut guru jawaban sebenarnya sudah ada, tinggal peserta didik mencari dan mendapatkan jawabannya secara pasti; (3) konsep-konsep dalam masalah adalah konsep-konsep yang sudah diketahui terlebih dahulu oleh peserta didik. Artinya sebelum masalah itu dikaji lebih jauh melalui proses inkuiri, guru perlu yakin terlebih dahulu bahwa peserta didik sudah memiliki pemahaman tentang konsep-konsep yang ada dalam rumusan masalah.

Merumuskan Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara dari suatu permasalahan yang sedang dikaji. Salah satu cara yang dapat dilakukan guru untuk mengembangkan kemampuan berhipotesis pada setiap peserta didik adalah dengan mengajukan berbagai pertanyaan yang dapat mendorong peserta didik untuk merumuskan jawaban sementara atau dapat merumuskan berbagai perkiraan kemungkinan jawaban dari suatu permasalahan yang dikaji.

Mengumpulkan Data

Mengumpulkan data adalah aktivitas menjangkau informasi yang dibutuhkan untuk menguji hipotesis yang diajukan. Dalam pendekatan inkuiri ini, mengumpulkan data merupakan proses mental yang sangat penting dalam mengembangkan intelektual. Proses pengumpulan data bukan hanya memerlukan motivasi yang kuat dalam belajar, akan tetapi juga membutuhkan ketekunan dan kemampuan menggunakan potensi yang ada.

Menguji Hipotesis

Menguji hipotesis adalah proses menentukan jawaban yang dianggap diterima sesuai dengan data atau informasi yang diperoleh berdasarkan pengumpulan data. Bagian terpenting dalam menguji hipotesis adalah mencari tingkat keyakinan peserta didik atas jawaban yang diberikan. Di samping itu, menguji hipotesis juga berarti mengembangkan kemampuan berpikir peserta didik. Artinya, kebenaran jawaban yang diberikan bukan hanya berdasarkan argumentasi, akan tetapi harus didukung oleh data yang ditemukan dan dapat dipertanggungjawabkan.

Merumuskan Kesimpulan

Merumuskan kesimpulan adalah proses mendeskripsikan temuan yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian hipotesis. Karena itu, untuk mencari

kesimpulan yang akurat sebaiknya pengajar mampu menunjukkan pada peserta didik data yang relevan.

METODE

Subyek dari penelitian ini adalah mahasiswa Semester 2 Program Studi Pendidikan Biologi Tahun Akademik 2016/2017 FKIP Unwira Kupang yang berjumlah 27 orang. Penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Juli 2017. Desain penelitian yang digunakan adalah *One Shot Study*. Instrumen yang digunakan antara lain: (1) tes hasil belajar untuk memperoleh data ketuntasan indikator dan ketuntasan hasil belajar pengetahuan, (2) hasil belajar keterampilan diperoleh dengan Lembar Observasi Psikomotor, Lembar Observasi Presentasi Lembar Penilaian Portofolio dan THB Proses. Teknik Analisis Data adalah sebagai berikut: (1) ketuntasan tujuan pembelajaran dinyatakan dalam bentuk proporsi yang merupakan perbandingan dari jumlah mahasiswa yang menuntaskan tujuan dengan keseluruhan mahasiswa, (2) Hasil belajar dihitung dengan cara jumlah skor yang diperoleh mahasiswa dibagi skor total, dikalikan 100 (seratus).

HASIL

Ketuntasan Tujuan Pembelajaran

Hasil pelaksanaan observasi maupun tes dapat dilihat pada Tabel 1. Aspek psikomotor diamati pada saat mahasiswa melakukan praktikum Kelarutan suatu zat dalam air dalam praktikum pertama dan Efek ion senama dalam praktikum kedua. Hasilnya dirangkum dalam Tabel 2. Portofolio mahasiswa dinilai berdasarkan laporan hasil praktikum. Ketuntasan aspek portofolio yang terlihat dalam kedua laporan praktikum secara rata-rata ditampilkan dalam bentuk proporsi pada Tabel 3. Ketuntasan aspek presentasi di kelas dapat dilihat pada Tabel 4. Ketuntasan tujuan hasil belajar proses yang diperoleh ditabulasikan pada Tabel 5.

Tabel 1. Ketuntasan Indikator Hasil Belajar (KI-3)

No	Indikator	No. Soal	Proporsi Tiap Soal	Proporsi Indikator	Ketuntasan ($P \geq 0,75$)
1	Menganalisis faktor yang mempengaruhi kelarutan (s)	1	0,85	0,85	Tuntas
2	Menentukan persamaan Ksp suatu reaksi	2	0,84	0,84	Tuntas
3	Menentukan kelarutan dan hasil kali kelarutan suatu zat	3	0,69	0,79	Tuntas
4	MemprediksI terbentuknya endapan dari suatu reaksi berdasarkan prinsip kelarutan dan hasil kali kelarutan (Ksp)	4	0,89	0,81	Tuntas
		5	0,84		
5	Menentukan pH berdasarkan nilai kelarutan (s) dan Ksp	6	0,78	0,75	Tuntas
		7	0,75		
6	Menentukan kelarutan suatu zat berdasarkan efek ion senama	8	0,89	0,89	Tuntas
Rata-rata proporsi IHB				0,82	Baik

Tabel 2. Ketentuan Indikator Psikomotor

No.	Aspek yang dinilai	Proporsi	Ket.
1	Psikomotor 1	0,88	Tuntas
2	Psikomotor 2	0,92	Tuntas
Jumlah		1,80	
Rata-rata		0,90	

Tabel 3. Ketuntasan Indikator Portofolio

No.	Aspek yang dinilai	Proporsi	Ket.
1	Kajian teori/ dasar teori	0,82	Tuntas
2	Prosedur eksperimen	0,78	Tuntas
3	Hasil dan pembahasan	0,82	Tuntas
4	Kesimpulan dan saran	0,82	Tuntas
5	Daftar pustaka	0,82	Tuntas
6	Lampiran	0,83	Tuntas
Jumlah		4,89	
Rata-rata		0,82	

Tabel 4. Ketuntasan Indikator Presentasi.

No	Aspek yang diamati	Proporsi	Ket.
1	Sistematika penyampaian	0,87	Tuntas
2	Komunikasi	0,83	Tuntas
3	Wawasan	0,91	Tuntas
Jumlah		2,61	
Rata-rata		0,87	

Sumber: Olahan Data Peneliti

Tabel 5. Ketuntasan Indikator Hasil Belajar (THB Proses)

No	Aspek yang diamati	Proporsi	Ket.
1	Merumuskan masalah	0,95	Tuntas
2	Merumuskan hipotesis	0,87	Tuntas
3	Merumuskan prosedur kerja	0,92	Tuntas
4	Menampilkan data hasil pengamatan	0,95	Tuntas
5	Menganalisis data hasil pengamatan	0,80	Tuntas
6	Merumuskan kesimpulan	0,88	Tuntas
	Jumlah	5,37	
	Rata-rata	0,89	

Ketuntasan Hasil Belajar Pengetahuan

Ketuntasan hasil belajar pengetahuan hitung berdasarkan akumulasi dari berbagai nilai 27 mahasiswa meliputi kuis, tugas dan ujian seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Ketuntasan Hasil Belajar Aspek Pengetahuan (KI3)

	Kode	Kuis	Tugas	Ujian	Nilai Akhir	Ket
1	AMRG	89	82	87,5	87	Tuntas
2	AMVN	81	80	90	85	Tuntas
3	ALG	90	97,5	94,5	94	Tuntas
4	AKSH	87	80	93,5	89	Tuntas
5	AMDB	89	80	91,5	88	Tuntas
6	BMRLT	90	87,5	90	89	Tuntas
7	BDA	85	81,5	89	86	Tuntas
8	BJGRG	84	84,5	87,5	86	Tuntas
9	CSCT	87	77	89	86	Tuntas
10	FTT	90	80	90	88	Tuntas
11	HAM	80	76,5	91	85	Tuntas
12	JRH	86	85,5	98,5	92	Tuntas
13	LVPR	86	79	91	87	Tuntas
14	MGDP	79	77	88,5	83	Tuntas
15	MERN	87	81,5	95	90	Tuntas
16	MIR	75	79	88,5	83	Tuntas
17	MNDN	87	75,5	87,5	84	Tuntas
18	MFAPE	78	77,5	90,5	84	Tuntas
19	MVN	87	79	85	84	Tuntas
20	NAK	81	85,5	93	88	Tuntas
21	MAMRT	77	75,5	87,5	82	Tuntas
22	RCWL	80	77,5	89	84	Tuntas
23	SYE	86	75,5	87,5	84	Tuntas
24	UIM	78	84	87,5	84	Tuntas
25	WDBL	81	79	89	85	Tuntas
26	WTFDR	85	77	89	85	Tuntas
27	YDSW	82	77	89	84	tuntas
	Rata-rata Hasil Belajar KI3				86	Tuntas

Ketuntasan Hasil Belajar Keterampilan

Ketuntasan hasil belajar keterampilan diperoleh dari berbagai aspek, antara lain aspek psikomotor, presentasi, pembuatan laporan (portofolio) dan tes proses seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Ketuntasan Hasil Belajar Aspek Keterampilan (KI 4)

	Kode	Psikomotor	Portofolio	Presentasi	THB Proses	Nilai Akhir	Ket
1	AMRG	77,5	81,25	94,44	85,12	85	Tuntas
2	AMVN	77,5	79,17	94,44	91,37	86	Tuntas
3	ALG	77,5	85,42	94,44	93,87	88	Tuntas
4	AKSH	77,5	93,75	94,44	91,37	89	Tuntas
5	AMDB	77,5	83,33	94,44	93,87	87	Tuntas
6	BMRLT	77,5	87,50	94,44	88,99	87	Tuntas
7	BDA	77,5	79,17	88,89	79,23	81	Tuntas
8	BJGRG	77,5	77,08	88,89	80,42	81	Tuntas
9	CSCT	77,5	79,17	88,89	81,61	82	Tuntas
10	FTT	77,5	83,33	88,89	84,11	83	Tuntas
11	HAM	77,5	77,08	88,89	91,37	84	Tuntas
12	JRH	77,5	89,58	88,89	98,75	89	Tuntas
13	LVPR	77,5	81,25	88,89	91,37	85	Tuntas
14	MGDP	75	77,08	83,33	77,89	78	Tuntas
15	MERN	75	82,42	83,33	91,37	84	Tuntas
16	MIR	75	83,33	83,33	79,23	80	Tuntas
17	MNDN	75	79,17	83,33	88,99	82	Tuntas
18	MFAPE	75	77,08	83,33	77,98	78	Tuntas
19	MVN	75	85,42	83,33	86,49	83	Tuntas
20	NAK	75	79,17	83,33	87,72	81	Tuntas
21	MAMRT	75	81,25	83,33	91,37	83	Tuntas
22	RCWL	75	79,17	83,33	84,05	80	Tuntas
23	SYE	75	81,25	83,33	82,74	81	Tuntas
24	UIM	75	79,17	83,33	93,87	83	Tuntas
25	WDBL	75	83,33	83,33	79,23	80	Tuntas
26	WTFDR	75	81,25	83,33	80,42	80	Tuntas
27	YDSW	75	79,17	83,33	80,48	79	tuntas
Rata-rata Hasil Belajar KI4					83		Tuntas

PEMBAHASAN

Ketuntasan tujuan pembelajaran termasuk dalam kategori baik. Dari 6 (enam) indikator yang dikembangkan berdasarkan tujuan pembelajaran diperoleh rerata proporsi ketuntasan tujuan pembelajaran sebesar 0,82, rerata hasil keterampilan psikomotor mahasiswa sebesar 0,90, rerata proporsi aspek yang dirancang dalam portofolio (meliputi kajian teori, prosedur eksperimen, hasil dan pembahasan, kesimpulan, saran dan daftar pustaka) sebesar 0,82, rerata ketuntasan tujuan keterampilan presentasi termasuk dalam hal sistematika penyampaian, komunikasi dan wawasan sebesar 0,87, rerata tujuan proses yang direncanakan meliputi merumuskan masalah, hipotesis, merancang prosedur kerja, menampilkan data, analisis data dan merumuskan kesimpulan memperoleh proporsi ketercapaian sebesar 0,89. Ketuntasan belajar mahasiswa dikatakan dapat tercapai karena rerata nilai akhir yang diperoleh, yaitu rerata hasil belajar aspek pengetahuan (KI3) sebesar 86. Ketuntasan belajar mahasiswa pada aspek keterampilan dapat tercapai dengan rerata nilai akhir yang diperoleh, yaitu rerata hasil belajar aspek keterampilan sebesar 83.

SIMPULAN DAN SARAN

Pembelajaran dengan menerapkan pendekatan inkuiri terbimbing efektif pada materi pokok kelarutan dan hasil kali kelarutan yang dicirikan dengan ketuntasan tujuan pembelajaran tercapai, meliputi ketuntasan indikator hasil belajar kognitif perolehan rata-rata proporsi indikator sebesar 0,82. Ketuntasan tujuan pembelajaran keterampilan tercapai dengan perolehan rata-rata proporsi indikator

untuk psikomotor, portofolio, presentasi dan THB proses masing-masing adalah 0,90; 0,81; 0,87 dan 0,89. Ketuntasan hasil belajar pengetahuan tercapai dengan rerata nilai mahasiswa sebesar 86. Ketuntasan hasil belajar keterampilan tercapai dengan rerata nilai mahasiswa sebesar 83.

Pendekatan pembelajaran inkuiri terbimbing baik dan efektif dalam pembelajaran terkhusus pada pembelajaran kimia yang mengharuskan peserta didik untuk aktif dalam pemecahan masalah. Untuk itu disarankan agar dosen pengasuh mata kuliah dapat menggunakannya dalam pembelajaran di kelas agar bisa mendapatkan hasil yang baik, pada materi pokok lain yang sesuai. Bagi yang ingin melakukan penelitian dengan menggunakan pendekatan inkuiri terbimbing, langkah-langkah pembelajaran perlu dijalankan dengan benar dan berusaha untuk menjaga suasana kelas agar peserta didik dapat aktif dan antusias mengikuti proses pembelajaran, dan pada akhirnya dapat meningkatkan hasil belajarnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Anam, K. 2015. *Pembelajaran Berbasis Inkuiri Metode dan Aplikasi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Armstrong, T. 2013. *Kecerdasan Multipel*. Jakarta: PT. Indeks.
- Azwar, S. 1996. *Pengantar Psikologi Intelegensi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Chandra, A. 2015. *TPA versi BAPPENAS*. Jogyakarta: Forus Edukasi.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Dalyono, M. 1997. *Psikologi Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Darmo, A. 2014. *Pengaruh Budaya Membaca dalam Keluarga terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X. E Melalui Pendekatan Guided Discovery Learning yang Diterapkan pada Materi Pokok Hidrokarbon SMA Negeri 6 Kupang Tahun Ajaran 20013/2014*. Skripsi tidak diterbitkan. Kupang: Universitas Katolik Widya Mandira Kupang.
- Dhiu, M. 2012. *Pengantar Pendidikan*. Ende: Nusa Indah.
- Dirman & Juarsih, C. 2014. *Teori Belajar dan Prinsip-Prinsip Pelajaran Yang Mendidik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Fathurrohman, M. 2015. *Model-model Pembelajaran Inovatif*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Manurung, N. 2013. Pemanfaatan Multiple Intelegence dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Penelitian Keguruan*, 1 (1): 49 – 56.
- Poerwati, E. & Sofan, A. 2013. *Kurikulum 2013*. Jakarta: Prestasi Pustakaraya.
- Rachmawati, T. & Daryanto. 2015. *Teori Belajar dan Proses Pembelajaran yang Mendidik*. Yogyakarta: Gava Media.
- Sanjaya, W. 2006. *Strategi Pembelajaran*. Jakarta: Kencana.

Trianto. 2007. *Model-Model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivistik*. Jakarta: Prestasi Pustaka.

Trianto. 2010. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kharisma Putra Utama.

Suchory Sapto Putri, dkk._Pembelajaran Kimia

Kajian Teori tentang Penerapan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing-Peta Konsep dalam Upaya Mengembangkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa pada Materi Kesetimbangan Kimia

Suchory Sapto Putri, I Wayan Dasna, Siti Marfu'ah
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: chorygerrardine@gmail.com

Abstrak: Penulisan makalah bertujuan untuk menjelaskan bagaimana penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing-peta konsep untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi Kesetimbangan Kimia. Inkuiri terbimbing merupakan pembelajaran yang menekankan pengalaman mandiri siswa sebagai langkah untuk memperoleh pengetahuan baru melalui bimbingan guru. Peta konsep adalah suatu bagan skematis untuk mendeskripsikan konsep-konsep yang saling berhubungan dalam suatu rangkaian pernyataan singkat dan diharapkan membantu siswa berpikir secara inkuiri. Inkuiri terbimbing melatih siswa menemukan pengetahuannya sendiri sedangkan peta konsep berperan dalam restrukturisasi kognitifnya. Dengan demikian, pembelajaran inkuiri terbimbing disertai peta konsep diprediksi mampu memberikan hasil positif seperti mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Kata kunci: inkuiri terbimbing, peta konsep, keterampilan berpikir tingkat tinggi, kesetimbangan kimia

Abstract: The objective of this paper is to describe the implementation of guided inquiry learning with concept map in enhancing student's high order thinking skills in chemical equilibrium. Guided inquiry learning emphasizes student's experience as a step to gain new knowledge through teacher guidance. Concept map was schematic chart to describe correlated concepts of statements which was expected to help students thinking in inquiry ways. Guided inquiry trains students discovering their own knowledge while concept map helps them to restructuring their concepts. Thus, both were predicted to give positive effects to students such as developing their high order thinking skills.

Keywords: guided inquiry, concept map, high order thinking skills, chemical equilibrium

Ilmu kimia merupakan salah satu cabang ilmu paling penting dalam sains (Sirhan, 2007). Ilmu kimia mempelajari tentang konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang mendeskripsikan suatu fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Konsep-konsep yang dipelajari dalam ilmu kimia direpresentasikan ke dalam tiga tingkatan representasi yaitu makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Johnstone dalam Gilbert & Treagust, 2009). Berdasarkan tingkatan representasi tersebut, banyak

konsep yang dipelajari dalam ilmu kimia yang bersifat abstrak sehingga ilmu kimia sering dianggap sulit bagi siswa (Chandrasegaran, dkk., 2007; Sirhan, 2007).

Salah satu materi kimia yang dianggap sulit oleh siswa karena konsep-konsep yang dipelajari di dalamnya adalah Kestimbangan Kimia (Fatokun & Eniayeju, 2014; Sirhan, 2007; Van Driel & Graber, 2002). Konsep-konsep dalam Kestimbangan Kimia mendasari banyak aspek dalam sains (MacDonald, 1976). Kestimbangan kimia mengandung konsep-konsep yang dapat direpresentasikan dalam tingkatan makroskopik, submikroskopik dan simbolik seperti reaksi dua arah, kesetimbangan dinamis dan pergeseran kesetimbangan serta prinsip-prinsip algoritmik. Mohideen dkk. (2013) menyatakan bahwa siswa kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal tentang Kestimbangan Kimia dikarenakan cara belajar mereka yang cenderung menghafal konsep tanpa memahaminya dengan benar. Oleh karena itu, diperlukan pola berpikir kreatif dan tingkat imajinasi yang baik untuk mempelajari konsep-konsep abstrak dan kompleks dalam ilmu kimia. Konsep-konsep abstrak dalam ilmu kimia disertai dengan segala kesulitan materinya membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang harus dimiliki oleh siswa (Fensham, 1988; Zoller, 1990; Taber, 2002 dalam Sirhan, 2007).

Keterampilan berpikir yang tinggi mulai diperhatikan dalam pendidikan sejak dipublikasikannya Taksonomi Bloom pada tahun 1956 (Monica, 2005). Hingga saat ini, telah banyak langkah dilakukan oleh para peneliti untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa melalui kegiatan pembelajaran yang bermakna. Masih banyak pembelajaran kimia dibelajarkan melalui pembelajaran ekspositori dan pembelajaran langsung (*direct instruction*) meskipun tuntutan kurikulum menganjurkan penerapan pembelajaran yang saintifik. Pembelajaran langsung cocok digunakan untuk menyampaikan materi-materi tertentu, namun banyak konsep dalam mata pelajaran Kimia yang bersifat abstrak dan kompleks yang baik diajarkan melalui pembelajaran saintifik (Medsker & Holdsworth, 2010). Pembelajaran langsung dinilai membuat siswa menjadi pasif karena materi-materi disampaikan melalui metode ceramah oleh guru dan siswa mengikuti kegiatan belajar sesuai buku teks (Mohideen, dkk., 2013). Dengan demikian, pembelajaran langsung kurang tepat digunakan untuk mengajarkan materi Kestimbangan Kimia yang syarat dengan konsep-konsep abstrak dan kompleks serta prinsip-prinsip algoritmik.

Berkaitan dengan materi Kestimbangan Kimia dan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dibutuhkan untuk mempelajarinya, maka diperlukan strategi pembelajaran saintifik yang tepat. Pembelajaran yang menjadi dasar pemikiran dari pembelajaran saintifik adalah proses belajar yang paling baik adalah melalui pengalaman (Furtak, 2005). Dengan pembelajaran melalui pengalaman, siswa menggunakan hampir semua panca inderanya untuk mendapat pengalaman sendiri melalui *hands-on activities* sehingga materi pembelajaran lebih lama diingat siswa dan pembelajaran menjadi lebih bermakna (Ergul, dkk., 2011). Salah satu model

pembelajaran dengan pendekatan saintifik yang dianjurkan adalah pembelajaran inkuiri terbimbing.

Inkuiri terbimbing merupakan langkah yang ideal untuk membiasakan siswa belajar melalui bimbingan guru untuk memperoleh konsep baru secara mandiri. Hal ini disebabkan karena pembelajaran berbasis inkuiri mendorong siswa untuk mengeksplorasi dan memahami konsep dengan menerapkan pengalaman serupa dengan apa yang dialami oleh seorang ilmuwan (Darden, 1991; Dunbar, 1994; Fancoeur, 2000; Nersessian, 2002; Zachos, Hick, Doane & Sargent, 2000 dalam Khan, 2007). Model pembelajaran inkuiri terbimbing menuntun siswa belajar memperoleh suatu pengetahuan secara mandiri melalui serangkaian kegiatan. Oleh karena itu, pembelajaran inkuiri terbimbing dikaitkan dengan berbagai hasil belajar positif bagi siswa (Wallace, dkk., 2004). Menurut Hofstein & Lunetta (2004), pembelajaran kimia berbasis inkuiri dinilai akan mampu meningkatkan potensi-potensi yang ada pada diri siswa, salah satunya adalah keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Menurut Medsker & Holdsworth (2010), pembelajaran berbasis inkuiri akan lebih optimal jika diterapkan dengan strategi lain karena pada dasarnya inkuiri menekankan pada konstruksi kognitif siswa melalui pertanyaan-pertanyaan bermakna. Pembelajaran inkuiri terbimbing juga sulit diterapkan karena terbentur kebiasaan belajar siswa yang telah terbiasa memperoleh pengetahuan secara langsung dari guru. Hal ini mengakibatkan tidak semua siswa memiliki pemahaman yang benar mengenai suatu konsep tertentu yang baru saja dipelajari dan pada umumnya hanya siswa-siswa yang memiliki pengetahuan awal tinggi yang mampu mengikuti pembelajaran inkuiri terbimbing dengan baik. Oleh sebab itu, diperlukan strategi lain untuk membuat siswa lebih mudah belajar secara inkuiri. Salah satu strategi yang dapat digunakan adalah peta konsep (Dasna, dkk., 2015).

Gagasan mengenai peta konsep dikembangkan oleh Novak dan Ausubel (Fatokun & Eniayeju, 2014), yang mengemukakan bahwa struktur hirarki dari suatu konsep perlu diperhatikan untuk memudahkan siswa memahami konsep tersebut. Struktur hirarki dari suatu konsep berkaitan dengan penataan kognitif subkonsep-subkonsep yang saling berhubungan. Peta konsep dapat memberikan hubungan yang bermakna antara konsep-konsep setelah melakukan kegiatan inkuiri. Inkuiri mendorong siswa menemukan pengetahuannya sendiri sedangkan peta konsep digunakan untuk restrukturisasi kognitif siswa (Khan, dkk., 2011). Dengan demikian, tujuan dari penyusunan artikel adalah untuk mengkaji lebih lanjut mengenai penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing dengan peta konsep dalam upayanya untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi Kesetimbangan Kimia.

PEMBAHASAN

Inkuiri Terbimbing dengan Peta Konsep dalam Pembelajaran Kimia

Materi ilmu kimia yang syarat dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip baik pada tingkat makroskopik, submikroskopik dan simbolik membutuhkan daya

imajinasi dan keterampilan berpikir yang tinggi untuk mempelajarinya (Medsker & Holdsworth, 2010). Untuk memiliki keterampilan berpikir yang tinggi, diperlukan suatu strategi yang tepat untuk membelajarkan materi kimia tertentu pada siswa (Fatokun & Eniayeju, 2014). Strategi yang tepat juga akan membantu siswa untuk memahami suatu konsep pada ilmu kimia dengan lebih mudah sehingga siswa tidak merasa kesulitan dalam mempelajarinya. Kesulitan yang dihadapi para siswa dalam mempelajari ilmu kimia dikarenakan sebagian besar dari mereka kurang memiliki kerangka dasar yang tepat dari suatu konsep (Fatokun & Eniayeju, 2014). Dalam hal ini, guru harus mampu memilih langkah yang tepat dalam menyampaikan materi-materi yang dianggap sulit dipahami karena guru memiliki peran penting dalam proses membimbing siswa untuk belajar.

Menurut Bruner (1983,1991) dalam Fatokun & Eniayeju (2014), belajar adalah suatu proses menemukan. Proses belajar yang bermakna hanya dapat terjadi melalui belajar dari penemuan karena pengetahuan yang diperoleh dari penemuan akan bertahan lama dalam struktur kognitif siswa. Belajar dari penemuan meningkatkan kemampuan berpikir dan keterampilan-keterampilan kognitif untuk memecahkan suatu masalah. Proses belajar menurut Bruner tersebut sesuai dengan teori belajar konstruktivis yang menekankan pembelajaran berdasarkan pengalaman. Salah satu model pembelajaran yang mengacu pada teori konstruktivis adalah pembelajaran inkuiri terbimbing (Matthew & Kenneth, 2013). Inkuiri terbimbing merupakan pembelajaran yang didasarkan pada anggapan bahwa belajar adalah kegiatan siswa membangun sendiri pengetahuannya melalui pengalaman yang diperoleh.

Berbeda dengan Bruner, teori belajar Ausubel menekankan tentang struktur hirarki untuk memahami suatu konsep (Fatokun & Eniayeju, 2014). Struktur hirarki yang dimaksud adalah penataan kognitif tentang tahapan atau urutan dari konsep-konsep dan hubungannya dengan konsep-konsep lain. Penataan kognitif yang baik mengenai konsep-konsep perlu dimiliki siswa agar lebih memahami konsep-konsep tersebut. Berkaitan dengan teori belajar Ausubel, Novak mengembangkan gagasan tentang peta konsep sebagai strategi untuk menyampaikan pembelajaran (Novak, 1981 dalam Fatokun & Eniayeju, 2014).

Berdasarkan uraian tentang dua teori belajar di atas, penulis ingin mengkaji lebih lanjut bagaimana jika kedua teori belajar tersebut dikombinasikan dalam pembelajaran kimia. Para peneliti menyatakan bahwa pemahaman dan keterampilan siswa terhadap suatu materi akan lebih baik ketika dua metode pembelajaran yang berbeda dikombinasikan untuk meningkatkan proses pembelajaran menjadi bermakna (Sisovic & Bojovic, 2000). Inkuiri terbimbing diambil sebagai salah satu model pembelajaran sesuai dengan teori belajar Bruner digabungkan dengan peta konsep yang mengacu pada teori belajar Ausubel.

Inkuiri terbimbing pada pembelajaran kimia didefinisikan sebagai proses interaksi siswa dengan fenomena-fenomena yang nyata untuk memperoleh pengetahuan tentang suatu materi kimia melalui bimbingan terstruktur dari guru

agar nantinya dapat menyelesaikan suatu masalah (Lewicki, 1993 dalam Bilgin, 2009). Peta konsep merupakan suatu bagan skematis untuk menggambarkan suatu pengertian konseptual seseorang dalam suatu rangkaian pernyataan (Novak & Gowin dalam Suparno, 1997). Kombinasi dari inkuiri terbimbing dan peta konsep diprediksi dapat membantu siswa dalam mempelajari materi tertentu dalam ilmu kimia. Inkuiri akan lebih optimal diterapkan dalam pembelajaran saat dikombinasikan dengan strategi atau metode lain karena inkuiri sebenarnya berpusat pada proses membangun pertanyaan-pertanyaan yang kritis oleh siswa (Medsker & Holdsworth, 2010). Peta konsep dinilai dapat membantu siswa untuk memperoleh pengetahuan baru melalui proses inkuiri. Selain itu, penggunaan peta konsep memiliki tujuan, antara lain: (1) menyelidiki apa yang telah diketahui siswa, (2) menolong siswa belajar tentang bagaimana belajar, (3) mengungkapkan konsep-konsep yang salah, dan (4) sebagai alat evaluasi (Dahar, 2012). Setiap peta konsep memperlihatkan kaitan-kaitan konsep yang bermakna bagi penyusunnya karena peta konsep dapat membantu mengorganisasi konsep-konsep secara terstruktur (Eva, 2012). Dengan menyusun peta konsep, siswa dapat lebih mudah memahami dan lebih lama mengingat submateri-submateri yang saling berhubungan dalam suatu pokok bahasan. Dengan mengkombinasikan inkuiri terbimbing dan peta konsep dalam pembelajaran kimia, maka inkuiri terbimbing berperan untuk membimbing siswa memperoleh pengetahuannya secara mandiri dan peta konsep berfungsi dalam penataan kognitif mengenai konsep-konsep yang telah dipelajari.

Tahapan inkuiri terbimbing menurut Matthew & Kenneth (2013) dan Iskandar (2011) antara lain adalah identifikasi masalah, penyusunan hipotesis, pengumpulan data/ eksperimen, pengujian hipotesis, penyusunan kesimpulan. Peta konsep dapat dimasukkan di awal, tengah maupun akhir dalam pembelajaran inkuiri terbimbing. Berikut Tabel 1 yang menjelaskan tahap-tahap pembelajaran inkuiri terbimbing dengan peta konsep.

Tabel 1. Tahap-Tahap Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Disertai Peta Konsep

Langkah-langkah	Kegiatan
1 Identifikasi masalah	<ul style="list-style-type: none"> Guru memilih fenomena yang relevan dengan materi yang diajarkan. Siswa menganalisis masalah yang berkaitan dengan fenomena tersebut.
2 Penyusunan hipotesis	<ul style="list-style-type: none"> Siswa menemukan jawaban sementara setelah menganalisis masalah yang diberikan, sehingga mereka dapat menyusun hipotesis mereka sendiri
3 Eksperimen; pengumpulan data	<ul style="list-style-type: none"> Memberikan aktivitas inkuiri berupa percobaan atau pengamatan data hasil percobaan melalui diskusi untuk memperoleh data empiris.
4 Pengujian/evaluasi hipotesis	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisis data dari hasil pengumpulan data atau eksperimen Mengembangkan atau memberikan permasalahan baru untuk membantu siswa lebih memahami materi Menentukan apakah data empiris yang diperoleh sesuai dengan hipotesis yang telah disusun sebelumnya.
5 Membuat kesimpulan	<ul style="list-style-type: none"> Merumuskan kesimpulan berdasarkan fakta
6 Pembuatan peta konsep	<ul style="list-style-type: none"> Siswa membuat peta konsep dari pembelajaran yang telah didapatkan.

Inkuiri Terbimbing dengan Peta Konsep dalam Upayanya Mengembangkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi pada Materi Keseimbangan Kimia

Salah satu materi kimia yang dianggap sulit dipahami oleh siswa adalah Keseimbangan Kimia (Van Driel & Graber, 2002). Untuk dapat memahami konsep-konsep yang dianggap sulit tersebut, siswa perlu memiliki konsep dasar yang kuat (Nakhleh, 1992). Siswa perlu memahami konsep-konsep yang mendasari Keseimbangan Kimia antara lain ciri-ciri terjadinya reaksi kimia, ikatan kimia, persamaan reaksi, konsep mol dan konsentrasi, reaksi eksoterm-endoterm serta laju reaksi.

Kesulitan dalam materi Keseimbangan Kimia dikarenakan konsepnya yang bersifat abstrak (Chandrasegaran, dkk., 2007). Konsep yang abstrak ini akan dapat diterima dengan baik jika diajarkan dengan strategi atau langkah yang tepat. Dengan strategi yang tepat, konsep tidak hanya dipahami dengan baik namun siswa juga terlatih untuk berpikir pada tingkatan yang tinggi. Artinya, ilmu kimia juga menuntut siswa untuk berpikir tingkat tinggi agar pengetahuan kimia yang diperoleh siswa utuh (Ergul, dkk., 2011). Keterampilan berpikir tingkat tinggi mulai diperhatikan saat Taksonomi Bloom diperkenalkan. Bloom mengemukakan bahwa proses kognitif siswa diukur ke dalam 6 tingkatan kognitif. Taksonomi Bloom Revisi mengandung 6 tingkat/dimensi kognitif yaitu mengingat, memahami, mengaplikasikan, menganalisis, menilai, dan membuat/merancang (Krathwohl dalam Widodo, 2005). Keterampilan berpikir tingkat tinggi termasuk ke dalam dimensi kognitif mulai dari menganalisis, menilai, dan membuat/merancang.

Berdasarkan uraian di atas, model pembelajaran yang dianggap dapat digunakan untuk mengajarkan materi Keseimbangan Kimia dan mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa adalah inkuiri terbimbing. Kesadaran mengenai keefektifan proses pembelajaran berbasis inkuiri menjadi hal utama yang terus dipelajari oleh para ahli hingga saat ini (*National Research Council [NRC]*, 1996). Inkuiri terbimbing mendorong siswa-siswanya untuk mengeksplorasi konsep dengan menerapkan pengalaman seperti yang dialami oleh seorang ilmuwan.

Telah diuraikan sebelumnya bahwa inkuiri dianggap lebih optimal jika dikombinasikan dengan strategi lain untuk memudahkan penerapannya dalam pembelajaran. Salah satu strategi yang dapat digunakan dalam pembelajaran inkuiri adalah peta konsep.

Terkait dengan pembelajaran materi Keseimbangan Kimia dengan menggunakan inkuiri terbimbing dan peta konsep, guru harus mampu memberikan pertanyaan-pertanyaan terstruktur melalui fenomena nyata untuk dikaitkan dengan konsep-konsep yang akan dipelajari. Melalui inkuiri terbimbing, guru memberikan suatu permasalahan dari suatu fenomena nyata yang dipilih. Pada materi Keseimbangan Kimia, guru dapat terlebih dahulu memilih masalah kemudian menyusunnya ke dalam suatu lembar kerja untuk siswa yang sesuai dengan tahapan-tahapan inkuiri terbimbing.

Sebagai contoh, saat mempelajari subkonsep reaksi satu arah dan dua arah, guru memberikan pertanyaan untuk menggali pemahaman siswa “Masih ingatkah kalian apa saja ciri-ciri terjadinya suatu reaksi kimia?”. Setelah siswa mengingat dan memahami tentang ciri-ciri terjadinya reaksi kimia siswa dihadapkan pada dua fenomena yang berbeda yaitu pembakaran kertas dengan minuman bersoda dalam botol yang tertutup. Guru memberikan pertanyaan penuntun kepada siswa seperti “Apa ciri yang menandakan bahwa reaksi kimia telah terjadi pada peristiwa pembakaran kertas?”

Kemudian, guru menyinggung fenomena yang satu lagi yaitu tentang minuman bersoda dalam botol tertutup dengan penjelasan dan pertanyaan-pertanyaan yang bertahap seperti “Perhatikan fenomena minuman bersoda dalam kemasan tertutup. Tahukah kalian apa yang membuat minuman itu dapat mengandung soda?; Apa yang terjadi jika minuman bersoda dalam kemasan tertutup itu dikocok?; Setelah dikocok, minuman bersoda yang mengandung asam karbonat (H_2CO_3) akan menghasilkan gelembung-gelembung gas karbon dioksida (CO_2). Apa yang terjadi pada gelembung-gelembung tersebut jika minuman dalam kemasan tertutup tersebut didiamkan selama beberapa menit?”

Selanjutnya, guru membandingkan dua fenomena tersebut dan memberikan pertanyaan lanjutan “Apakah abu yang dihasilkan pada reaksi pembakaran kertas dapat kembali lagi menjadi kertas? Di sisi lain, apakah gelembung (gas CO_2) dari pengocokan dapat kembali larut membentuk asam karbonat (H_2CO_3) setelah didiamkan?”

Pertanyaan-pertanyaan lanjutan itu digunakan untuk menghubungkan fenomena-fenomena yang dibahas dengan konsep yang ingin diajarkan dengan penjelasan dan pernyataan “Pembakaran kertas merupakan salah satu contoh dari reaksi satu arah (*irreversible*), sedangkan pengocokan minuman bersoda merupakan contoh reaksi dua arah (*reversible*). Dengan demikian, apa perbedaan keduanya?”

Melalui pertanyaan-pertanyaan inkuiri tersebut, secara tidak langsung siswa telah menemukan suatu konsep secara mandiri dengan menghubungkannya dengan fenomena-fenomena yang nyata meskipun belum pasti kebenaran dari konsep yang telah didapatkan siswa. Dengan langkah pembelajaran yang demikian, maka proses belajar menjadi lebih bermakna jika dibandingkan dengan pembelajaran langsung. Selain itu, melalui pertanyaan-pertanyaan inkuiri siswa terlatih untuk mengkonstruksi konsep kognitifnya dan melatih keterampilan berpikir ke tingkat yang lebih tinggi.

Setelah mengidentifikasi masalah dan menyusun rumusan masalah mengenai reaksi satu arah dan reaksi dua arah, siswa menyusun jawaban sementara (hipotesis) dari rumusan masalah tersebut. Untuk membuktikan jawaban sementara mereka tentang reaksi satu arah dan reaksi dua arah, siswa dibimbing oleh guru untuk melakukan kegiatan pengumpulan data melalui praktikum yang disusun secara inkuiri terbimbing. Artinya, siswa diharapkan dapat menyusun prosedur

secara mandiri terlebih dahulu melalui tahapan inkuiri. Dengan demikian, siswa akan terbiasa berpikir dan mengeluarkan gagasan-gagasannya melalui kegiatan pembelajaran tersebut. Peran guru adalah membimbing siswa dalam menyusun prosedur-prosedur praktikum dan menyediakan setiap alat dan bahan yang dibutuhkan untuk praktikum.

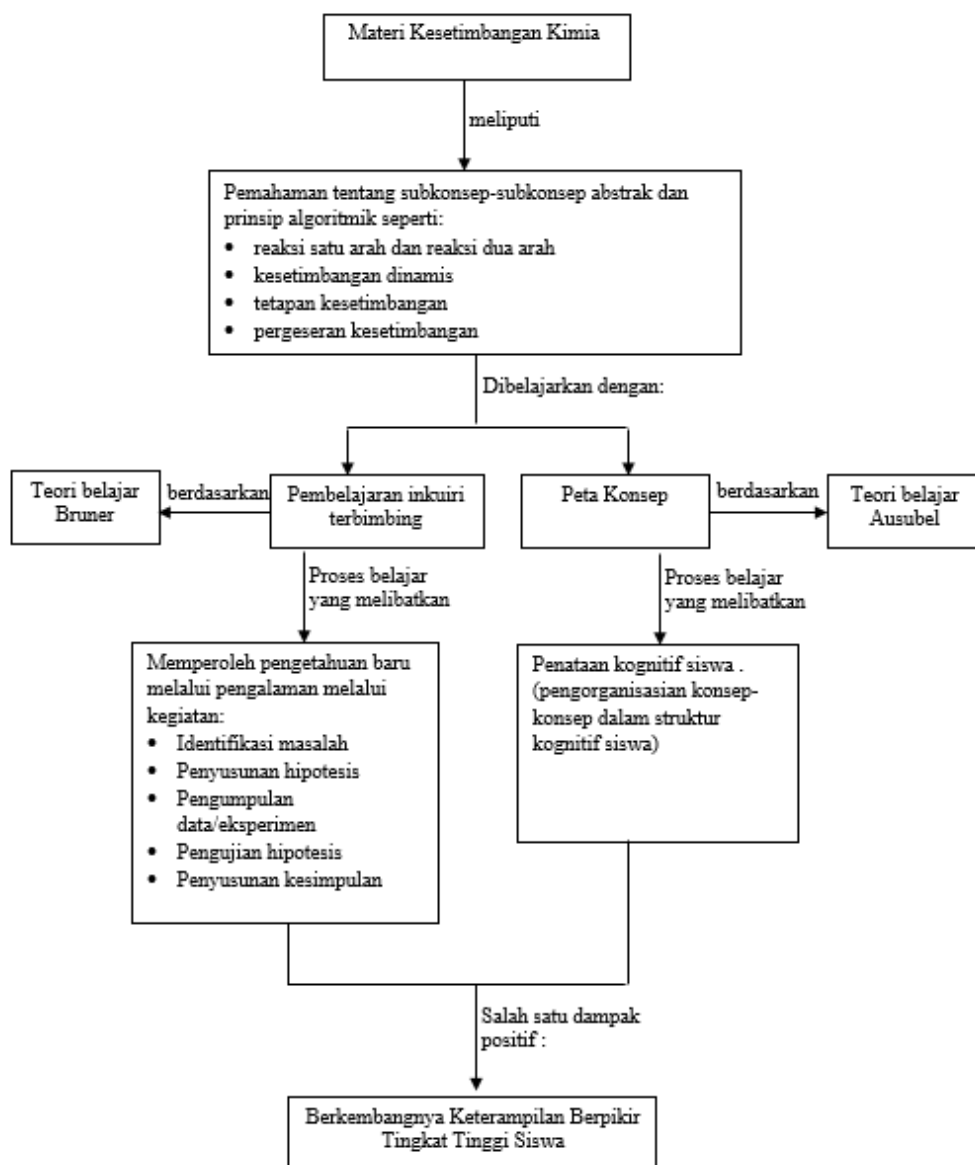
Setelah kegiatan praktikum selesai, siswa menjawab pertanyaan-pertanyaan analisis data yang disusun secara inkuiri. Pertanyaan-pertanyaan analisis data nantinya mengacu pada hasil pengamatan dari pengumpulan data. Pertanyaan-pertanyaan pada analisis data secara bertahap menghubungkan hasil dari pengumpulan data dengan fenomena yang dijabarkan di awal pembelajaran, yaitu tentang pembakaran kertas dan minuman bersoda dalam botol tertutup yang dikocok.

Analisis data disertai dengan kegiatan mengevaluasi hipotesis yang telah disusun sebelumnya. Melalui evaluasi hipotesis, siswa mengetahui apakah hipotesis yang mereka susun sebelum kegiatan pengumpulan data sesuai dengan hasil dari kegiatan pengumpulan data (praktikum) yang telah dilakukan. Peran guru pada tahap ini adalah membimbing siswa dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan pada analisis data. Guru memberikan penguatan terhadap jawaban-jawaban siswa yang sudah benar dan memberikan klarifikasi kepada jawaban siswa yang kurang benar.

Peta konsep digunakan untuk menata urutan-urutan konsep dalam struktur kognitif siswa selama mempelajari konsep-konsep dalam materi Kestimbangan Kimia. Dengan demikian, konsep-konsep dalam materi Kestimbangan Kimia yang diajarkan dengan inkuiri terbimbing dan peta konsep akan diingat siswa lebih lama. Hal ini disebabkan karena selain belajar melalui pengalaman secara inkuiri, siswa juga belajar mengkonstruksi tatanan konsep di dalam pikiran mereka melalui pembuatan peta konsep. Melalui pembelajaran inkuiri terbimbing dan peta konsep, siswa diharapkan tidak lagi mengalami kebingungan dan benar-benar dapat memahami konsep telah dipelajari.

Beberapa konsep yang sulit diajarkan dengan praktikum adalah konsep-konsep yang bersifat algoritmik, seperti tetapan kesetimbangan (K_c dan K_p). Maka untuk membelajarkannya, siswa dapat dilatih untuk menemukan sendiri bagaimana suatu persamaan matematis tersebut dapat diperoleh. Siswa dapat diberikan suatu tabel yang berisi data hasil percobaan dan kemudian mereka menganalisis data tersebut melalui pertanyaan-pertanyaan inkuiri.

Ilustrasi kerangka berpikir siswa dalam pembelajaran inkuiri terbimbing-peta konsep pada materi Kestimbangan Kimia untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dapat diamati pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Berpikir Pembelajaran Inkuiri Terbimbing-Peta Konsep pada Materi Kestimbangan Kimia

SIMPULAN

Untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada materi Kestimbangan Kimia dapat dilakukan melalui pembelajaran berbasis konstruktivis yakni teori belajar Bruner, dan juga dari teori belajar Ausubel. Inkuiri terbimbing merupakan pembelajaran yang menekankan pengalaman mandiri siswa sebagai langkah untuk memperoleh pengetahuan baru melalui bimbingan guru dan peta konsep membantu siswa berpikir secara inkuiri. Inkuiri terbimbing melatih siswa menemukan pengetahuannya sendiri sedangkan peta konsep berperan dalam menata konsep-konsep dalam struktur kognitifnya. Dengan demikian, pembelajaran inkuiri terbimbing disertai peta konsep diprediksi mampu

memberikan hasil positif seperti mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Bilgin, I. 2009. The Effects of Guided Inquiry Instruction Incorporating a Cooperative Learning Approach on University Students' Achievement of Acid and Bases Concepts and Attitude Toward Guided Inquiry Instruction. *Scientific Research and Essay*, 4 (10): 1038-1046.
- Chandrasegaran, A.L., Treagust, D.F., & Mocerino, M. 2007. The Development of a Two-Tier Multiple-Choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Students' Ability to Describe and Explain Chemical Reactions Using Multiple Levels of Representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3): 293-307.
- Dahar, R.W. 2012. *Teori-teori Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Erlangga.
- Dasna, I.W., Laksana, D.N.L., & Sudatha, I.G.W. 2015. *Desain dan Model Pembelajaran Inovatif dan Interaktif*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Ergul, R., Simsekli, Y., Calis, S., & Ozdilek, Z. 2011. The Effect of Inquiry-based Science Teaching on Elementary School Students' Science Process Skills and Science Attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 5 (1): 48-68.
- Eva, D.P. 2012. *Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Peta Konsep terhadap Kemampuan Metakognitif dan Hasil Belajar Biologi Siswa SMA N 3 Sukoharjo*. Skripsi tidak diterbitkan. Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
- Fatokun, K.V.F. & Eniayeju, P.A. 2014. The Effect of Concept Mapping-Guided Discovery Intergrated Teaching Approach on Chemistry Students' Achievement And Retention. *Educational Research and Reviews*, Vol. 9 (22): 1218-1223.
- Furtak, E. M. 2005. The Problem with Answers: An Exploration of Guided Scientific Inquiry Teaching. *Sci Ed*, 90: 453– 467. (Online). (www.interscience.wiley.com, diakses 1 April 2017).
- Gilbert, J.K. & Treagust, D. 2009. *Multiple Representations in Chemical Education: Models and Modeling in Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Hofstein, S. & Lunetta, V.N. 2004. The Laboratory in Science Education: Foundation for the Twenty First Century. *Science Education*, 88(1): 28-54.
- Iskandar, S. M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis*. Malang: Bayumedia Publishing.

- Khan, S. 2007. Model-based Inquiries in Chemistry. *Sci Ed*, 91:877–905. (Online). (<http://www.http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20226>, diakses 2 Desember 2016).
- Khan, M. S., Hussain, S., Ali, R., Majoka, M. I., & Ramzan, M. 2011. Effect of Inquiry Method on Achievement of Students in Chemistry at Secondary Level. *International Journal of Academic Research*, 3(1): 955-959, (Online). (www.ijar.lit.az/pdf/9/2011/1-140/, diakses pada tanggal 21 Agustus 2017).
- MacDonald, J.J. 1976. *Chemical Equilibrium and Its Conceptual Difficulties*. Tesis tidak diterbitkan. Glasgow: University of Glasgow.
- Matthew, B.M. & Kenneth, I.O. 2013. A Study on The Effect of Guided Inquiry Teaching Method on Students Achievement in Logic. *International Researcher*, 2 (1): 135-140.
- Medsker, K. L. & Holdsworth, K. M. 2010. *Models and Strategies for Training Design*. United State of America: ISPI.
- Mohideen, J.M., Karunaratne, S., & Wimalasiri, K.M.S. 2013. Students' Understanding of the Solubility Equilibrium. *Book of Abstracts of the Peradeniya University Research Sessions*, 17 (3): 48.
- Monica, K. M. M. 2005. *Development and Validation of a Test of Integrated Science Process Skills for The Further Education and Training Learners*. Disertasi tidak diterbitkan. South Africa: Master of Science Program in Science Education, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria.
- Nakhleh, M.B. 1992. Why Some Students Don't Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3): 191-196.
- National Research Council. 1996. *National Science Education Standards [NSES]*. Washington DC: National Academy Press.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, Vol. 4 (2): 2-20.
- Sisovic, D. & Bojovic, S. 2000. The Use of Concept Maps at Different Stages of Teaching. *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.* 1: 135-144.
- Suparno, P. 1997. *Filsafat Konstruktivisme dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Kanisius.

- Wallace, Tsoi, Calkin, & Darley. 2004. Learning from Inquiry-based Laboratories in Nonmajor Biology: An Interpretive Study Of The Relationships Among Inquiry Experience, Epistemologies, And Conceptual Growth. *Journal of research in Science Teaching*, 40 (10): 986-1024. (Online). (https://www.researchgate.net/publication/227512146_Learning_from_inquiry-based_laboratories_in_nonmajor_biology_An_interpretive_study_of_the_relationships_among_inquiry_experience_epistemologies_and_conceptual_growth, diakses 3 Maret 2017).
- Van Driel, J.H. & Graber, W. 2002. The Teaching and Learning of Chemical Equilibrium. Dalam J.K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D.F. Treagust, & J.H. Van Driel (Eds). *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (hlm. 271-292). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Widodo, A. 2005. Taksonomi Tujuan Pembelajaran. *Didaktis* 4 (2): 61-69.

Anis Fitria, dkk_Pembelajaran Kimia

Efektivitas Model Pembelajaran *Learning Cycle 5E* untuk Mengatasi Kesulitan Pemahaman Konsep Reaksi Redoks pada Siswa Kelas X SMAN 9 Malang

Anis Fitria, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih
Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: anisf188@gmail.com

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui (1) perbedaan hasil belajar antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* dan model pembelajaran konvensional, (2) efektivitas model pembelajaran *Learning Cycle 5E* untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks pada siswa kelas X SMAN 9 Malang. Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen semu. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *cluster random sampling*. Instrumen untuk mengukur hasil belajar siswa berupa soal tes pilihan ganda berjumlah 25 soal yang memiliki reliabilitas sebesar 0,733. Analisis data yang dilakukan adalah analisis statistik dengan uji-*t* (*independent samples t-test*) untuk menguji perbedaan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil penelitian menunjukkan 1) ada perbedaan hasil belajar antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* dan model pembelajaran konvensional, 2) model pembelajaran *Learning Cycle 5E* efektif untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks pada siswa kelas X SMAN 9 Malang.

Kata kunci: *learning cycle 5E*, reaksi redoks

Abstract: This study aims to identify (1) the difference of learning outcomes between students who are taught by the learning model of *Learning Cycle 5E*, and conventional learning model, (2) effectiveness of *Learning Cycle 5E* model to resolve the difficulties of understanding the concept of redox reaction for students of X grade SMAN 9 Malang. This research used quasi experimental. The sample taken by *cluster random sampling technique*. Instruments for measuring students learning outcomes in the form of multiple choice test questions amounted to 25 questions that have reliability of 0.733. Data analysis performed was statistical analysis with t-test (*independent samples t-test*) to test the difference of students learning outcomes in the experimental class and control class. The results showed 1) there are differences in learning outcomes between students who were taught by *Learning Cycle 5E* model and conventional learning model, 2) *Learning Cycle 5E* model was effective to resolve the difficulties in understanding the concepts of redox reaction in students of grade X SMAN 9 Malang.

Keywords: *learning cycle 5E*, redox reaction

Reaksi redoks adalah salah satu materi kimia yang dibelajarkan pada siswa SMA kelas X. Beberapa penelitian menunjukkan masih banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep reaksi redoks, diantaranya penelitian dari Sulalah, (2015). Penelitian tersebut menyatakan bahwa siswa mengalami kesulitan pada konsep reaksi redoks ditinjau dari perubahan bilangan oksidasi (56%), konsep oksidator dan reduktor (48%), konsep bilangan oksidasi (46%), konsep reaksi redoks ditinjau dari pelepasan dan penerimaan elektron (45%), konsep reaksi redoks ditinjau dari penggabungan dan pelepasan oksigen (39%). Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh Egborge (2009), menyatakan bahwa siswa di sekolah memiliki kesulitan secara konseptual pada materi reaksi redoks, yaitu siswa menganggap model transfer elektron merupakan model yang paling tepat, siswa menganggap reaksi oksidasi dan reaksi reduksi merupakan reaksi yang berdiri sendiri, konsep bilangan oksidasi dan aturan penentuan bilangan oksidasi serta konsep oksidator dan reduktor. Kesulitan-kesulitan yang dialami siswa kemungkinan dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal (Syamsuddin, 2009). Salah satu faktor yang berasal dari dalam diri siswa (faktor internal) adalah aktivitas siswa. Pada kenyataannya masih banyak siswa yang pasif dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Salah satu faktor eksternal adalah penggunaan model pembelajaran yang kurang inovatif dalam kegiatan pembelajaran. Guru masih cenderung memberikan pembelajaran kimia dengan menggunakan model pembelajaran konvensional yaitu *Direct Instruction* seperti ceramah, mengajak siswa untuk membaca bahan ajar, dan menghafal konsep - konsep kimia (Alkhazali, 2013). Hal ini membuat kemampuan berpikir dan keaktifan siswa untuk belajar kurang, mereka cenderung pasif dan hanya mencatat keterangan yang diberikan oleh guru. Pembelajaran yang kurang menarik ini pada akhirnya membuat siswa menjadi bosan dan tidak berminat dalam belajar, sehingga mengakibatkan hasil belajar siswa menjadi rendah.

Berdasarkan saran penelitian terdahulu, diperlukan adanya suatu perubahan strategi pembelajaran yang cenderung berpusat pada guru menuju pembelajaran konstruktivistik yang berpusat pada siswa. Perubahan strategi pembelajaran ini bertujuan untuk membantu mengatasi kesulitan siswa berdasarkan letak kesulitannya. Salah satu model pembelajaran konstruktivistik adalah *Learning Cycle 5E*. Model *Learning Cycle 5E* memberikan kesempatan bagi siswa mengkonstruksi pengetahuannya sendiri secara maksimal. Model ini juga, menuntut siswa untuk belajar secara mandiri, yang berarti siswa harus aktif dalam menggali pengetahuannya. Penelitian sebelumnya menunjukkan penerapan model *Learning Cycle 5E* lebih efektif daripada model pembelajaran konvensional dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi hidrolisis garam (Ni'mah, 2011). Begitu pula penelitian yang dilakukan oleh Eronika, (2012) menunjukkan bahwa hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* lebih baik dari pada hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan model ekspositori pada materi stoikiometri. Merujuk pada hasil penelitian tersebut,

diharapkan model *Learning Cycle 5E* dapat mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks dan meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar, sehingga siswa mempunyai pemahaman konsep reaksi redoks dengan baik, dan dapat mengaplikasikan konsep-konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Pemilihan SMAN 9 Malang sebagai tempat dilaksanakan penelitian didasarkan pada hasil wawancara dengan guru kimia disekolah tersebut, yang menyatakan bahwa sekitar 45% siswa nilai ulangan harian pokok bahasan reaksi redoks masih di bawah KKM dan dalam kegiatan pembelajaran dikelas masih jarang digunakan model pembelajaran yang bersifat konstruktivistik. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti ingin mengetahui efektivitas model pembelajaran *Learning Cycle 5E* untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks pada siswa kelas X SMAN 9 Malang.

METODE

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan eksperimental semu (*Quasy Experimental Design*). Desain penelitian yang dipilih dalam penelitian ini adalah *posttest only control group design*. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Januari-Februari 2017, dengan jumlah pertemuan sebanyak empat kali tatap muka dan satu pertemuan untuk ulangan harian. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMAN 9 Malang tahun ajaran 2016/2017 yang terdiri dari 5 kelas. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *cluster random sampling*, dan diperoleh kelas X IPA-2 sebagai kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*, dan kelas X IPA-5 sebagai kelas kontrol yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Instrumen perlakuan meliputi : Silabus, RPP, LKS, dan Lembar Penilaian Afektif, sedangkan instrumen pengukurannya berupa soal tes hasil belajar kognitif sejumlah 25 soal. Teknik analisis data yang digunakan meliputi: analisis deskriptif dan statistik. Analisis deskriptif digunakan untuk menganalisis data nilai afektif siswa. Analisis statistik dengan uji-*t* (*independent samples t-test*) digunakan untuk menguji perbedaan hasil belajar kognitif siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

HASIL

Hasil Belajar Kognitif Siswa

Hasil belajar kognitif siswa diperoleh dari hasil ulangan harian pada materi reaksi redoks. Ulangan harian materi reaksi redoks terdiri dari dua puluh lima soal pilihan ganda dengan lima pilihan jawaban. Data hasil belajar kognitif siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Deskriptif	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Rata-rata	80,11	74,51
Jumlah Siswa	35 siswa	35 siswa
Nilai tertinggi	100	92
Nilai terendah	60	60

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil belajar siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada siswa kelas kontrol. Hal ini dibuktikan dengan rata-rata nilai ulangan harian kelas eksperimen sebesar 80,11 dan rata-rata nilai ulangan harian kelas kontrol sebesar 74,51.

Uji hipotesis dilakukan dengan menganalisis hasil uji-t dua pihak pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan bantuan program *SPSS*. Uji-t dua pihak dilakukan untuk melihat apakah siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan hasil belajar secara signifikan atau tidak dalam mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks.

Sebelum dilakukan uji hipotesis, maka data hasil belajar siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dilakukan uji prasyarat analisis yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil uji prasyarat analisis menunjukkan bahwa data nilai ulangan harian siswa terdistribusi normal dan memiliki varian yang homogen, maka digunakan uji-t dua pihak untuk menguji hipotesis yang diajukan. Hasil uji-t kelas eksperimen dan kelas kontrol tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji-t Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Variabel	Nilai Rata-rata		Uji-t	Kesimpulan
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol	Nilai Signifikansi	
Hasil Belajar	80,11	74,51	0,008	Terdapat perbedaan hasil belajar siswa

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil uji-t data nilai ulangan harian siswa memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 yaitu sebesar 0,008. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* dan model pembelajaran konvensional untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks pada siswa kelas X SMAN 9 Malang.

Hasil Belajar Afektif Siswa

Data hasil belajar afektif siswa diperoleh selama proses pembelajaran sebanyak empat kali mulai dari RPP I, II, III dan IV, pada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*, maupun pada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional. Penilaian afektif siswa mencakup penilaian tentang mengajukan pertanyaan, menjawab pertanyaan dari guru dan siswa, mengemukakan pendapat, teliti dan kerja sama dalam kelompok. Data rata-rata hasil belajar afektif siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Rata-rata Hasil Belajar Afektif Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Pertemuan	Rata-rata Hasil Belajar Afektif (%)	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
1	83	75,6
2	84	77,6
3	85	78,2
4	86	79,8
Rata-rata	84,50	77,8

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar afektif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* ($\bar{X} = 84,50$) lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional ($\bar{X} = 77,80$).

PEMBAHASAN

Hasil Belajar Kognitif Siswa

Hasil analisis data yang tertera pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar kognitif antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* dan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional. Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* ($\bar{X} = 80,11$) lebih tinggi daripada nilai rata-rata siswa yang dibelajarkan dengan model konvensional ($\bar{X} = 74,51$).

Perbedaan hasil belajar siswa ini disebabkan karena penggunaan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* berpengaruh terhadap kemampuan kognitif siswa, terutama pengetahuan dan pemahaman konsep tentang materi yang dipelajari dapat terbentuk secara sistematis (Sulistiani, 2010). Konstruksi konsep oleh siswa tertata secara sistematis selama proses pembelajaran melalui fase-fase pembelajaran yang terdapat pada model pembelajaran *Learning Cycle 5E*. Sebagai contoh pada fase *engagement*, guru berusaha mendapatkan perhatian siswa dan membantu mereka mengakses pengetahuan awal yang telah dimiliki. Keadaan tersebut dapat dicapai dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan tentang fakta-fakta yang dapat direspon oleh siswa.

Pada fase *exploration*, siswa diberi kesempatan untuk mengamati fenomena - fenomena atau melakukan eksperimen, observasi dan menginterpretasikan data tentang materi yang dipelajari. Pada fase ini siswa mengalami ketidakseimbangan kognitif (*disequilibrium*). Siswa diharapkan bertanya pada dirinya sendiri: “mengapa demikian” atau bagaimana akibatnya bila...” dan seterusnya (Lorsbach, 2008:1). Pertanyaan-pertanyaan siswa tersebut akan dipelajari dan dilengkapi pada fase berikutnya yaitu fase *explanation*. Pada fase *explanation*, siswa melengkapi, menyempurnakan dan mengembangkan konsep yang diperoleh siswa pada fase eksplorasi. Siswa diberi kesempatan untuk mengkaji literatur dan diskusi antar anggota kelompok, kemudian siswa didorong untuk menjelaskan konsep yang dipahaminya dengan menggunakan kata-katanya sendiri, selanjutnya guru

menjelaskan konsep dan definisi yang lebih formal untuk menghindari perbedaan konsep yang dipahami siswa.

Pada fase *elaboration*, siswa diberi kesempatan menerapkan konsep yang telah dipahami dan keterampilan yang dimiliki pada situasi baru. Pada tahap ini guru melatih siswa untuk mengaplikasikan konsep yang dimiliki. Pada fase *evaluation*, guru melakukan evaluasi untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Bentuk evaluasi dapat berupa hasil pengamatan melalui lembar pengamatan untuk menilai kinerja, sikap dan bisa juga menggunakan tes.

Pada model pembelajaran ini siswa dituntut untuk aktif terlibat dalam proses pembelajaran, siswa diminta menemukan sendiri informasi tentang materi yang akan dipelajari, berusaha sendiri dalam memahami konsep materi, sehingga dapat menerapkan konsep tersebut pada situasi dan masalah yang baru. Dasna (2008) menyatakan bahwa bila terjadi proses konstruksi pengetahuan dengan baik, maka siswa akan dapat meningkatkan pemahamannya terhadap materi yang dipelajari. Sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Dasna, pemahaman siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* lebih baik daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional. Hasil penelitian sebelumnya yang dilaksanakan oleh Sulistiani (2010) menyatakan bahwa siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* mempunyai rata-rata hasil belajar ($\bar{X} = 80,08$) lebih tinggi dari pada siswa yang dibelajarkan dengan model konvensional ($\bar{X} = 76,26$) pada materi koloid. Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh Mucharomah, Lailatul (2012) pada materi tata nama hidrokarbon juga menunjukkan bahwa pembelajaran dengan model *Learning Cycle 5E* mampu meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa.

Pada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional, untuk memperoleh pengetahuannya cenderung menerima informasi saja tidak berusaha terlebih dahulu, sehingga pengetahuan yang didapatkan siswa bergantung pada kemampuan gurunya. Akibat dari kebiasaan tersebut siswa menjadi kurang kreatif dalam memecahkan masalah, partisipasi rendah, siswa pasif, serta kegiatan pembelajaran tidak efisien sehingga pada akhirnya kualitas proses dan hasil belajar menjadi rendah.

Hasil Belajar Afektif Siswa

Hasil belajar afektif siswa diperoleh dari hasil penilaian observer ketika proses pembelajaran berlangsung. Hasil analisis data yang tertera pada Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar afektif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* lebih tinggi ($\bar{X} = 84,50$) daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional ($\bar{X} = 77,80$).

Perbedaan rata-rata nilai afektif ini disebabkan karena siswa sebelumnya belum pernah dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*, sehingga siswa menjadi lebih aktif dalam mengikuti pembelajaran dikelas.

Keaktifan siswa dipengaruhi oleh terdapatnya fase-fase dalam model pembelajaran *Learning Cycle 5E* yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk aktif mencari informasi, menggali pengetahuannya sendiri, serta dituntut dapat menjelaskan dengan baik tentang konsep yang telah dipahami.

Keaktifan siswa juga dapat diketahui saat proses pembelajaran berlangsung, siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* yang mengajukan pertanyaan lebih banyak dari pada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional. Terdapatnya perbedaan hasil belajar afektif pada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* dengan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional sesuai dengan hasil penelitian Fajaroh dan Dasna (dalam Dasna, 2008) yang menyatakan bahwa menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle* untuk pembelajaran zat kimia aditif dapat meningkatkan motivasi, kemampuan menjelaskan (argumentasi), kualitas tanya jawab, dan interaksi, serta prestasi belajar kimia siswa SMA.

SIMPULAN DAN SARAN

Ada perbedaan hasil belajar antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*, dan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks pada siswa kelas X SMAN 9 Malang. Rata-rata hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model *Learning Cycle 5E* ($\bar{X} = 80,11$) lebih tinggi dari pada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional ($\bar{X} = 74,51$). Hasil belajar afektif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* ($\bar{X} = 84,50$) lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional ($\bar{X} = 77,80$). Dengan demikian, model pembelajaran *Learning Cycle 5E* ini efektif untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep reaksi redoks pada siswa kelas X SMAN 9 Malang.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang diberikan yaitu : (1) model pembelajaran *Learning Cycle 5E* dapat digunakan oleh guru pada pokok bahasan yang berbeda karena telah terbukti dapat mengatasi kesulitan pemahaman konsep siswa berdasarkan peningkatan hasil belajar kognitifnya, (2) dalam melaksanakan pembelajaran menggunakan model *Learning Cycle 5E* hendaknya dapat mengatur waktu pembelajaran dengan baik, sehingga sesuai dengan alokasi waktu yang direncanakan, 3) bagi guru yang ingin menerapkan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* hendaknya siswa dipastikan telah mengkonstruksi konsep dengan baik pada fase *explanation*, sehingga pada fase *elaboration* siswa dapat menerapkan konsep yang diterima dalam situasi yang baru secara maksimal, 4) bagi guru yang ingin menerapkan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*, penguasaan materi dan langkah-langkah pembelajaran dalam model tersebut harus tepat dan urut agar tujuan pembelajaran dapat tercapai.

DAFTAR RUJUKAN

- Alkhozali, Reza. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran *Learning Cycle* dengan Media *Windows Movie Maker* Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan di SMA Negeri 1 Air Putih, (Online), (<http://digilib.unimed.ac.id/11115/>, diakses 13 Oktober 2016).
- Dasna, I.W. & Sutrisno. 2008. *Model-model Pembelajaran Konstruktivistik dalam Pembelajaran Sains-Kimia*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Egborge, M.2009. *Students' Understanding of Redox Reactions in Three Situations*,5(2).(Online),(https://www.researchgate.net/publication/242752189_Students'_Understanding_of_Redox_Reactions_in_Three_Situations, diakses 01 September 2016).
- Eronika, S. 2012. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 5 Fase terhadap Prestasi Belajar Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Batu Tahun Ajaran 2012/2013 pada materi stokiometri*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: PPs UM
- Lorsbach. 2008. *The Learning Cycle as a Tool for Planning Science Instruction* (Online),(<http://scienceclubforgirls.org/wpcontent/uploads/2012/10/LearningCycle.pdf>, diakses 13 Oktober 2016).
- Mucharomah, L. 2012. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 5 Fase terhadap Prestasi Belajar Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Lawang Tahun Ajaran 2011 / 2012 pada Materi Hidrokarbon*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Kimia FMIPA UM
- Ni'mah, U. L. 2011. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 5 Fase terhadap Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa Kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Singosari Tahun Ajaran 2010 / 2011 pada Materi Hidrolisis Garam*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Kimia FMIPA UM
- Sulalah, W.A. 2015. *Analisis Kesulitan Memahami Konsep Reaksi Redoks pada Peserta Didik yang Mengalami Remidi di Kelas X-MIPA SMAN 3 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: PPs UM.
- Sulitiani, Y. 2010. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle dalam Meningkatkan Hasil belajar dan Motivasi Siswa Kelas XI Semester II SMAN 10 Malang pada Pokok Bahasan Koloid*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: PPs UM.
- Syamsuddin. 2009. *Analisis Kesulitan Belajar Peserta Didik*. Jakarta: PT Bumi Aksara.

Claudia Niken Shinta, dkk._Pembelajaran Kimia

Pembelajaran Inkuiri dengan Mengeksplisitkan Hakikat Sains untuk Meningkatkan Pemahaman Hakikat Sains, Keterampilan Proses Sains, dan Penguasaan Konsep Siswa pada Materi Laju Reaksi

Claudia Niken Shinta, Sri Rahayu, Sutrisno
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: claudianikenshinta@gmail.com

Abstrak: Literasi sains merupakan salah satu tujuan utama pendidikan sains. Kemampuan yang dibutuhkan untuk menguasai literasi sains diantaranya adalah pemahaman konsep, pemahaman terhadap hakikat sains, dan keterampilan proses sains. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan literasi sains siswa adalah melalui pembelajaran inkuiri terbimbing yang mengeksplisitkan hakikat sains. Pemahaman terhadap hakikat sains tidak hanya dapat membantu siswa memahami proses ilmiah, tapi juga membantu mereka dalam memahami mengapa mereka perlu melakukan proses ilmiah tersebut untuk mengkonstruksi ilmu pengetahuan, sehingga memberikan efek terhadap kemampuan penalaran ilmiah dan kemampuan penguasaan konsep.

Kata kunci: hakikat sains, inkuiri terbimbing, keterampilan proses sains

Abstract: Scientific literacy is one of the main goals of science education consisted of multiple components including conceptual understanding, understanding of nature of science (NOS), and science process skills. One way to improve student's scientific literacy was through guided inquiry learning with the nature of science explicitly approach. Understanding the nature of science not only can help students to understand the scientific process skill, but also help them to understand why they need to do those scientific process for constructing knowledge, that can enhance student's scientific reasoning skill and conceptual understanding.

Keywords: nature of science, guided inquiry, science process skill

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terjadi secara berkelanjutan membawa dampak baik positif maupun negatif di berbagai bidang kehidupan. Untuk dapat mengikuti dan meningkatkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tersebut diperlukan sumber daya manusia yang berkualitas. Salah satu usaha menciptakan sumber daya manusia yang berkualitas tersebut adalah melalui pendidikan. Oleh karena itu, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ini secara tidak langsung berdampak pada perkembangan tujuan pendidikan, khususnya pendidikan sains. Hernani & Mudzakir (2014) mengungkapkan bahwa pendidikan sains memiliki potensi yang

besar dan peranan strategis dalam menyiapkan sumber daya manusia yang berkualitas untuk menghadapi era industrialisasi dan globalisasi. Potensi ini akan dapat terwujud jika pendidikan sains mampu melahirkan siswa yang berliterasi sains atau yang memiliki kemampuan berpikir logis, berpikir kreatif, kemampuan memecahkan masalah, bersifat kritis, menguasai teknologi serta adaptif terhadap perkembangan zaman.

Literasi sains adalah kemampuan dalam menggunakan pengetahuan ilmiah, mengidentifikasi pertanyaan dan menarik kesimpulan berdasarkan fakta dan data, memahami alam semesta, dan membuat keputusan dari dampak yang terjadi karena aktivitas manusia (OECD, 2015). Khalick & BouJaoude (1997) mendefinisikan literasi sains sebagai kemampuan dalam pemahaman konsep, prinsip, teori, pemahaman terhadap hakikat sains (*Nature of Science*, NOS) dan proses sains, serta menyadari adanya hubungan yang kompleks antara sains, teknologi, dan masyarakat. Sadler dkk. (2004) menyatakan pentingnya literasi sains karena dapat melatih kemampuan siswa menggunakan proses ilmiah dan kebiasaan berpikir kritis dalam memecahkan masalah yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari serta untuk menghadapi masalah yang melibatkan sains dan pengambilan keputusan.

Hasil penilaian literasi sains siswa Indonesia yang dilakukan oleh PISA (*Programme for International Student Assessment*) menunjukkan bahwa siswa di Indonesia masih memiliki kemampuan literasi sains yang rendah. Hal ini dapat dilihat dari data yang dihimpun oleh OECD (*Organization of Economic Cooperation and Development*) dimana pada tahun 2006 hasil penilaian PISA menunjukkan peringkat literasi sains siswa Indonesia berada di urutan 53 dari 57 negara. Pada tahun 2009 Indonesia berada di urutan 38 dari 40 negara, dan pada tahun 2012, peringkat literasi sains siswa Indonesia berada di urutan 64 dari 65 negara. Terakhir pada tahun 2015, peringkat literasi siswa Indonesia berada di urutan 66 dari 74 negara (OECD, 2016). Hal ini dapat disebabkan karena pembelajaran di Indonesia belum mengarahkan siswa untuk memahami literasi sains. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan pembelajaran yang memasukkan komponen-komponen literasi sains dalam proses pembelajaran dan menjadikan literasi sains sebagai tujuan utama pendidikan sains.

Sebagai salah satu cabang sains, kimia merupakan salah satu ilmu yang mempelajari tentang komposisi materi, perubahan komposisi materi dan energi yang menyertai setiap perubahan komposisi materi dan dijelaskan hingga tingkat atom dan molekul (Brady & Humiston, 1990). Untuk menciptakan pembelajaran kimia yang efektif dibutuhkan kegiatan yang dapat memberikan siswa pengalaman belajar langsung yang berkaitan dengan materi yang akan diajarkan, khususnya materi laju reaksi. Dengan pengalaman belajar langsung, diharapkan dapat membantu siswa untuk menemukan cara dalam menguasai dan memahami konsep secara mandiri. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan model pembelajaran yang dapat mengajak siswa untuk melakukan proses pemerolehan pengetahuan melalui

berbagai aktivitas yang dapat memberikan mereka pengalaman belajar yang bermakna.

Salah satu model pembelajaran yang dapat memfasilitasi siswa untuk mengkonstruksi konsep secara mandiri dan memberikan pengalaman belajar langsung adalah inkuiri. Inkuiri merupakan hal yang penting dalam rangka mengembangkan kemampuan literasi sains siswa karena tidak hanya dapat membantu siswa dalam membangun konsep secara mandiri dan melatih keterampilan prosesnya, namun juga dapat merefleksikan hakikat sains (NOS) (*NGSS Lead States*, 2013; Flick & Lederman, 2006). Hakikat sains adalah salah satu komponen literasi sains yang merupakan pengetahuan epistemologi tentang sains, proses terjadinya sains, dan nilai serta kepercayaan yang melekat pada sains dan yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi pengetahuan sains (Khalick & Lederman, 2000). Lederman dkk. (2013) mendefinisikan hakikat sains sebagai filsafat pengetahuan yang mengkaji cara memperoleh pengetahuan dengan metode ilmiah serta produk pengetahuan berupa teori dan hukum yang tidak bisa dipisahkan dari perkembangan pengetahuan ilmiah.

Dengan melakukan aktivitas inkuiri siswa diasumsikan secara sekaligus akan memperoleh pengalaman dasar untuk merefleksikan hakikat sains (Schwartz, dkk., 2004). Akan tetapi, beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam pembelajaran sains berorientasi inkuiri tidak secara otomatis membuat siswa belajar tentang hakikat sains, sehingga disarankan untuk menggunakan pendekatan eksplisit dalam membelajarkan konsep hakikat sains. Pernyataan tersebut diperkuat dengan hasil penelitian Khishfe & Lederman (2007) yang menunjukkan bahwa siswa yang mendapat pengalaman belajar yang merefleksikan hakikat sains secara eksplisit memiliki pemahaman terhadap hakikat sains yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang mendapat pengalaman belajar yang merefleksikan hakikat sains secara implisit.

Pengimplementasian pembelajaran inkuiri dengan mengeksplisitkan hakikat sains juga dapat meningkatkan keterampilan proses sains dan pemahaman konsep siswa (Driver, dkk., 1996). Hasil penelitian Songer & Linn (1991), Peters (2009), dan Michel & Neuman (2017) menunjukkan bahwa siswa dengan pemahaman hakikat sains yang lebih baik mendapatkan pemahaman konseptual lebih tinggi. Selain itu hasil penelitian Peters (2009) juga menunjukkan bahwa siswa yang memiliki pemahaman hakikat sains lebih tinggi memiliki keterampilan inkuiri yang lebih baik. Berdasarkan uraian di atas, maka model pembelajaran inkuiri dengan mengeksplisitkan hakikat sains diharapkan dapat dijadikan sebuah alternatif dalam meningkatkan pemahaman konsep, pemahaman hakikat sains, dan keterampilan proses sains siswa, sehingga penulis merasa perlu melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pembelajaran Inkuiri dengan Mengeksplisitkan Hakikat Sains (NOS) untuk Meningkatkan Pemahaman Hakikat Sains, Keterampilan Proses Sains, dan Penguasaan Konsep Siswa pada Materi Laju Reaksi”

PEMBAHASAN

Hakikat Sains (*Nature of Science, NOS*)

Sehubungan dengan pentingnya literasi sains dalam pendidikan sains, Holbrook & Rannikmae (2009) menyarankan perlunya memasukkan aspek hakikat sains (*nature of science, NOS*) dan relevansinya dengan sains yang sedang dipelajari. Hakikat sains merupakan epistemologi (metode atau cara memperoleh) sains, proses terjadinya sains, karakteristik sains, sains sebagai cara untuk mengetahui fenomena, dan nilai serta kepercayaan yang melekat pada sains dan yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi pengetahuan sains (Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1992). Scharman dkk. (2004) menambahkan hakikat sains merupakan dasar instruksional proses inkuiri yang menitikberatkan pada aktivitas sains yang dilakukan siswa. Seringkali hakikat sains disamakan dengan proses ilmiah. Proses ilmiah berhubungan dengan aktivitas untuk menafsirkan dan menginterpretasi data serta menarik kesimpulan, sedangkan hakikat sains mengarah ke filsafat yang mendasari aktivitas tersebut.

Menurut Khalick dkk. (2008), hakikat sains direpresentasikan dengan sepuluh karakter atau aspek, yang meliputi pengetahuan bersifat tentatif, pengetahuan berdasarkan bukti empiris, pengetahuan merupakan produk dari inferensi manusia, pengembangan pengetahuan memerlukan kreativitas manusia, pengetahuan tidak lepas dari teori atau pemahaman ilmuwan (*theory driven*), metode ilmiah bukan sebuah prosedur bertahap seperti resep, teori ilmiah berisi penjelasan dari fenomena alam, hukum ilmiah berisi generalisasi dari hubungan atau pola yang didasarkan pada observasi, pengetahuan memiliki dimensi sosial sains, dan penerapan sains dalam bidang sosial budaya. Apabila kesepuluh aspek hakikat sains ini dimunculkan saat proses pembelajaran, maka proses peningkatan literasi sains siswa akan lebih efektif karena dapat membantu siswa untuk memahami sains secara akurat dan mendalam.

Menurut Lederman (2007) ada tiga strategi pembelajaran yang dapat digunakan untuk menanamkan pemahaman aspek-aspek hakikat sains pada siswa, yaitu melalui pendekatan sejarah, pendekatan implisit, dan pendekatan eksplisit. Penggunaan pendekatan implisit dalam menanamkan pemahaman hakikat sains pada siswa didasarkan pada asumsi bahwa siswa akan secara otomatis memahami hakikat sains saat mereka melakukan kegiatan ilmiah atau inkuiri ilmiah (Schwartz, dkk., 2004). Namun, beberapa penelitian yang dilakukan pada siswa dan juga guru sains menunjukkan bahwa mereka yang melakukan kegiatan inkuiri tidak serta merta dapat memahami aspek-aspek hakikat sains (Schwartz, dkk., 2004). Hal ini disebabkan selama pembelajaran siswa kurang memahami tujuan mereka dalam melakukan aktivitas inkuiri yang berhubungan dengan aspek-aspek hakikat sains (Leach, dkk., 2003). Siswa perlu dibimbing dalam proses memahami hakikat sains seperti saat mereka dibimbing ketika melakukan kegiatan ilmiah (Bell, 2009).

Alternatif yang dapat digunakan untuk membelajarkan hakikat sains adalah pembelajaran hakikat sains secara eksplisit. Pembelajaran secara eksplisit adalah

pembelajaran yang mencantumkan aspek-aspek hakikat sains sebagai tujuan, aktivitas, dan penilaian pembelajaran (Callahan, 2009). Namun, hal ini bukan berarti bahwa aspek-aspek hakikat sains diajarkan secara didaktik. Penanaman pemahaman hakikat sains kepada siswa tidak dilakukan dengan cara guru hanya memberi tahu atau memberi informasi secara langsung kepada siswa tentang sifat-sifat ilmu pengetahuan. Dalam pembelajaran hakikat sains secara eksplisit aspek-aspek hakikat sains harus diilustrasikan kepada siswa dalam kegiatan belajar mengajar, khususnya yang berbasis inkuiri. Hal tersebut dapat memberikan siswa pengalaman belajar yang bermakna yang dapat membantu siswa memahami aspek-aspek hakikat sains lebih dalam daripada hanya sekedar menghafal (Bell, dkk., 2010).

Pembelajaran hakikat sains secara eksplisit harus dilakukan dengan memberikan kegiatan yang direfleksikan dengan materi atau konteks sains yang diajarkan (Schwartz, dkk., 2004). Selain itu, pemahaman hakikat sains juga harus dinilai dengan cara mengaktualisasikan penilaian tersebut terhadap materi atau konteks sains (Clough & Olson, 2008). Pembelajaran sains secara eksplisit telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan menghasilkan kesimpulan bahwa pemahaman siswa yang diajarkan hakikat sains secara eksplisit lebih tinggi dari pada siswa yang tidak diajarkan hakikat sains secara eksplisit (Lederman, 2007).

Pembelajaran Inkuiri

Menurut Sund & Trowbrdige (1973) inkuiri merupakan proses mendefinisikan dan menyelidiki masalah-masalah, merumuskan hipotesis, merancang eksperimen, menemukan data, dan menggambarkan kesimpulan dari masalah-masalah tersebut. Ditambahkan oleh Cheung (2011) bahwa pembelajaran kimia menggunakan inkuiri menuntut guru menciptakan situasi pembelajaran dimana siswa mendapatkan kesempatan untuk merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, merancang percobaan, memperoleh dan menganalisis data, membuat kesimpulan berdasarkan fakta-fakta, dan menyampaikan hasil penemuannya. Berdasarkan definisi di atas, maka inkuiri sebagai salah satu strategi pembelajaran, mengutamakan proses penemuan dalam kegiatan pembelajarannya untuk memperoleh pengetahuan. Dalam hal ini, peran guru adalah sebagai fasilitator, motivator, dan moderator bagi siswa dalam mengkonstruksi pengetahuannya (Novilia, 2016).

Salah satu tujuan pembelajaran inkuiri seperti yang diungkapkan oleh Effendy (1985) adalah untuk meningkatkan perkembangan intelektual atau kesiapan formal pelajar. Sebagai pendekatan atau model pembelajaran yang mampu merefleksikan hakikat sains (NOS), inkuiri juga tidak hanya diharapkan membelajarkan siswa mengenai produk sains (kimia) tetapi juga membelajarkan siswa dalam proses menemukan sains yang pada akhirnya menumbuhkan sikap ilmiah (Munawaroh, 2013). Berdasarkan uraian tersebut, pendekatan inkuiri

diharapkan dapat meningkatkan literasi sains siswa karena dapat membantu siswa menguasai komponen produk, proses, dan hakikat sains.

Pembeajaran Materi Laju Reaksi melalui Model Inkuiri dengan Mengeksplisitkan Hakikat Sains

Sebagai salah satu model yang dilandasi oleh paham konstruktivistik, pembelajaran inkuiri menuntut siswa untuk melakukan eksperimen yang dimulai dari menentukan masalah, merencanakan prosedur percobaan yang membutuhkan kreativitas mereka, menyeleksi alat dan bahan yang akan digunakan, memasukkan data pengamatan dalam tabel pengamatan, menganalisis data, dan mengambil kesimpulan dari data yang mereka dapatkan selama percobaan (Peters, 2009). Siswa juga akan dituntut untuk menentukan proses ilmiah apa saja yang harus dilakukan dan mengevaluasi pemikiran mereka sendiri sebagaimana yang dilakukan oleh ilmuwan dalam memproses dan memperoleh ilmu pengetahuan (Peters, 2012). Pembelajaran inkuiri yang menyertakan aspek-aspek hakikat sains akan lebih efektif karena pemahaman terhadap hakikat sains tidak hanya akan membantu siswa menguasai keterampilan inkuiri dan langkah-langkah metode ilmiah di atas, namun juga akan membantu siswa memahami mengapa mereka perlu melakukan langkah-langkah tersebut dalam rangka membangun sebuah pengetahuan atau konsep. Dengan kata lain siswa harus mampu mengaplikasikan pemahamannya terhadap hakikat sains untuk membangun konsep terhadap materi yang mereka pelajari (Peters, 2009). Selain itu, Bell (2009) menyatakan bahwa pemahaman terhadap komponen-komponen hakikat sains akan membantu siswa dalam berlatih keterampilan proses sains karena kesemua komponen-komponen hakikat sains terhubung dengan komponen-komponen pada keterampilan proses sains. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. hubungan antara hakikat sains dengan keterampilan proses sains

Keterampilan Proses Sains	Komponen Hakikat Sains yang Relevan
Mengamati (<i>Observing</i>)	- Pengetahuan sains berdasarkan bukti dan dapat berubah jika ada bukti baru yang kuat - Hukum ilmiah adalah berdasarkan generalisasi yang mencakup data observasi yang luas
Menafsirkan (<i>Inferring</i>)	- Pengetahuan sains mencakup observasi dan penafsiran (bukan hanya observasi saja) - Teori ilmiah didasarkan pada fenomena dan efek yang tidak dapat diamati secara langsung sehingga penjelasannya membutuhkan penafsiran
Mengklasifikasikan (<i>Classifying</i>)	- Seringkali tidak hanya ada satu jawaban benar dalam sains karena sains dipengaruhi oleh pengetahuan ilmuwa (<i>theory driven</i>)
Memprediksi atau Membuat Hipotesis (<i>Predicting or Hypothesizing</i>)	- Teori ilmiah menyediakan dasar pembuatan hipotesis
Menginvestigasi (<i>Investigating</i>)	- Ada banyak cara untuk melakukan proses sains. Tidak ada metode ilmiah tertentu yang digunakan oleh semua ilmuwan
Menyimpulkan (<i>Concluding</i>)	- Kesimpulan ilmiah dapat dipengaruhi oleh pengetahuan awal ilmuwan - Teori menyediakan kerangka interpretasi data

Sumber: (Bell, 2009)

Driver dkk. (1996) menyatakan bahwa pemahaman terhadap hakikat sains juga dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa. Beberapa penelitian membuktikan bahwa pemahaman hakikat sains mampu meningkatkan kemampuan belajar dan metakognitif siswa yang secara tidak langsung berkorelasi dengan kemampuan siswa dalam memahami konten sains (Michel & Neumann, 2017). Penelitian Sadler dkk. (2004) menunjukkan bahwa pemahaman siswa tentang hakikat sains mempengaruhi kemampuan siswa menganalisis, menginterpretasi, dan mengevaluasi bukti ilmiah yang mereka dapatkan dalam suatu percobaan, sehingga dapat berpengaruh terhadap kemampuan bernalar siswa. Hal ini diperkuat oleh penelitian Bell & Linn (2000) yang menunjukkan bahwa pemahaman terhadap hakikat sains mampu mengembangkan kemampuan bernalar dan kemampuan berargumentasi siswa. Hasil penelitian Lin & Chiu (2004) juga menunjukkan bahwa siswa dengan pemahaman hakikat sains yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan pemecahan masalah atau *problem solving* yang lebih baik.

Penelitian lain tentang efektifitas pemahaman hakikat sains terhadap kemampuan belajar siswa adalah penelitian Tsai (1998) dan Peters (2012) yang menunjukkan bahwa pemahaman hakikat sains dapat meningkatkan kemampuan metakognisi siswa. Lebih lanjut penelitian Peters menunjukkan adanya korelasi antara pemahaman hakikat sains dengan pemahaman konsep siswa, dimana siswa yang dibelajarkan melalui inkuiri dengan mengeksplisitkan hakikat sains memiliki pemahaman konsep lebih baik dibandingkan siswa yang tidak diberi pembelajaran dengan mengeksplisitkan hakikat sains dalam materi termodinamika. Sedangkan penelitian Michel & Neuman (2017) menunjukkan bahwa siswa dengan pemahaman hakikat sains yang lebih baik mendapatkan pemahaman konseptual lebih tinggi pada materi energi dan perubahannya. Penelitian Songer & Linn (1991) juga menunjukkan bahwa siswa yang memiliki pemahaman bahwa ilmu pengetahuan bersifat tentatif memiliki pemahaman terhadap materi termodinamika yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang tidak memahami aspek hakikat sains tersebut.

Salah satu materi kimia yang dapat diajarkan menggunakan model inkuiri terbimbing adalah laju reaksi. Materi ini cocok diajarkan menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing karena di dalamnya terdapat kegiatan praktikum tentang penentuan laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Selain itu, materi laju reaksi juga merupakan salah satu materi yang cocok dalam membelajarkan konsep hakikat sains kepada siswa secara eksplisit. Laju reaksi merupakan salah satu materi pembelajaran kimia SMA yang terdiri dari beberapa konsep, yaitu hakikat laju reaksi, faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, teori tumbukan dan hukum laju dan orde reaksi. Untuk memahami konsep-konsep tersebut, materi laju reaksi dapat direpresentasikan dalam tiga ranah yaitu makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. Uraian mengenai contoh implementasi pendekatan inkuiri dengan mengeksplisitkan hakikat sains dalam konstruksi konsep “pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi” dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sintaks Pembelajaran Inkuiri dengan Mengeksplisitkan Hakikat Sains pada Sub Materi Pengaruh Luas Permukaan terhadap Laju Reaksi

No.	Langkah pembelajaran	Kegiatan
1	Mendefinisikan Masalah dan Merumuskan Hipotesis	Guru memperlihatkan video tentang proses pembakaran sebuah balok kayu dan sebuah balok kayu yang telah dipotong kecil kecil. Siswa diminta untuk mengamati dengan cermat perbandingan dari dua proses pembakaran tersebut. Melalui pengamatan yang cermat, siswa dapat menemukan fakta bahwa balok kayu yang telah dipotong terbakar lebih cepat dari pada balok kayu yang utuh. Guru meminta siswa mendiskusikan balok kayu manakah yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar. Langkah berikutnya adalah membimbing siswa untuk merumuskan masalah dari eksperimen yang akan dilakukan oleh siswa yaitu tentang laju reaksi antara HCl dengan batu kapur yang memiliki luas permukaan berbeda. Perumusan hipotesis diawali dengan diskusi kembali mengenai proses pembakaran kayu yang telah diamati siswa. Diskusi kemudian dilanjutkan dengan meminta siswa menentukan batu kapur manakah yang memiliki luas permukaan yang lebih besar. Siswa juga diperbolehkan untuk mencari literatur dalam rangka membantu mereka merumuskan hipotesis. Diskusi ini menuju ke perumusan hipotesis yaitu "luas permukaan perekasi yang lebih besar akan menghasilkan laju reaksi yang lebih cepat"
2	Merencanakan Percobaan	Pada tahap ini siswa diminta untuk menyebutkan variabel-variabel yang terlibat dalam percobaan, yang terdiri dari variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat. Siswa juga diminta untuk menentukan komponen apa yang harus diperhatikan perubahannya untuk mengarahkan mereka dalam membuat rancangan eksperimen berdasarkan rumusan masalah dan alat bahan yang telah ditentukan. Guru mendorong kreativitas siswa dengan memberikan pertanyaan--pertanyaan tentang apa yang harus siswa lakukan jika ingin memperoleh kesimpulan dari rumusan masalah tersebut. Pada tahap ini guru dapat menyelipkan penjelasan tentang aspek hakikat sains yaitu pengetahuan membutuhkan kreativitas manusia. Guru dapat memberi gambaran bahwa ilmuwan memerlukan kreativitas dalam hal menciptakan ide atau solusi terhadap suatu permasalahan, hingga dalam hal merencanakan prosedur percobaan.
3	Melaksanakan Percobaan	Pada tahap ini siswa melakukan percobaan menggunakan prosedur yang telah dikembangkan sebelumnya
4	Mengobservasi Fenomena	Pada tahap ini siswa diminta mencatat data berdasarkan hasil pengamatan mereka selama eksperimen. Guru meminta siswa untuk menuliskan data yang mereka peroleh dalam bentuk tabel dan grafik. Pada tahap ini guru dapat menyelipkan penjelasan tentang aspek hakikat sains yaitu pengetahuan berasal dari bukti empiris. Guru menekankan pentingnya pengamatan yang tepat dan akurat dalam sebuah percobaan. Selain itu, guru juga menekankan pada siswa bahwa pengamatan yang dilakukan harus sesuai dengan tujuan eksperimen. Siswa diminta menyebutkan variabel-variabel apa saja yang harus diamati agar data yang diperoleh sesuai dengan tujuan eksperimen
5	Mengolah dan Menganalisis Data	Pada tahap analisis data, siswa diminta menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disiapkan dalam lembar kerja siswa, sehingga siswa dapat memperoleh kesimpulan yang tepat untuk mengkonstruksi konsepnya. Jawaban-jawaban siswa tersebut kemudian didiskusikan bersama untuk menghindari miskonsepsi selama pembelajaran berlangsung. Pada tahap analisis data, guru dapat menjelaskan pada siswa bahwa kegiatan analisis merupakan salah satu kegiatan inferensi yang merupakan salah satu aspek dari hakikat sains. Guru menjelaskan pentingnya inferensi dalam ilmu pengetahuan, agar hasil pengamatan tidak hanya menjadi sebuah data yang tidak bermakna. Dalam proses inferensi ini, dibutuhkan pula teori-teori atau pengetahuan-pengetahuan lain yang membantu menjelaskan data-data yang telah siswa dapatkan selama percobaan. Dalam hal ini guru dapat menjelaskan pentingnya suatu pengetahuan awal untuk menjelaskan pengetahuan baru. Hal tersebut sesuai dengan aspek hakikat sains yaitu pengetahuan tidak lepas dari teori atau pemahaman ilmuwan (<i>theory driven</i>).

SIMPULAN

Model pembelajaran inkuiri dengan mengeksplisitkan hakikat sains dapat dijadikan sebagai suatu alternatif pembelajaran yang dapat meningkatkan yang

dapat meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan proses sains dan pemahaman hakikat sains siswa. Model pembelajaran inkuiri dengan mengeksplisitkan hakikat sains dapat dijadikan sebagai suatu alternatif dalam upaya meningkatkan literasi sains siswa Indonesia

DAFTAR RUJUKAN

- Bell, P. & Linn, M. C. 2000. Scientific Arguments as Learning Artifacts: Designing for Learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8): 797–817
- Bell, R. L. 2009. Teaching the Nature of Science: Three Critical Question. *Best Practices in Science Education*. 9 (7): 1-6
- Bell, R. L., Maeng, J. L., & Peters, E. E. 2010. *Teaching about Scientific Inquiry and the Nature of Science*. Virginia: Virginia Mathematics and Science Coalition
- Brady, J. E. & Humiston, G. E. 1990. *General Chemistry: Principles and Structure*. New York: Wiley
- Callahan, B. E. 2009. *Enhancing Nature of Science Understanding, Reflective Judgment, and Argumentation Through Socioscientific Issues*. Disertasi tidak diterbitkan. Florida: University of South Florida
- Cheung, D. 2011. Teacher Beliefs' about Implementing Guided-Inquiry Laboratory Experiments for Secondary School Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 88(1): 1462-1468
- Clough, M.P. & Olson, J.K. 2008. Teaching and Assessing the Nature of Science: An Introduction. *Science & Education*, 17:143-145
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. 1996. *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press
- Effendy. 1985. *Pengaruh Pengajaran Ilmu Kimia dengan Cara Inkuiri Terbimbing dan dengan Cara Verifikasi terhadap Perkembangan Intelek dan Prestasi Belajar Mahasiswa IKIP Jurusan Pendidikan Kimia Tahun Pertama*. Tesis tidak diterbitkan. Jakarta: IKIP Jakarta
- Flick, B. L. & Lederman. N. G. 2006. *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implication for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Dordrecht: Springer
- Hernani & Mudzakir, A. 2014. *Inovasi Pembelajaran Kimia Melalui Konteks Material Pribumi*. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional 107 Kimia dan Pembelajarannya 2014: Inovasi Pembelajaran Kimia dan Perkembangan Riset Kimia, tanggal 6 September 2014 di Malang.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. 2009. The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3): 275-288

- Khalick, F. A. & BouJaoude, S. 1997. An Exploratory Study of the Knowledge Base for Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7): 673-699
- Khalick, F. A. & Lederman, N. G. 2000. Improving Science Teachers' Conception of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22: 665-701
- Khalick, F. A., Waters, M., & Le, A. P. 2008. Representation of Nature of Science in High School Chemistry Textbooks Over the Past Four Decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (7): 835-854
- Khishfe, R. & Lederman, N.G. 2007. Relationship between Instructional Context and Views of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 29 (8): 939-961
- Leach, J., Hind, A., & Ryder, J. 2003. Designing and Evaluating Short Teaching Strategy About the Epistemology of Science in High School Classroom. *Science Education*, 87(6): 831-848.
- Lederman, N. G. 2007. Nature of Science. Past, Present, and Future *Curriculum and Assessment in Science Chapter. Handbook of Research on Science Education*, halaman 831-880. New Jersey: Lawrence Erlbaum
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. 2013. Nature of Science and Scientific Inquiry as Context for the Learning of Science and Achievement of Scientific Literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 1 (3): 138-147
- Lin, H. S. & Chiu, H. L. 2004. Student Understanding of the Nature of Science and Their Problem-Solving Strategies. *International Journal of Science Education*, 26(1): 101-112
- Michel, H. & Neumann, I. 2017. Nature of Science and Science Content Learning: The Relation Between Students' Nature of Science Understanding and Their Learning About the Concept of Energy. *Science & Education*, 25: (951-975)
- Munawaroh, S. 2013. *Pengembangan Modul Gaya Antar Molekul Berdasarkan Pendekatan Inkuiri Terbimbing Untuk SMA Kelas XI*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang
- NGSS Lead States. 2013. *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington DC: The National Academy Press
- Novilia, L. 2016. *Pengembangan Modul Koloid dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas XI*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 2015. *Draft Science Framework*. Paris: OECD Publishing
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 2016. *PISA 2015 Result in Focus*. Paris: OECD Publishing

- Peters, E. E. 2009. Developing Content Knowledge in Students Through Explicit Teaching of the Nature of Science: Influences of Goal Setting and Self-Monitoring. *Science & Education*, 21: 881-898
- Peters, E. E. 2009. Developing Content Knowledge in Students Through Explicit Teaching of the Nature of Science: Influences of Goal Setting and Self-Monitoring. *Science & Education*, 21: 881-898
- Peters, E. E. 2012. Developing Content Knowledge in Students Through Explicit Teaching of the Nature of Science: Influences of Goal Setting and Self-Monitoring. *Science & Education*, 21(6): 881-898
- Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. 2004. Student Conceptualizations of the Nature of Science in Response to a Socioscientific Issue. *International Journal of Science Education*, 26(4): 387-409
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. 2004. Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(4): 610-645
- Songer, N. B. & Linn, M. C. 1991. How do Students' Views of Science Influence Knowledge Integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9): 761-784.
- Sund, R. B. & Trowbridge, L. 1973. *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Ohio: Charles E. Merrill Publishing
- Tsai, C. C. 1998. An Analysis of Scientific Epistemological Beliefs and Learning Orientations of Taiwanese Eighth Graders. *Science Education*, 82: 473-489

Findiyani E.A., dkk_Pembelajaran Kimia

Strategi Analogi dalam Pembelajaran Praktikum Sel Volta

Findiyani Ernawati Asih, Suhadi Ibnu, Suharti
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: asih.ernafind@gmail.com

Abstrak: Strategi analogi di dalam pembelajaran praktikum dapat dimanfaatkan untuk memperjelas fenomena makroskopis. Setengah sel oksidasi dan setengah sel reduksi pada rangkaian sel volta menghasilkan voltase, hanya dipahami sebagai perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Strategi analogi dapat mengeksplicitkan fenomena mikroskopis dan simbolik melalui penyajian konsep analog yang familiar dan memiliki kemiripan dengan konsep target. Konsep analog berupa aliran air terjun atau aliran dana antara bank dan nasabah peminjam dapat dipergunakan untuk menjelaskan konsep target aliran elektron. Penyajian deskripsi persamaan dan perbedaan antara kedua konsep (target dan analog) diperlukan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan pemahaman konsep. Strategi analogi diharapkan mempermudah peserta didik untuk mengkonstruksi dan mencapai pemahaman konsep.

Kata kunci: analogi, sel volta, pemahaman konsep

Abstract: The purpose of using analogy in laboratory practice was to explain macroscopic phenomenon. Reduction and oxidation half-cells in voltaic cell produce voltage which was just understood by students as a change from chemical energy to electrical energy. Analogy strategy could make microscopic and symbolic phenomenon easier for students to understand by presenting analog concepts which was more familiar for students and which had similarity with target concepts. The chosen analog concepts were waterfall flow or finance flow of a bank which can be used to explain electron flow as target concept. Explanation of similarity and difference of target and analog concept which were needed to minimize misconception. Analogy strategy could be expected help students construct the concept and reach conceptual understanding.

Keywords: analogy, voltaic cell, conceptual understanding

Kurikulum 2013 berbasis pendekatan saintifik menuntut kemandirian peserta didik dalam membangun pengetahuan. Pelaksanaan pembelajaran dengan pendekatan saintifik sebagai langkah mencapai tujuan pembelajaran IPA yaitu memahami konsep secara ilmiah (Wisudawati & Sulistyowati, 2014). Sel elektrokimia merupakan salah satu materi kimia yang penting untuk dipahami secara benar oleh peserta didik, karena menyangkut konsep dasar dan aplikatif. Sel elektrokimia (sel volta) sebagai konsep dasar untuk mempelajari konsep korosi dan pencegahannya (Puskurbuk, 2013). Sel volta merupakan konsep aplikatif mengenai

pemanfaatan sumber energi listrik (baterai *handphone* dan aki mobil) (Effendy, 2012), sehingga perlu dipahami secara benar.

Fakta di lapangan, pemahaman peserta didik terhadap materi sel volta dikategorikan rendah berdasarkan miskonsepsi yang teridentifikasi oleh penelitian terdahulu. Garnett dan Treagust (1992) mengidentifikasi miskonsepsi peserta didik yaitu elektron mengalir dari anoda melalui larutan elektrolit dan melewati jembatan garam menuju ke katoda. Interpretasi terhadap aliran elektron yang secara kasat mata tidak dapat dilihat, diduga sebagai penyebab peserta didik mengalami kesulitan belajar. Kesulitan belajar disebabkan oleh faktor eksternal dan faktor internal (persepsi/penafsiran peserta didik) (Mulyadi, 2010).

Faktor eksternal penyebab kesulitan belajar yaitu pembelajaran konvensional kurang melibatkan peserta didik untuk mengkonstruksi konsep. Kompetensi dasar sel volta yaitu menganalisis proses aliran elektron dan distribusi ion mengharuskan adanya kegiatan praktikum. Praktikum sel volta dapat memberikan pemahaman makroskopis berupa pengamatan nilai voltase, sebagai akibat adanya perubahan energi kimia menjadi listrik. Namun fakta di lapangan, praktikum sel volta bersifat verifikatif dan lebih menekankan aspek simbolik berupa persamaan reaksi redoks.

Sel volta perlu diajarkan dengan pembelajaran saintifik yang memfasilitasi adanya kegiatan praktikum bersifat konstruksi konsep. Pembelajaran inkuiri dapat diharapkan sebagai alternatif yang dapat mengarahkan siswa mengkonstruksi konsep berdasarkan pengamatan hasil praktikum. Hasil penelitian Suyono (2014) menyatakan bahwa inkuiri terbukti efektif mengarahkan peserta didik mengkonstruksi konsep, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik. Jenis inkuiri yang sesuai diterapkan pada peserta didik jenjang SMA di Indonesia adalah inkuiri terbimbing. Hasil penelitian Sulistina dkk. (2010) menyatakan bahwa pembelajaran inkuiri terbimbing lebih efektif dibandingkan inkuiri terbuka dengan rerata skor hasil belajar kognitif yang tinggi.

Faktor internal penyebab kesulitan belajar yaitu persepsi peserta didik terhadap materi. Sel volta merupakan salah satu submateri kimia yang memiliki karakteristik konsep yang abstrak (Ozmen, 2004; Nahum, dkk., 2004; Kaplan, dkk., 2015), sehingga diduga sering menimbulkan miskonsepsi. Johnstone (1993) menyatakan bahwa kurangnya pemahaman terhadap aspek mikroskopis, sebagai penyebab miskonsepsi. Peserta didik perlu memiliki kemampuan untuk menginterpretasikan fenomena aliran elektron, distribusi ion, dan spesi kimia yang mengalami reaksi redoks pada sel volta.

Berdasarkan teori perkembangan kognitif Piaget, peserta didik SMA sudah memasuki taraf berpikir formal dan memiliki kemampuan menginterpretasikan fenomena mikroskopis. Namun faktanya, mayoritas peserta didik masih mengalami kesulitan menjelaskan fenomena yang tidak tampak dilihat. Hasil penelitian Winarti (1998) menyatakan bahwa sebesar 27% mahasiswa tahun pertama belum mampu menyelesaikan soal yang menyangkut gambaran mikroskopis. Winarti (1998) menyatakan bahwa terdapat hubungan signifikan antara kemampuan berpikir

formal dengan pemahaman konsep peserta didik dengan koefisien korelasi 0,37. Kemampuan berpikir formal peserta didik yang tergolong rendah, cenderung membutuhkan *scaffolding* untuk memvisualisasikan aspek mikroskopis. Marais (2011) menyimpulkan bahwa pembelajaran perlu memanfaatkan strategi untuk memvisualisasikan konsep abstrak.

Ormrod (2009) menyatakan analogi sebagai bentuk *scaffolding* dapat membantu peserta didik memberikan gambaran terkait fenomena elektrokimia yang tidak tampak dilihat. Strategi analogi melalui penyajian fenomena familiar (konsep analog) yang memiliki kemiripan dengan fenomena konsep target. Hasil penelitian Abel & Halenz (1992) menyimpulkan bahwa pembelajaran melalui analogi sederhana dapat mengarahkan peserta didik memperoleh pemahaman konsep dengan baik. Contoh: peserta didik yang mengalami kesulitan menjelaskan penyebab adanya aliran elektron pada sel volta dapat terbantu dengan penyajian analog berupa aliran air terjun (Effendy, 2012) dan aliran dana di dalam masyarakat. Harrison dan Treagust (2006) menyatakan bahwa ketika analogi diterima oleh peserta didik, maka terjadi kegiatan menyocokkan analogi dengan lingkungan sosial sehingga bermakna. Hasil penelitian Muhajir (2008) menyimpulkan bahwa pembelajaran menggunakan analogi bergambar pada materi laju reaksi dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Pembelajaran dengan analogi diduga mampu memvisualisasikan aspek mikroskopis dari sel volta yaitu aliran elektron.

Tujuan dilakukan telaah mengenai strategi analogi yaitu sebagai alternatif *scaffolding* yang diharapkan mampu memvisualisasikan aspek mikroskopis dari sel volta. Peserta didik diharapkan akan lebih mudah belajar sel volta apabila diawali dengan pengamatan aspek makroskopis berupa nyala lampu sebagai indikator adanya aliran elektron yang dihasilkan oleh reaksi redoks antar kedua setengah sel. Peserta didik diarahkan menuliskan persamaan reaksi redoks sebagai aspek simbolik bahwa aliran elektron dihasilkan dari spesi yang teroksidasi dan diterima oleh spesi yang tereduksi. Ruang lingkup telaah mengenai konsep analog yang dikembangkan dapat dipergunakan sebagai salah satu alternatif memvisualisasikan aspek mikroskopis sel volta dan dapat memberikan kebermaknaan belajar, karena konsep analog berupa fenomena familiar.

Strategi Analogi dalam Pembelajaran Sel Volta

Kompetensi dasar sel volta yaitu memahami proses yang terjadi di dalam rangkaian setengah sel oksidasi dan setengah sel reduksi (Puskurbuk, 2013). Pembelajaran sel volta memerlukan kegiatan praktikum yang diduga lebih bermakna, apabila data hasil percobaan dimanfaatkan sebagai pendorong peserta didik untuk mengkonstruksi konsep. Hal ini dapat difasilitasi melalui pelaksanaan pembelajaran inkuiri terbimbing, karena dapat meningkatkan kinerja akademik peserta didik (Villagonzalo, 2014) dan pemerolehan pengetahuan secara kolaboratif (Sen, dkk., 2015).

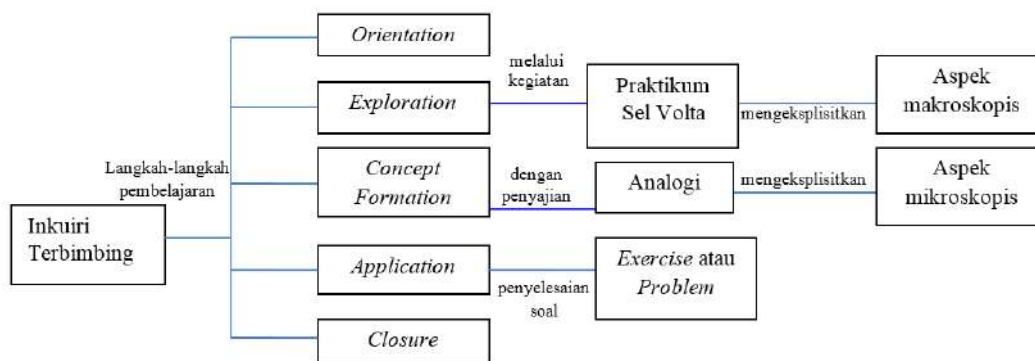
Langkah pembelajaran inkuiri terbimbing dapat mengeksplicitkan tiga aspek pemahaman kimia (makroskopis, mikroskopis, dan simbolik) dari sel volta. Hanson (2006) mendeskripsikan bahwa pembelajaran inkuiri terbimbing terdiri dari fase *orientation*, *exploration*, *concept formation*, *application*, dan *closure*. Pembelajaran inkuiri terbimbing lebih terstruktur melalui adanya langkah pembelajaran mengeksplisitkan pengetahuan awal melalui penyajian fenomena pada fase *orientation*. Peserta didik diarahkan untuk mengeksplorasi pengetahuan pada fase *exploration* melalui kegiatan praktikum/non praktikum dengan mengamati data. Peserta didik diarahkan untuk mengkonstruksi konsep pada fase *concept formation* berdasarkan pengamatan pada fase *exploration*. Fase *exploration* dan fase *concept formation* sebagai fase terpenting di dalam pembelajaran inkuiri, karena penentu konstruksi konsep peserta didik.

Pada fase *exploration*, peserta didik dapat mengamati data melalui kegiatan praktikum/non praktikum (Hanson, 2006), sebagai bentuk aspek makroskopis, contohnya praktikum sel volta dengan jembatan garam dan tanpa jembatan garam yang tampak terlihat perbedaan pergerakan jarum voltmeter (kekonstanan nilai voltase). Johnstone (1993) menyatakan bahwa proses berpikir akan lebih mudah melalui apa yang tampak untuk diindera (pengamatan). Pengamatan terhadap kedua percobaan tersebut dapat dipergunakan sebagai data untuk mengkonstruksi konsep bahwa terdapat aliran elektron pada kedua percobaan dan ada/ tidak adanya jembatan garam mempengaruhi pergerakan nilai voltase pada voltmeter (spesi kimia yang terkandung di dalam jembatan garam berperan di dalam proses sel volta/ keseimbangan distribusi ion).

Pada fase *concept formation*, peserta didik mulai memantapkan pemahaman konsep yang diperoleh (Hanson, 2006) dengan diberikan pertanyaan mengenai aspek mikroskopis dan simbolik. Johnstone (1993) menyatakan bahwa aspek mikroskopis menyebabkan peserta didik kesulitan menginterpretasi fenomena yang tidak tampak dilihat (aliran elektron dan distribusi ion), sehingga memerlukan *scaffolding* yang dapat memvisualisasikan konsep yang abstrak (Gabel, 2003). Analogi sebagai salah satu alternatif yang diharapkan dapat memvisualisasikan aliran elektron dan distribusi ion dalam sel volta. Ormrod (2009) menyatakan bahwa analogi dapat memvisualisasikan konsep abstrak. Salah satu contoh konsep analog berupa aliran air terjun mempermudah peserta didik membangun imajinasi bagaimana elektron mengalir di dalam sel volta. Air terjun mengalir secara spontan dari dataran tinggi menuju dataran rendah karena ada perbedaan energi potensial gravitasi antar kedua dataran. Konsep analog tersebut dapat bermanfaat memvisualisasikan bagaimana elektron mengalir dalam sel volta karena adanya perbedaan energi potensial antar kedua elektroda.

Pada fase *application*, peserta didik dapat melakukan transfer belajar (Hanson, 2006) melalui penyelesaian soal tipe *exercise* atau *problem* menyangkut fenomena sel volta. Kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil diskusi dan melakukan refleksi pembelajaran pada fase *closure*. Skema strategi

analogi dalam pembelajaran praktikum melalui implementasi inkuiri terbimbing dapat dilihat pada Gambar 1.

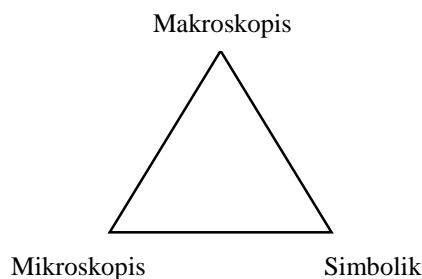


Gambar 1. Strategi Analogi dalam Pembelajaran Praktikum melalui Implementasi Inkuiri Terbimbing

Hasil penelitian Pratiwi (2015) menyatakan bahwa *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) yang termasuk pembelajaran inkuiri terbimbing, dapat menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih tinggi daripada pendekatan verifikasi. Hal tersebut sebagai bukti empiris bahwa pembelajaran *student centered* lebih menggiring siswa melaksanakan pembelajaran bermakna daripada *teacher centered*. Proses inkuiri memerlukan *scaffolding* untuk memvisualisasikan fenomena mikroskopis elektrokimia, agar tidak menimbulkan kesalahan pemahaman konsep. Hal ini senada dengan penelitian Asnawi (2015) menyatakan bahwa kesalahan pemahaman konsep elektrokimia teridentifikasi terutama menyangkut aspek mikroskopis, contoh: elektron dapat bergerak dalam larutan pada sel Galvani dengan bantuan ion-ion. Pemanfaatan strategi analogi pada fase *concept formation* diharapkan mempermudah peserta didik mengkonstruksi konsep mengenai aliran elektron dan distribusi ion berdasarkan pegamatan hasil percobaan sel volta.

Aspek Pemahaman Sel Volta

Kimia dipahami melalui deskripsi mengenai apa yang tidak tampak oleh kasat mata dan tidak dapat menimbulkan persepsi secara langsung, karena beberapa konsep berada pada level molekuler (Kozma & Russell, 1997). Menurut Johnstone (1993:703) tiga komponen dasar kimia dapat dihubungkan dalam bentuk *triangle* yang dimuat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tiga Komponen Dasar Kimia

Peserta didik mentransformasi fenomena kimia/informasi yang dapat diindera (makroskopis), kemudian menjelaskan proses tersebut dalam lingkup partikulat (atom, molekul) dan melakukan penerjemahan ke dalam simbol/persamaan kimia (Wu, dkk., 2000).

Proses berpikir tentang aliran elektron dalam sel volta misalnya akan lebih mudah apabila dimulai dari fenomena makro, yang meliputi fenomena yang dapat diamati/tampak/nyata secara kasat mata, yaitu jarum voltmeter dapat bergerak apabila dihubungkan dalam rangkaian tertutup sel volta dengan jembatan garam. Kemudian proses berpikir mengarah ke mikroskopis dan simbolik, yang membutuhkan pemahaman lebih mendalam. Fenomena mikroskopis melibatkan molekul, partikel, atom, yaitu aliran elektron dihasilkan akibat adanya perbedaan potensial antara kedua setengah sel. Fenomena mikroskopis sering menimbulkan kesalahan pemahaman, apabila peserta didik kesulitan memvisualisasikan fenomena partikulat (Johnstone, 1993), contohnya adanya pengaruh harga potensial reduksi standar terhadap kecenderungan arah aliran elektron dari satu elektroda menuju elektroda lain. Fenomena simbolik meliputi persamaan reaksi setengah sel oksidasi di anode dan setengah sel reduksi di katode.

Fakta di lapangan, menunjukkan bahwa peserta didik kesulitan menginterpretasikan fenomena mikroskopis dan simbolik dari sel volta. Garnett dan Treagust (1992) mengidentifikasi miskonsepsi yang dialami peserta didik, yaitu: kesalahan penentuan anoda dan katoda, kecenderungan aliran elektron, fungsi jembatan garam sebagai tempat mengalirnya elektron, dan muatan pada anoda dan katoda. Peserta didik membutuhkan kemampuan memahami aspek mikroskopis, agar tidak menimbulkan kesalahan pemahaman dalam menginterpretasikan fenomena makroskopis berdasarkan hasil percobaan (Chima & Onyebuchi, 2011). Johnstone menyatakan bahwa kesulitan pada salah satu level representasi, akan mempengaruhi pemahaman konseptual peserta didik pada level representasi lain (Sirhan, 2007). Hal ini sebagai dampak dari pembelajaran konvensional yang mengutamakan aspek makroskopis dan simbolik. Pergeseran pembelajaran ke arah konstruktivistik sangat diperlukan, dimana guru dapat memberikan *scaffolding* berupa strategi yang diduga dapat digunakan sebagai alternatif memvisualisasikan fenomena dari elektrokimia.

Strategi Analogi sebagai Alternatif *Scaffolding* di dalam Pembelajaran

Analogi merupakan pembelajaran yang mendeskripsikan kesamaan antara konsep target dengan konsep analog (Goh & Chia, 1985). Konsep analog dapat berupa fenomena sehari-hari yang memiliki kedekatan/ kemiripan dengan konsep target, sehingga diduga dapat memvisualisasikan konsep abstrak.

Orgill dan Bodner menyatakan bahwa pembelajaran analogi dapat membantu peserta didik memahami konsep yang abstrak (Pienta, dkk., 2005). Pembelajaran analogi dapat memberikan pemahaman yang mendalam (Goh & Chia, 1985). Contoh: peserta didik mengkonstruksi konsep aliran elektron yang berlangsung spontan pada reaksi redoks dengan harga potensial sel yang positif, dapat divisualisasikan melalui penyajian analog berupa aliran air terjun yang juga memiliki energi potensial gravitasi berharga positif. Analogi akan berjalan dengan baik apabila analog yang digunakan dapat dipahami/dikenal oleh peserta didik (Bodner, 2014). Glynn merumuskan langkah-langkah *Teaching with Analogi* (TWA) (Chima & Onyebuchi, 2011:2): (1) memperkenalkan konsep target (unfamiliar) yang akan dipelajari, (2) mengisyaratkan konsep analog (familiar) dari daya ingat peserta didik, (3) mengidentifikasi kemiripan/persamaan antara konsep target dengan konsep analog, (4) melakukan deskripsi kemiripan/persamaan antara konsep target dengan konsep analog, (5) membuat kesimpulan, dan (6) mengidentifikasi keterbatasan/perbedaan antara konsep target dengan konsep analog.

Langkah-langkah TWA tidak harus berurutan seperti di atas, tetapi langkah 5 dan 6 dapat dibalik. Pembelajaran analogi akan lebih baik apabila langkah 6 dilakukan lebih dahulu daripada langkah 5 dengan tujuan menghindari kesimpulan yang berpotensi miskonsepsi (Harrison & Treagust, 1993). Pembelajaran analogi perlu memunculkan pengetahuan awal peserta didik yang berkaitan dengan konsep target, untuk mempermudah pemahamannya (Brown & Clement, 1989). Glynn menyatakan bahwa pembelajaran analogi dapat mengembangkan perluasan pengetahuan berupa proses kognitif yang mengkonstruksi hubungan antara apa yang diketahui dengan hal yang baru (Sharma & Sharma, 2015:559). Pembelajaran analogi memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pembelajaran analogi ialah: (1) dapat memvisualisasikan konsep abstrak, sehingga peserta didik lebih mudah memahami konsep target melalui persamaan dan perbedaan dengan konsep analog (Goh & Chia, 1985), (2) memberikan pemahaman mendalam bagi peserta didik, karena terjadi proses pemaknaan secara personal (Harrison & Treagust, 2006a), (3) analogi dapat melatih pemecahan masalah, membuat eksplanasi, atau mengkonstruksi argument (Orgill & Bodner dalam Pienta, dkk., 2005), dan (4) dapat menimbulkan retensi ingatan terhadap konsep lebih lama dan masuk dalam memori jangka panjang (Supasorn & Promarak, 2014).

Kekurangan pembelajaran analogi yaitu: (1) dapat menimbulkan miskonsepsi bagi peserta didik apabila analog yang digunakan tidak memiliki kemiripan sedekat mungkin dengan konsep target (Harrison & Treagust, 2006a),

(2) penjelasan konsep target melalui konsep analog akan menimbulkan kebingungan kepada peserta didik yang memiliki latar belakang pengalaman yang berbeda, apabila analogi yang digunakan kurang dapat dipahami oleh seluruh kalangan peserta didik (Chima & Onyebuchi, 2011). Pemahaman yang kurang tersebut, disebabkan oleh analogi (pemanfaatan representasi aktifitas kehidupan sehari-hari) belum *familiar* di dalam benak peserta didik, dan (3) analogi membutuhkan waktu lebih banyak untuk memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami visualisasi analog terhadap konsep target (Harrison & Treagust, 1993).

Konsep Analog dan Konsep Target Sel Volta

Penyajian konsep analog dengan konsep target melalui deskripsi persamaan dan perbedaan antara keduanya. Konsep analog yang dimanfaatkan untuk memvisualisasikan konsep target, memiliki karakteristik yaitu kedua konsep tersebut memiliki kemiripan yang dekat dan fenomena analog familiar bagi peserta didik. Konsep analog yang disajikan pada fase *concept formation* untuk mempermudah peserta didik mengkonstruksi konsep dan memaknai pengamatan data percobaan pada fase *exploration*.

Submateri sel volta memiliki kompetensi dasar 3.4 menganalisis proses yang terjadi dan melakukan perhitungan zat atau listrik yang terlibat pada suatu sel volta serta penerapannya dalam kehidupan. Ketercapaian kompetensi dasar yaitu menganalisis proses yang terjadi di dalam sel volta (aliran elektron dan distribusi ion), maka diperlukan praktikum sel volta dengan jembatan garam dan tanpa jembatan garam. Konsep analog yang dikembangkan untuk memvisualisasikan aspek mikroskopis berdasarkan pengamatan praktikum sel volta sebagai aspek makroskopis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Rangkaian Sel Volta dengan dan tanpa Jembatan Garam

Aspek	Sel Volta	
	dengan Jembatan Garam	tanpa Jembatan Garam
Elektroda yang terhubung dengan kutub negatif voltmeter (anode)	Zn	
Elektroda yang terhubung dengan kutub positif voltmeter (katode)	Cu	
Voltase yang terbaca	1,00V	Tidak ada voltase
Kondisi pergerakan jarum voltmeter selama 5 menit	Pergerakan jarum konstan	Jarum tidak bergerak
Kondisi akhir warna larutan CuSO ₄	Biru muda	Biru

Berdasarkan pengamatan tersebut, akan timbul ide dalam diri siswa bahwa aliran elektron di dalam sel volta sangat dipengaruhi oleh keberadaan jembatan garam. Reaksi redoks tidak akan berjalan secara terus menerus apabila terdapat

kelebihan muatan positif pada larutan di sekitar anode dan kelebihan muatan negatif pada larutan di sekitar katode. Peserta didik akan mengeksplorasi pengetahuannya bahwa keseimbangan distribusi ion antara kedua setengah sel perlu dijaga. Penyajian konsep analog dan konsep target yang dapat membantu peserta didik memahami aliran elektron dan distribusi ion (fungsi ada tidaknya jembatan garam) dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Deskripsi Konsep Analog dan Konsep Target (Aliran Elektron pada Sel Volta)

Konsep Target	Konsep Analog 1	Konsep Analog 2
Aliran elektron pada sel volta	Aliran air terjun Air terjun mengalir dari atas tebing menuju ke bawah tebing, karena adanya perbedaan energi potensial gravitasi antara kedua dataran	Aliran dana di dalam masyarakat mengalir dari pihak bank yang memiliki banyak uang menuju ke nasabah peminjam yang kekurangan uang untuk keperluan usaha
Persamaan		
Aliran terjadi akibat perbedaan potensial antar kedua titik Aliran berlangsung dengan sendirinya (secara alamiah)		
Perbedaan		
Elektron mengalir dari potensial lebih tinggi	air terjun mengalir dari atas tebing dengan potensial gravitasi menuju ke bawah tebing dengan potensial gravitasi yang rendah	Aliran dana mengalir dari pihak bank dengan potensi keuangan tinggi menuju ke nasabah peminjam dengan potensi keuangan yang rendah
Kesimpulan		
Mengapa terjadi aliran elektron pada reaksi redoks di dalam rangkaian sel volta?		

Tabel 3. Deskripsi Konsep Analog dan Konsep Target (Distribusi Ion pada Sel Volta/ Pengaruh Keberadaan Jembatan Garam)

Konsep Target	Konsep Analog
Fungsi jembatan garam	Fungsi penambahan pupuk ZA ($ZnSO_4$ /garam bersifat asam) ke tanah berpH basa dan penambahan kapur ($CaCO_3$ /garam bersifat basa) ke tanah berpH asam
Persamaan	
Kelebihan muatan negatif harus diimbangi dengan penambahan muatan positif dan juga sebaliknya Kelebihan sifat asam pada tanah harus dinetralkan dengan penambahan kapur dan juga sebaliknya	
Perbedaan	
Kation dan anion jembatan garam ($KNO_3(aq)$) dapat terdistribusi secara alamiah ke larutan elektrolit yang kelebihan muatan positif atau negatif	Penambahan pupuk ZA atau kapur ke dalam tanah bergantung pada pH tanah, yang dilakukan secara sengaja untuk menjamin pertumbuhan tanaman
Kesimpulan	
Jelaskan fungsi dari jembatan garam pada rangkaian sel volta!	

SIMPULAN

Strategi analogi di dalam pembelajaran praktikum sel volta diharapkan bermanfaat memudahkan peserta didik menginterpretasi fenomena mikroskopis (aliran elektron dan distribusi ion) berdasarkan pengamatan nyala lampu/ nilai voltase sebagai aspek makroskopis. Praktikum akan lebih bermakna apabila

mengarahkan peserta didik untuk melakukan pengamatan (aspek makroskopis) dan menuliskan persamaan reaksi redoks (aspek simbolik), yang digunakan untuk mengkonstruksi konsep proses aliran elektron dan distribusi ion yang terjadi pada sel volta. Aliran elektron dan distribusi ion termasuk fenomena yang tidak tampak dilihat, sehingga diduga menyebabkan peserta didik tidak mudah melakukan interpretasi mengenai fenomena tersebut. Proses konstruksi konsep akan lebih mudah, apabila peserta didik diberi *scaffolding* berupa strategi analogi yang diduga dapat memvisualisasikan fenomena aliran elektron melalui penyajian analogi berupa aliran air terjun dan aliran dana di dalam masyarakat. Penyajian analogi berupa penambahan pupuk ZA atau kapur pada tanah pertanian yang ber-pH basa atau asam diharapkan dapat mempermudah mengkonstruksi konsep fungsi jembatan garam dalam menjaga keseimbangan distribusi ion antar kedua setengah sel.

DAFTAR RUJUKAN

- Abel, K.B & Halenz, D.R. 1992. Enzyme Activity: A Simple Analogi. *Journal of Chemical Education*, 69(1): 9.
- Asnawi, R. 2015. *Miskonsepsi pada Materi Elektrokimi Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Ilmiah Siswa*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Bodner, G. M. 1986. Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, (63): 873-878.
- Brown, D. & Clement, J. 1989. Overcoming Misconceptions Via Analogical Reason-Ning (Factors Influencing Understanding in A Reaching Experiment). *Instructional Science*, 18:237-261.
- Chima, I., B. & Onyebuchi, O.E. 2011. Using Culturally-Based Analogical Concepts in Teaching Secondary School Science: Model of a Lesson Plan. *International Journal of Science and Technology Education Research*, 2(1): 1 – 5.
- Effendy. 2012. *A Level Chemistry for Senioe High School Students Volume 3*. Malang: Indonesian Academic Publishing.
- Gabel, D. 2003. Enhancing the Conceptual Understanding of Science. *Winter Educational Horizons*.
- Garnett, P. J. & Treagust, D. F. 1992. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10): 1079-1099.
- Goh & Chia. 1985. The Use of Analogies in Teaching and Learning Chemistry. *Teaching and Learning*, 6(1): 39-43.
- Hanson, D. M. 2006. *Foundations of Chemistry: Applying POGIL Principles*. Lisle IL: Pacific Crest.

- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. 1993. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10): 1291-1307.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. 2006. Teaching And Learning With Analogies: Friend or Foe?. *Metaphor and Analogi in Science Education*, 11-24.
- Johnstone, A. H. 1993. The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9): 701-705.
- Kaplan, A., Oztruck, M., & Ocal, M.F. 2015. Relieving of Misconceptions of Derivative Concept with Derive. *International Journal of Research in Education and Science*, 1(1): 64-74.
- Kozma, R.B. & Russel, J. 1997. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9): 949-968.
- Marais, A.F. 2011. Overcoming Conceptual Difficulties in First-year Chemistry Students by Applying Concrete Teaching Tools. *S. Afr. J. Chem.*, 64: 151-157.
- Muhajir. 2008. *Pengaruh Penggunaan Analogi Bergambar Melalui Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas XI IPA SMA Laboratorium Universitas Negeri Malang pada Materi Pokok Laju Reaksi*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Mulyadi. 2010. *Diagnosis Kesulitan Belajar & Bimbingan terhadap Kesulitan Belajar Khusus*. Yogyakarta: Nuha Litera.
- Nahum, T. L., Hofstein, A., Mamlok, R., & Bardov, Z. 2004. Can Final Examinations Amplify Students' Misconceptions in Chemistry?. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3): 301-325.
- Ormrod, J. 2009. *Psikologi Pendidikan Membantu Siswa Tumbuh dan Berkembang*. Jakarta: Erlangga.
- Ozmen, H. 2004. Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2).
- Petrucci, Hardwood, Herring, & Madura. 2011. *Kimia Dasar: Prinsip-Prinsip Dan Aplikasi Modern Edisi ke Sembilan Jilid 3*. Terjemahan oleh Suminar Setiati Achmadi. Jakarta: Erlangga.
- Pienta, N., Cooper, M., & Greenbowe, T. 2005. *Chemists' Guide to Effective Teaching: The Role of Analogies in Chemistry Teaching (chapter 8 pp. 90-105.)*. Prentice-Hall: Upper Saddle River, SNY.
- Pratiwi, G.S. 2015. *Pengaruh Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) VS Pendekatan Verifikasi dan Keterampilan Penalaran Ilmiah terhadap Pemahaman Konseptual, Algoritmik, dan Grafik dalam Materi*

- Kesetimbangan Kimia pada Siswa SMA Kelas XI IPA*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Pusat Kurikulum dan Buku. 2013. *Kurikulum 2013*. Jakarta: Depdikbud.
- Puskurbuk. 2013. *Pendekatan Pembelajaran Tematik Terpadu di Sekolah Dasar*. Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang: Kemendikbud.
- Sanger, M.J. 1996. *Identifying, Attributing, And Dispelling Student Misconceptions in Electrochemistry*. Disertasi diterbitkan secara online. Iowa State University.
- Sen, Yilmaz, & Geban. 2015. The Effects of Process Oriented Guided Inquiry Learning Environment On Students' Self-Regulated Learning Skills. *Problems of Education in the 21st Century*, 66.
- Sharma, R.M. & Sharma, A. 2015. Observations from Secondary School Classrooms in Trinidad and Tobago: Science Teachers' Use of Analogies. *Science Education International*, 25(4): 557-572.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2).
- Sulistina, O., Dasna, I.W., & Iskandar, S.M. 2010. Penggunaan Metode Pembelajaran Inkuiri Terbuka dan Inkuiri Terbimbing dalam Meningkatkan Hasil Belajar Kimia Siswa Kelas X SMA Laboratorium Malang. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 17(1): 82-88.
- Sunyono, Yuanita, L., & Ibrahim, M. 2015. Supporting Students in Learning with Multiple Representation to Improve Student Mental Models on Atomic Structure Concepts. *Science Education International*, 26(2): 104-125.
- Supasorn, S. & Promarak, V. 2014. Implementation of 5E Inquiry Incorporated with Analogy Learning Approach to Enhance Conceptual Understanding of Chemical Reaction Rate for Grade 11 Students. Paper on *Chemistry Education Research and Practice*.
- Suyono. 2014. *Misconception Prevention of Senior High School Students on Chemistry Concepts Using Several Inquiry-Based Learning Models*. Makalah disajikan dalam Proceeding of International Conference On Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences 2014, Yogyakarta State University, 18-20 Mei 2014.
- Villagonzalo, E.C. 2014. *Process Oriented Guided Inquiry Learning: An Effective Approach in Enhancing Students' Academic Performance*. Makalah disajikan dalam DLSU Research Congress 2014 De La Salle University, Manila, Philippines.
- Winarti, A. 1998. *Analisis Pemahaman Konsep Asam Basa melalui Penggambaran Mikroskopis dan Hubungannya dengan Kemampuan Berpikir Formal Mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNLAM Banjarmasin*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Malang.

- Wisudawati, A. W. & Sulistyowati, E. 2014. *Metodologi Pembelajaran IPA*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Wu, H., Krajcik, J.S., & Soloway, E. 2000. *Promoting Conceptual Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom*. Paper Presented at The Annual Meeting of the National Association Of Research In Science Teaching, New Orleans LA, April 28-Mei 1.

Isnaini Yunitasari, dkk_Pembelajaran Kimia

Efektivitas Model Pembelajaran *Learning Cycle* 6 Fase untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI SMAN 1 Pandaan pada Materi Hidrolisis Garam dan Larutan Penyangga

Isnaini Yunitasari, Endang Budiasih, Dermawan Affandy
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: endang.budiasih.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle* 6 Fase dengan metode pembelajaran konvensional pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga, serta untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran *Learning Cycle* 6 Fase untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimental semu dengan pretes dan pascates. Sampel ditentukan dengan cara *cluster random sampling*. Sampel yang digunakan adalah siswa kelas XI IPA 7 (kelas eksperimen atau kelas yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle* 6 Fase) dan kelas XI IPA 3 (kelas kontrol atau kelas yang dibelajarkan dengan metode konvensional) di SMAN 1 Pandaan tahun ajaran 2016/2017. Data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah data pretes dan pascates siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan menggunakan uji kovarian satu jalur (*a one-way between-group ANCOVA*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol yang ditunjukkan dari hasil uji kesamaan dua rata-rata data pretes kedua kelas adalah sama ($\text{sig. } 0,738 > 0,050$), sedangkan rata-rata nilai pascates siswa pada kelas eksperimen (89,91) lebih tinggi dari kelas kontrol (83,04) dan rata-rata *gain score* kelas eksperimen (55,56) lebih tinggi dari kelas kontrol (49,53). Model pembelajaran *Learning Cycle* 6 Fase efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga yang ditunjukkan dari rata-rata nilai pascates kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol, nilai rata-rata *gain score* kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol, dan jumlah siswa yang nilai pascatesnya lebih dari KKM pada kelas eksperimen (27 dari 30 siswa) lebih banyak dibandingkan kelas kontrol (23 dari 32 siswa).

Kata Kunci: Model pembelajaran *Learning Cycle* 6 Fase, kemampuan berpikir tingkat tinggi, hidrolisis garam dan larutan penyangga

Abstract: The aims of this research were to figure out whether was a different high order thinking skills of student which was taught by using *Learning Cycle* 6 Phase model with conventional method on hydrolysis salt and buffer solution, and to figure out effectiveness of *Learning Cycle* 6 Phase model to increased high order thinking skills on hydrolysis of salt and buffer solution. This research used quasy

experimental research design with pretest and posttest. Samples were determined with cluster random sampling. Samples that used were XI IPA 7 class (experimental class or class which was taught by Learning Cycle 6 Phase model) and XI IPA 3 class (control class or class which was taught by conventional method) in SMAN 1 Pandaan of school year 2016/2017. The data that analyzed in this research were pretest and posttest data of student in experimental class and control class with using one-way between-group ANCOVA tests. The results showed that high order thinking skills of experiment class was higher than control class as indicated by the result of equality test of two average pretest data of both classes is the same ($\text{sig } 0,738 > 0,050$), while the average of posttest student in experiment class (89,91) was higher than the control class (83,04) and the average of the experimental class (55,56) was higher than the control class (49,53). Learning Cycle 6 Phase model effective for increased high order thinking skills students on hydrolysis of salt and buffer solution as indicated by average grade of experimental class was higher than control class, average score gain of experiment class higher than control class, and the number of students whose grades exceeded KKM in the experimental class (27 out of 30 students) was higher than the control class (23 out of 32 students).

Keywords: Learning Cycle 6 Phase model, high order thinking skills, hydrolysis of salt and buffer solution

Ilmu kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang struktur, susunan, sifat, dan perubahan materi serta energi yang menyertainya. Menurut Silabus Kimia SMA (2016), pembelajaran kimia saat ini tidak hanya untuk pengalihan pengetahuan dan keterampilan saja kepada siswa, namun juga untuk membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi (analisis, sintesis, kritis, kreatif, dan inovatif) melalui pengalaman kerja ilmiah. Menurut Rofiah dkk. (2013: 18), kemampuan berpikir tingkat tinggi merupakan kemampuan menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasi pengetahuan serta pengalaman yang sudah dimiliki untuk berpikir secara kritis dan kreatif dalam upaya menentukan keputusan dan memecahkan masalah pada situasi baru. Krathwohl (2002) menjelaskan bahwa, menurut Taksonomi Bloom Revisi, kemampuan berpikir tingkat tinggi terdiri dari tingkatan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan membuat/menciptakan (C6). Tingkatan menganalisis (C4) yaitu menguraikan suatu permasalahan atau obyek ke unsur-unsurnya dan menentukan bagaimana saling keterkaitan antar unsur-unsur tersebut, tingkat mengevaluasi (C5) yaitu membuat suatu pertimbangan berdasarkan kriteria dan standar yang ada, dan tingkatan membuat/menciptakan (C6) yaitu menggabungkan beberapa unsur menjadi suatu bentuk kesatuan (Widodo, 2005: 6-7).

Menurut OECD (2014:19), hasil tes PISA (*Programme for International Student Assessment*) Tahun 2012, menunjukkan bahwa nilai rata-rata kemampuan sains siswa usia siswa SMA di Indonesia hanyalah 382, jauh lebih rendah dari rata-rata nilai kemampuan sains internasional yaitu 501. Berdasarkan fakta tersebut, dapat ditunjukkan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa Indonesia masih tergolong rendah, termasuk kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam materi kimia,

karena kimia merupakan cabang dari ilmu sains. Menurut Rofiah dkk. (2013:18), kemampuan berpikir tingkat tinggi, baik itu berupa kemampuan berpikir kritis, kreatif, serta kemampuan pemecahan masalah tidak dapat dimiliki secara langsung oleh seseorang, melainkan harus melalui latihan. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu guru kimia SMAN 1 Pandaan dapat disimpulkan bahwa soal ulangan harian kimia khususnya materi hidrolisis garam dan larutan penyangga yang dibuat oleh guru kimia tersebut, banyak soal C2 dan C3, untuk soal C4-C6 sangat sedikit. Hal ini dikarenakan soal C4-C6 merupakan soal yang sulit dikerjakan oleh siswa SMA. Hasil wawancara tersebut menunjukkan bahwa siswa kurang terlatih dalam mengerjakan soal-soal kemampuan berpikir tingkat tinggi, yaitu C4-C6, khususnya pada materi hidrolisis garam dan materi larutan penyangga.

Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi yaitu membelajarkan siswa dengan model pembelajaran yang menganut paradigma konstruktivistik, salah satunya yaitu model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase*. *Learning Cycle 6 Fase* merupakan rangkaian tahapan-tahapan kegiatan yang diorganisasi sedemikian rupa sehingga siswa dapat menguasai kompetensi-kompetensi yang telah ditentukan dalam pembelajaran dengan jalan peran aktif (Ardiani, 2016: 576). Menurut Iskandar (2015:49), model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* terdiri atas enam fase dalam proses pembelajaran, yaitu 1) Fase Identifikasi tujuan pembelajaran, 2) Fase Undangan (*Engagement*), 3) Fase Eksplorasi (*Exploration*), 4) Fase Penjelasan (*Explanation*), 5) Fase Penerapan (*Elaboration*), dan 6) Fase Evaluasi (*Evaluation*).

Pada fase eksplorasi (*exploration*), siswa diberi kesempatan untuk bekerja baik secara mandiri maupun secara kelompok tanpa instruksi atau pengarahan langsung dari guru (Lorsbach, tanpa tahun). Siswa diberi kebebasan untuk melakukan praktikum, melakukan pengamatan, mengumpulkan data, membaca data atau artikel, menyimpulkan data atau artikel, sehingga tercipta ketidakseimbangan kognitif pada siswa yang ditandai dengan munculnya pertanyaan mengapa dan bagaimana, serta memunculkan pengetahuan baru pada diri siswa.

Pada fase penjelasan, guru harus mendorong siswa untuk menjelaskan konsep dengan kalimat mereka sendiri, meminta bukti dan klarifikasi dari penjelasan mereka, dan mengarahkan kegiatan diskusi (Widhy, 2012: 4). Siswa menganalisis dan menghubungkan pengetahuan baru yang mereka peroleh dengan pengetahuan yang sudah mereka miliki sebelumnya hingga dapat mengkonstruksi suatu pengetahuan. Pada waktu menganalisis dan membangun pengetahuan, siswa dapat berdiskusi dengan kelompoknya dan membaca literatur yang ada. Setelah itu, siswa menjelaskan pengetahuan yang telah mereka bangun tersebut ke teman-temannya dengan cara presentasi dan diskusi kelas. Proses diskusi kelas dapat menumbuhkan beberapa pertanyaan atau kritikan dari sesama siswa ataupun guru, sehingga siswa dapat menilai, menyempurnakan, dan menyamakan pengetahuan yang telah mereka bangun.

Pada tahap penerapan, siswa menerapkan konsep yang telah dibangun untuk memecahkan masalah baru, namun masih dalam pokok bahasan yang sama. Pada fase *elaboration*, siswa diberikan kesempatan untuk menerapkan konsep-konsep dan keterampilan yang dimiliki pada situasi yang baru tetapi masih dalam pokok bahasan yang sama (Lorsbach, tanpa tahun). Kegiatan-kegiatan tersebut memungkinkan siswa untuk melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Materi hidrolisis garam dan larutan penyangga merupakan materi konseptual serta melibatkan perhitungan dan praktikum. Kedua materi ini masih sulit dipahami oleh siswa. Hal ini dibuktikan dengan pernyataan yang diajukan oleh Ardiani (2016: 575) bahwa banyak materi-materi kimia yang masih dianggap sulit oleh siswa, misalnya materi larutan penyangga yang dikarenakan kurangnya pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dasar dalam kimia. Menurut Arifin dalam Ardiani (2016: 575), kesulitan siswa dalam mempelajari kimia bersumber dari kesulitan siswa membaca dan memahami istilah-istilah kimia, kesulitan dalam bekerja dengan angka, kesulitan dengan memahami konsep, dan keterampilan menggunakan alat. Menurut Iskandar (2015:48) bahwa model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* dapat diterapkan dalam materi kimia yang bersifat teoritik dan melibatkan praktikum. Oleh karena itu, model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* dapat diterapkan dalam materi hidrolisis garam dan larutan penyangga.

Materi Hidrolisis garam terdiri dari beberapa sub-materi, antara lain sifat larutan garam, konsep hidrolisis, dan perhitungan pH larutan garam dengan menggunakan hubungan K_w , K_h , K_a , dan K_b . Materi praktikum dapat diperoleh pada sub-materi sifat larutan garam dan dilakukan saat tahap eksplorasi pada model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase*, sedangkan materi teoritik atau konseptual dapat diperoleh pada sub-materi konsep hidrolisis garam dan perhitungan pH larutan garam, sedangkan untuk materi larutan penyangga terdiri dari beberapa sub materi, antara lain perbedaan larutan penyangga dan bukan penyangga, sifat larutan penyangga, jenis dan komponen larutan penyangga, pembuatan larutan penyangga, prinsip kerja larutan penyangga, perhitungan pH larutan penyangga, serta peranan larutan penyangga dalam tubuh makhluk hidup dan industri. Materi praktikum diperoleh pada sub-materi pembuatan larutan penyangga dan bukan penyangga, jenis dan komponen larutan penyangga, serta membedakan sifat larutan penyangga dan bukan penyangga, sedangkan materi teoritik atau konseptual diperoleh pada sub-materi prinsip kerja larutan penyangga, perhitungan pH larutan penyangga, dan peranan larutan penyangga dalam tubuh makhluk hidup dan industri.

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Namun, instrumen soal yang digunakan belum fokus pada soal-soal kemampuan berpikir tingkat tinggi, yaitu soal dengan kategori C4 hingga C6 menurut Taksonomi Bloom Revisi. Instrumen soal yang umumnya digunakan lebih banyak soal C1 hingga C3. Dengan demikian, dilakukan penelitian yang mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi

siswa dengan menggunakan soal-soal C4 hingga C6 pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga.

METODE

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan penelitian kuantitatif eksperimental semu dengan pretes dan pascates dalam dua kelompok (*quasy experimental pretest-pascatest*). Soal-soal yang diberikan baik dalam pretes dan pascates ialah sama pada dua kelompok tersebut. Pada penelitian ini digunakan dua kelas, satu kelas sebagai kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase*, sedangkan kelas lainnya sebagai kelas kontrol yang dibelajarkan dengan metode pembelajaran konvensional. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Penelitian Eksperimental Semu Pretes-Pascates

Subjek	Pretes	Perlakuan	Pascates
Kelas Eksperimen	O ₁	X	O ₃
Kelas Kontrol	O ₂	-	O ₄

Sumber: Ibnu, Suhadi., dkk. (2003: 49)

Keterangan:

X: Pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase*

- : Pembelajaran dengan menggunakan metode pembelajaran konvensional

O₁: Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sebelum dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase*

O₂: Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sebelum dibelajarkan dengan metode pembelajaran konvensional

O₃: Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa setelah dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase*

O₄: Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa setelah dibelajarkan dengan metode pembelajaran konvensional

Populasi penelitian ini adalah semua siswa kelas XI IPA SMA Negeri 1 Pandaan tahun ajaran 2016/2017 yang terdiri dari delapan kelas. Pengambilan sampel dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan teknik *cluster random sampling*. Sampel yang terpilih adalah kelas XI IPA 7 dengan jumlah 30 siswa, sebagai kelas eksperimen, dan XI IPA 3 dengan jumlah 32 siswa sebagai kelas kontrol.

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi instrumen perlakuan, yaitu silabus, RPP, dan LKS, serta instrumen pengukuran, yaitu instrumen tes. Instrumen tes yang digunakan terdiri dari soal-soal materi hidrolisis garam dan larutan penyangga dengan kategori C4, C5, dan C6. Sebelum digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa, instrumen tes harus dilakukan validitas isi dan validitas empiris (validitas butir soal, reliabilitas, butir soal, tingkat kesukaran butir soal, dan daya beda butir soal).

Analisis data dalam penelitian ini adalah analisis statistik. Analisis statistik digunakan untuk menganalisis data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum pembelajaran (pretes) dan setelah pembelajaran (pascates). Sebelum dilakukan uji hipotesis, data pretes dan data pascates dilakukan uji prasyarat, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Setelah itu, data pretes kedua kelas diuji kesamaan dua rata-rata untuk mengetahui apakah kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sebelum pembelajaran sama atau tidak. Jika data pretes kedua kelas normal dan homogen, maka uji kesamaan dua rata-rata yang digunakan adalah uji *Independent Sample T-test*, jika tidak normal dan/atau tidak homogen, maka digunakan uji *Mann-Whitney*. Kedua uji tersebut dilakukan dengan bantuan program SPSS 16,0 *for windows* dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan kriteria jika signifikansi $> 0,05$ maka data pretes kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak berbeda, jika signifikansi $< 0,05$ maka data pretes kelas eksperimen dan kelas kontrol berbeda. Selanjutnya, dilakukan uji hipotesis. Jika data pretes dan data pascates kedua kelas homogen dan normal, maka dilakukan uji kovarian satu jalur (*a one-way between-group ANCOVA*). Selain normal dan homogen, pada penggunaan uji ANCOVA, data pretes dan pascates harus linier. Linieritas dapat dilihat pada tabel hasil uji ANCOVA. Jika signifikansi variabel pretes $> 0,05$, maka nilai pretes dan pascates kelas eksperimen dan kelas kontrol linier. Perhitungan uji ANCOVA dilakukan dengan bantuan program SPSS 16,0 *for windows*. Interpretasi hasil uji ANCOVA terhadap nilai pretes dan pascates siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah jika signifikansi $> 0,050$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti bahwa tidak ada perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 6* Fase dengan metode pembelajaran konvensional pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga, jika signifikansi $< 0,050$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti bahwa ada perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 6* Fase dengan metode pembelajaran konvensional pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Apabila data pretes dan pascates kedua kelas tidak normal dan/atau tidak homogen, maka dilakukan uji *Mann-Whitney*.

HASIL

Data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa diperoleh dari nilai pretes dan nilai pascates siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga.

A. Pretes

Pretes dimaksudkan untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sebelum dilakukan pembelajaran materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Rekapitulasi data pretes siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Data Pretes Siswa

Kelas	Jumlah Siswa	Nilai Tertinggi	Nilai Terendah	Rata-Rata
Eksperimen	30	53,7	13,8	34,35
Kontrol	32	48,1	13,6	33,51

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai pretes siswa kelas eksperimen (34,35) lebih tinggi daripada kelas kontrol (33,51). Namun, selisihnya tidak terlalu banyak yaitu 0,84. Sebelum dilakukan uji hipotesis, data pretes harus diuji prasyarat terlebih dahulu melalui uji normalitas (Tabel 3) dan uji homogenitas (Tabel 4), serta uji kesamaan dua rata-rata (Tabel 5). Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Tabel 3 menunjukkan bahwa signifikansi data pretes kelas eksperimen (0,080) dan kelas kontrol (0,107) sama-sama lebih besar dari 0,050, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pretes kelas eksperimen dan kelas kontrol terdistribusi normal.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Data Pretes Siswa

Kelas	Uji Normalitas <i>Kolmogorov-Smirnov</i>		Kesimpulan
	N	Signifikansi	
Eksperimen	30	0,080	Normal
Kontrol	32	0,107	Normal

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas Data Pretes Siswa

<i>Levene</i> Statistik	Signifikansi	Kesimpulan
0,392	0,534	Homogen

Uji homogenitas dilakukan dengan menggunakan uji *Levene* pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Tabel 4 menunjukkan bahwa signifikansi data pretes kedua kelas (0,534) lebih besar dari 0,050, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pretes kedua kelas memiliki varians yang homogen.

Uji kesamaan dua rata-rata digunakan untuk mengetahui apakah data pretes kelas eksperimen dan kelas kontrol berbeda atau tidak. Uji kesamaan dua rata-rata yang digunakan adalah uji *Independent Sample T-test* dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Tabel 5 menunjukkan bahwa signifikansi data pretes kedua kelas (0,738) lebih besar dari 0,050, maka data pretes kedua kelas tidak berbeda. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi awal yang sama.

Tabel 5. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Kelas	N	Signifikansi	Kesimpulan
Eksperimen	30	0,738	Data pretes kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak berbeda
Kontrol	32		

B. Pascates

Pascates dimaksudkan untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa setelah dilakukan pembelajaran materi hidrolisis garam dan larutan

penyangga. Rekapitulasi data pascates siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Data Pascates Siswa

Kelas	Jumlah Siswa	Jumlah siswa di atas KKM (≥ 76)	Nilai Tertinggi	Nilai Terendah	Rata-Rata
Eksperimen	30	27	100	65,5	89,91
Kontrol	32	23	97,6	67,3	83,04

Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata nilai pascates siswa kelas eksperimen (89,91) lebih tinggi daripada kelas kontrol (83,04). Sebelum uji hipotesis, data pascates juga harus diuji prasyarat terlebih dahulu, yaitu uji normalitas (Tabel 7) dan uji homogenitas (Tabel 8).

Hasil uji normalitas data pascates kelas eksperimen dan kelas kontrol pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel 7 menunjukkan bahwa signifikansi data pascates kelas eksperimen (0,064) dan kelas kontrol (0,200) sama-sama lebih besar dari 0,050, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pascates kelas eksperimen dan data pascates kelas kontrol terdistribusi normal.

Tabel 7. Hasil Uji Normalitas Data Pascates Siswa

Kelas	Uji Normalitas <i>Kolmogorov-Smirnov</i>		Kesimpulan
	N	Signifikansi	
Eksperimen	0	0,064	Normal
Kontrol	32	0,200	Normal

Hasil uji homogenitas data pascates kedua kelas pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga dapat dilihat pada Tabel 8. Tabel 8 menunjukkan bahwa signifikansi data pascates kedua kelas (0,123) lebih besar dari 0,050, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pascates kedua kelas memiliki varians yang homogen.

Tabel 8. Hasil Uji Homogenitas Data Pascates Siswa

Levene Statistik	Signifikansi	Kesimpulan
2,450	0,123	Homogen

C. Uji Hipotesis

Uji hipotesis yang sesuai digunakan pada penelitian ini adalah uji kovarian satu jalur (*a one-way between-group ANCOVA*) karena data pretes dan pascates kedua kelas normal dan homogen. Selain itu, hubungan data pretes dan pascates kedua kelas juga linier yang ditunjukkan dari nilai signifikansi variabel pretes (0,000) jauh lebih kecil dari 0,050. Selanjutnya, hasil uji hipotesis (uji ANCOVA) memiliki signifikansi (0,002) jauh lebih kecil dari 0,050, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kemampuan

berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* dengan metode pembelajaran konvensional pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga.

PEMBAHASAN

Hasil kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa dianalisis dari nilai pretes (nilai tes sebelum pembelajaran) dan nilai pascates (nilai tes setelah pembelajaran) materi hidrolisis garam dan larutan penyangga yang diberikan kepada siswa kelas eksperimen (dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase*) dan kelas kontrol (dibelajarkan dengan metode pembelajaran konvensional). Berdasarkan hasil uji kesamaan dua rata-rata pada Tabel 5, kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sebelum pembelajaran adalah sama. Kemudian, berdasarkan hasil uji kovarian satu jalur (*a one-way between-group ANCOVA*), diperoleh nilai signifikansi (0,002) jauh lebih kecil dari 0,050, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa ada perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa antara siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* dengan siswa yang dibelajarkan menggunakan metode pembelajaran konvensional pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol. Hal ini dibuktikan dari nilai rata-rata pascates kelas eksperimen (89,91) yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol (83,04), serta nilai rata-rata *gain score* kelas eksperimen (55,56) juga lebih tinggi dari kelas kontrol (49,53).

Model pembelajaran *Learning Cycle* dilandasi oleh pandangan konstruktivisme dari Piaget yang beranggapan bahwa dalam belajar pengetahuan dibangun sendiri oleh anak dalam struktur kognitif melalui interaksi dengan lingkungannya (Utami, dkk., 2013: 2). Menurut Iskandar (2015: 49) bahwa model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* memiliki enam fase pembelajaran, yaitu 1) Fase Identifikasi tujuan pembelajaran, 2) Fase Undangan (*Engagement*), 3) Fase Eksplorasi (*Exploration*), 4) Fase Penjelasan (*Explanation*), 5) Fase Penerapan (*Elaboration*), dan 6) Fase Evaluasi (*Evaluation*).

Fase-fase krusial pada model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* yang dapat melatih dan meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan membuat/menciptakan) pada siswa, yaitu utamanya pada kegiatan-kegiatan pembelajaran di fase eksplorasi (*exploration*), fase penjelasan (*explanation*) dan fase penerapan (*elaboration*). Contohnya saja, pada pertemuan pertama, siswa membangun pengetahuan mengenai sifat larutan garam berdasarkan kekuatan basa dan asam penyusunnya secara mandiri. Pada fase eksplorasi, siswa melakukan percobaan, mengamati data percobaan, serta menyimpulkan hasil percobaan. Selanjutnya, pada fase penjelasan, siswa menganalisis data hasil percobaan yang telah dilakukan, siswa menghubungkan pengetahuan yang baru diperoleh dengan pengetahuan yang telah dimiliki

sebelumnya dengan cara menjawab beberapa pertanyaan yang ada di fase penjelasan, hingga siswa dapat membangun suatu pengetahuan secara mandiri mengenai sifat larutan garam berdasarkan kekuatan basa dan asam penyusunnya. Kegiatan pada fase penerapan ini dilakukan dengan cara diskusi kelompok, dan siswa diperbolehkan untuk membaca literatur yang ada. Setelah itu, salah satu kelompok melakukan presentasi. Setelah presentasi, dilakukan diskusi kelas. Diskusi kelas memungkinkan siswa untuk bertanya, meyanggah, ataupun memberi pendapat, sehingga siswa dapat menilai pengetahuan-pengetahuan yang diperoleh untuk membangun dan menyamakan suatu konsep pengetahuan yang benar. Pada fase penerapan, siswa menerapkan konsep sifat larutan garam berdasarkan kekuatan basa dan asam penyusunnya yang telah dibangun untuk memecahkan masalah baru, seperti garam-garam yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Pada kelas kontrol (kelas yang dibelajarkan dengan metode konvensional), siswa terlebih dahulu dijelaskan oleh guru mengenai konsep sifat larutan garam berdasarkan kekuatan basa dan asam penyusunnya, kemudian siswa melakukan praktikum dan diskusi mengerjakan beberapa soal untuk memverifikasi penjelasan dari guru. Menurut Mardini (2008: 25), pendekatan pembelajaran konvensional merupakan pendekatan yang dilakukan dengan mengkombinasikan bermacam-macam metode pembelajaran dan dalam prakteknya, metode ini berpusat pada guru (*teacher center*). Metode-metode pembelajaran yang biasa digunakan antara lain, metode ceramah, metode diskusi, metode praktikum, dan metode demonstrasi.

Keefektifan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* dapat dilihat dari rata-rata nilai pascates siswa kelas eksperimen (89,91) lebih tinggi daripada kelas kontrol (83,04). Hal ini diperkuat dengan dengan rata-rata *gain score* (nilai pascates dikurangi nilai pretes) kelas eksperimen (55,56) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (49,53), dan jumlah siswa yang nilainya di atas KKM di kelas eksperimen lebih banyak daripada kelas kontrol, yaitu 27 dari 30 siswa kelas eksperimen dan 23 dari 32 siswa kelas kontrol.

SIMPULAN DAN SARAN

Terdapat perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa antara siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* dengan siswa yang dibelajarkan dengan metode pembelajaran konvensional pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* lebih tinggi daripada kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan dengan metode pembelajaran konvensional.

Penerapan model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Fase-fase krusial pada model pembelajaran *Learning Cycle 6 Fase* yang dapat melatih dan meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan membuat/menciptakan) pada

siswa, yaitu utamanya pada kegiatan-kegiatan pembelajaran di fase eksplorasi (*exploration*), fase penjelasan (*explanation*) dan fase penerapan (*elaboration*).

Model pembelajaran *Learning Cycle 6* Fase disarankan untuk diterapkan dalam materi lain, terutama materi kimia yang bersifat teoritik maupun materi kimia yang melibatkan praktikum. Pada penelitian ini hanya dikaji mengenai efektivitas model pembelajaran *Learning Cycle 6* Fase untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, sehingga peneliti lain dapat menguji penerapan model pembelajaran *Learning Cycle 6* Fase terhadap variabel lain yang belum diteliti.

DAFTAR RUJUKAN

- Ardiani, D.A. 2016. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 6E (LC-6E) dengan Penugasan Mind Mapping terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Pada Pokok Bahasan Larutan Penyangga*. Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional II, Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP dengan Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, 26 Maret.
- Ibnu, S., Mukhadis, A., & Dasna, I.W. 2003. *Dasar-dasar Metodologi Penelitian (Edisi Revisi)*. Malang: Lembaga Penelitian UM.
- Iskandar. S.M. 2015. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivistik*. Malang: Media Nusa Creative.
- Krathwohl, D.R. 2002. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, (Online), (<http://www.depauw.edu/files/resources/krathwohl.pdf>, diakses 4 Februari 2017).
- Lorsbach. A.W. 2008. *The Learning Cycle as a Tool for Planning Science Instruction*, (Online), (<http://scienceclubforgirls.org/wp-content/uploads/2012/10/LearningCycle.pdf>, diakses 16 September 2016).
- Mardini. 2008. *Pengaruh Pembelajaran Kontekstual dan Konvensional terhadap Keterampilan Komunikasi Terapeutik Ditinjau dari Tingkat Pengetahuan Awal*, (Online), (<https://core.ac.uk/download/pdf/12348531.pdf>, diakses 17 September 2016).
- OECD. 2014. *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do. Student Performance in Mathematics, Reading, and Science*, (Online), (<https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-volume-I.pdf>, diakses 23 November 2013).
- Rofiah, E., Aminah, N.S., & Ekawati, E.Y. 2013. Penyusun Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Fisika pada Siswa SMP. *Jurnal pendidikan Fisika*, 1 (2): 17-22.
- Silabus Mata Pelajaran Kimia Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah (SMA/MA)*. 2016. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

- Utami, W.F., Copriady, J., & Rini. 2013. *Penerapan Model Learning Cycle 6E untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pokok Bahasan Sistem Koloid di Kelas XI SMA Negeri 3 Pekanbaru*, (Online), (<http://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/1049/JURNAL%20ILMIAH%20Wira%20Fadhila%20Utami.pdf?sequence=1>), diakses 10 April 2017).
- Widhy, P. 2012. *Learning Cycle sebagai Upaya Menciptakan Pembelajaran Sains yang Bermakna*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 2 Juni.
- Widodo, A. 2005. *Taksonomi Tujuan Pembelajaran Didaktis*. 4 (2): 61-69, (Online), (http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._BIOLOGI/196705271992031-ARI_WIDODO/2005-Revisi_Taksonomi_Bloom-Didaktis.pdf), diakses 17 September 2017).

Jakub Sadam Akbar, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengaruh Kegiatan Praktikum Berbasis Inkuiri Terbimbing versus Verifikasi dan Pengetahuan Awal terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Jakub Sadam Akbar, I Wayan Dasna, Surjani Wonorahardjo
Pascasarjana, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: idasna@um.ac.id

Abstrak : Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kegiatan praktikum inkuiri terbimbing versus praktikum verifikasi dan pengetahuan awal terhadap hasil belajar kognitif siswa. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimen semu. Pengambilan sampel menggunakan teknik *cluster random* sampling dan diperoleh dua kelas sampel yaitu kelas XI IPA 1 dan Kelas XI IPA 3. Kelas XI IPA 1 dipilih sebagai kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan kegiatan praktikum berbasis inkuiri terbimbing dan kelas XI IPA 3 dipilih sebagai kelas kontrol yang dibelajarkan dengan praktikum verifikasi. Instrumen penelitian meliputi instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Kedua instrumen penelitian akan digunakan setelah divalidasi oleh validator ahli, direvisi dan diuji cobakan. Instrumen pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes hasil belajar kognitif. Data dianalisis menggunakan ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, (1) ada perbedaan hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan praktikum inkuiri terbimbing dan praktikum verifikasi (2) tidak terdapat interaksi antara strategi pembelajaran dalam kegiatan praktikum dan pengetahuan awal terhadap hasil belajar kognitif. Maka dapat disimpulkan bahwa praktikum inkuiri terbimbing dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa.

Kata kunci: inkuiri terbimbing, kegiatan praktikum, pengetahuan awal

Abstract: This research was designed to know the effect of guided inquiry based laboratory activities versus verification based laboratory and prior knowledge on student's learning cognitive outcomes. This research used quasi experimental research designs. This study used a cluster random sampling which produced two classes, namely class XI IPA 1 and XI IPA 3. Class XI IPA 1 was selected as experimental class which was taught by guided inquiry based laboratory activities and class XI IPA 3 as a control class which was taught by verification based laboratory. Research instrument consist of manipulation and measurement instruments. Both of them will use after being validated by master, revised and trial test. The research's instruments were student's cognitive learning outcomes test. Data were analyzed using by ANOVA. The results showed that, (1) there was differences in student's cognitive learning outcomes that learned with guided inquiry based laboratory activities and verification based laboratory (2) there was no interaction between learning methods in laboratory activity and prior knowledge on student's cognitive learning outcomes. So we can

conclude that the guided inquiry strategy has enhanced student's cognitive learning outcomes.

Keywords: guided inquiry, laboratory activity, prior knowledge

Ilmu kimia merupakan salah satu cabang dari IPA yang berkaitan dengan sifat-sifat zat, struktur zat, perubahan zat, hukum-hukum dan prinsip-prinsip yang menggambarkan perubahan zat, serta konsep-konsep dan teori-teori yang menjelaskan terjadinya perubahan zat (Effendy, 2016). Menurut Jhonstone dan Al-Shuali (2001) untuk memahami ilmu kimia diperlukan kemampuan dalam memahami tiga representasi yaitu makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. Penjelasan terhadap suatu fenomena dalam ilmu kimia tidak dapat dipahami dengan baik jika hanya menggunakan satu atau dua level representasi saja. Pemahaman berdasarkan ke tiga representasi tersebut digolongkan menjadi dua yaitu pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik. Pemahaman konseptual meliputi representasi makroskopik dan mikroskopik dan pemahaman algoritmik meliputi representasi simbolik.

Salah satu materi kimia yang memerlukan pemahaman secara konseptual maupun algoritmik adalah materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. Kedua jenis pemahaman ini harus dikuasai oleh siswa untuk mendapatkan pemahaman yang utuh dalam memahami materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. Adanya representasi mikroskopik yang terdapat pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan menjadikan siswa beranggapan bahwa materi tersebut merupakan materi yang abstrak dan sulit untuk dipahami (Bonomo, dkk., 2011). Kesulitan tersebut diungkapkan oleh Calik (2005) yang menjelaskan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami hal-hal yang sulit ditangkap oleh panca indera contohnya seperti interaksi ion-ion dalam pencampuran larutan. Adanya kesulitan siswa dalam memahami materi kelarutan dan hasil kali kelarutan pada akhirnya berdampak pada hasil belajar siswa. Hal tersebut dikarenakan kesalahan konsep yang terjadi dalam memahami materi kelarutan dan hasil kali kelarutan sebagaimana yang diungkapkan oleh Krause & Tasooji (2007), serta Kelly & Jones (2008).

Salah satu alternatif yang dilakukan oleh guru untuk mengatasi permasalahan yang dijelaskan sebelumnya adalah dengan menggunakan praktikum untuk membantu siswa dalam memahami konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan. Penggunaan praktikum pada umumnya akan berjalan lebih efektif jika praktikum tersebut dikombinasikan dengan strategi pembelajaran yang tepat. Hal ini perlu mendapatkan perhatian lebih dikarenakan praktikum yang digunakan saat ini masih menerapkan praktikum verifikasi, sebagaimana yang diungkapkan oleh Domin (2007), lebih lanjut Domin (2007) mengungkapkan bahwa dalam kegiatan praktikum "*cook book*", siswa diarahkan untuk mengikuti serangkaian petunjuk ataupun langkah-langkah dalam memverifikasi teori. Artinya bahwa dalam

pembelajaran verifikasi, guru menuliskan langkah-langkah eksperimen yang harus dilakukan oleh siswa seperti buku “resep masakan” sehingga kurang melatih kemampuan berpikir siswa sehingga berdampak pada hasil belajar siswa. Adanya kegiatan praktikum verifikasi, tentunya akan berdampak pada kesempatan siswa untuk turut aktif dalam proses pembelajaran (Schroeder & Greenbowe 2008).

Berdasarkan permasalahan yang ditemukan pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan, maka perlu dilakukan sebuah upaya dalam meningkatkan hasil belajar. Salah satu diantaranya adalah dengan menerapkan praktikum berbasis inkuiri terbimbing. Menurut Ural (2016) inkuiri berbasis laboratorium akan meningkatkan kesempatan siswa berhasil dalam belajar. Hal ini dikarenakan karakteristik yang terdapat pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan sangat sesuai bila dibelajarkan dengan praktikum inkuiri terbimbing, sebab strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dimulai dari sesuatu yang konkret sebelum membawa siswa pada materi yang bersifat abstrak.

Hasil belajar kognitif siswa pada proses pembelajaran selain dipengaruhi oleh strategi pembelajaran juga dipengaruhi oleh pengetahuan awal siswa. Salah satu aspek yang sangat penting dalam mempengaruhi proses pembelajaran adalah faktor pengetahuan awal yang dimiliki siswa sebelum mempelajari materi baru. Artinya untuk dapat meningkatkan pemahaman ke materi yang lebih kompleks diperlukan pengetahuan yang mendasarinya yaitu pengetahuan awal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul “Pengaruh Kegiatan Praktikum Berbasis Inkuiri Terbimbing Versus Verifikasi dan Pengetahuan Awal terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan ”

METODE

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental semu. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *cluster random sampling* dan diperoleh dua kelas yang terdiri satu kelas eksperimen (XI IPA 1) yang akan dibelajarkan dengan praktikum inkuiri terbimbing dan satu kelas kontrol (XI IPA 3) yang dibelajarkan dengan praktikum verifikasi. Rancangan penelitian eksperimen semu ini digunakan untuk mengetahui hasil belajar kognitif siswa dengan 18 butir soal hasil belajar kognitif siswa. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi dua kategori, yaitu instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Instrumen perlakuan adalah instrumen yang digunakan saat kegiatan pemberian perlakuan selama proses pembelajaran yang terdiri dari silabus pembelajaran, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), dan Lembar Kerja Siswa (LKS). Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis statistik menggunakan ANOVA (hasil belajar kognitif, uji prasyarat analisis, uji kesamaan dua rata-rata dan uji hipotesis) dan analisis deskriptif (keterlaksanaan proses pembelajaran).

HASIL

Keterlaksanaan Pembelajaran Praktikum Inkuiri Terbimbing dan Verifikasi

Pembelajaran inkuiri terbimbing dilaksanakan pada kelas eksperimen, yaitu XI IPA 1 dan verifikasi pada kelas kontrol, yaitu XI IPA 3. Data keterlaksanaan dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata persentase keterlaksanaan pembelajaran kelas eksperimen adalah sebesar 86,66% dan kelas kontrol sebesar 89,08%. Dapat disimpulkan bahwa kedua proses pembelajaran terlaksana dengan sangat baik.

Tabel 1. Keterlaksanaan Pembelajaran Praktikum Inkuiri Terbimbing dan Verifikasi

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	Rata-rata Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran(%)	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Pertemuan Ke-1	79,16	81,81
Pertemuan Ke-2	83,33	86,36
Pertemuan Ke-3	88,88	88,63
Pertemuan Ke-4	91,66	93,18
Pertemuan Ke-5	90,27	95,45
Rata-rata	86,66	89,08

Pengetahuan Awal Siswa

Deskripsi Pengetahuan Awal

Data pengetahuan awal siswa diperoleh dari nilai ulangan harian pada materi sebelumnya dan berdasarkan data tersebut siswa dibagi atas dua kategori yaitu siswa dengan pengetahuan awal tinggi dan siswa dengan pengetahuan awal rendah . Deskripsi data pengetahuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Pengetahuan Awal

Kelas	N	Skor rata-rata	kor minimum	Skor maksimum	Standar Deviasi	Kategori pengetahuan awal	Jumlah Siswa
Ekperimen	36	74.44	48	88	9,73	Tinggi	19
						Rendah	17
Kontrol	36	72,02	50	86	10,14	Tinggi	18
						Rendah	18

Analisis data Pengetahuan awal siswa

Untuk melakukan uji-t pengetahuan awal siswa (kesamaan dua rata-rata) harus dilakukan uji prasyarat analisis yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas.

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas data kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel (3) menunjukkan bahwa pengetahuan awal siswa dari kelas eksperimen memiliki nilai signifikansi sebesar 0,417, yang lebih besar dari 0,05. Pengetahuan awal siswa dari kelas kontrol sebesar 0,214, yang lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua data terdistribusi normal

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Data Pengetahuan Awal Siswa

Pengetahuan Awal Siswa	Kolmogorov-Smirnov (<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>)
Eksperimen	0,417
Kontrol	0,214

Uji Homogenitas

Hasil uji homogenitas data kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel (4) menunjukkan bahwa Pengetahuan awal siswa dari kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki nilai signifikansi sebesar 0,272, yang lebih besar dari 0,05. Dapat disimpulkan kedua data memiliki varian yang sama (homogen).

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas Data Pengetahuan Awal Siswa

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,227	1	70	0,272

Uji-t data Pengetahuan Awal Siswa (Kesamaan Dua Rata-rata)

Hasil uji-t data kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 5. Tabel (5) menunjukkan bahwa hasil uji kesamaan dua rata-rata kemampuan awal siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki nilai signifikansi sebesar 0,102, yang lebih besar dari 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan pengetahuan awal siswa pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol.

Tabel 5. Hasil Uji-t Data Pengetahuan Awal Siswa

Kelas	t-test for Equality of Means Sig. (2-tailed)	Kesimpulan
Kontrol	0,102	Tidak ada perbedaan pengetahuan awal siswa
Eksperimen		

Data Hasil Belajar Kognitif

Data hasil belajar siswa terdiri dari hasil belajar kognitif yang diperoleh dari nilai tes. Deskripsi data hasil belajar kognitif siswa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Deskripsi Data Hasil Belajar Kognitif Siswa

Kelas	Jumlah Siswa	Skor Rata-rata
Eksperimen	36	79,16
Kontrol	36	72,06

Analisis Data Hasil Belajar Kognitif Siswa

Data hasil belajar kognitif siswa dianalisis secara statistik untuk keperluan uji hipotesis. Untuk melakukan uji hipotesis, maka harus dilakukan uji prasyarat analisis terlebih dahulu yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas.

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas data hasil belajar kognitif siswa dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel (7) menunjukkan bahwa hasil belajar kognitif siswa dari kelas eksperimen memiliki nilai signifikansi sebesar 0,438, yang lebih besar dari 0,05. Hasil belajar

kognitif siswa siswa dari kelas kontrol sebesar 0,341, yang lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua data terdistribusi normal.

Tabel 7. Hasil Uji Normalitas Data Hasil Belajar Kognitif Siswa.

Hasil Belajar Kognitif	Kolmogorov- Smirnov (Asymp. Sig (2-tailed)
Eksperimen	0,438
Kontrol	0,341

Uji Homogenitas

Hasil uji homogenitas data hasil belajar kognitif siswa dapat dilihat pada Tabel 8. Tabel (8) menunjukkan bahwa hasil belajar kognitif siswa dari kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki nilai signifikansi sebesar 0,243 yang lebih besar dari 0,05. Dapat disimpulkan kedua data memiliki varian yang sama (homogen).

Tabel 8. Hasil Uji Homogenitas Data Hasil Belajar Kognitif Siswa

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
0,725	1	70	0,243

Uji Hipotesis

Hasil uji hipotesis menggunakan analisis varian dua jalur (*Two way Anova*) dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Hipotesis menggunakan analisis varian dua jalur (*Two way Anova*)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
<i>Corrected Model</i>	1732.457a	3	577.486	6.209	.001
<i>Intercept</i>	409861.231	1	409861.231	4.407E3	.000
Strategi Pembelajaran	852.314	1	852.314	9.164	.003
Pengetahuan_Awal	812.798	1	812.798	8.739	.004
Strategi pembelajaran * Pengetahuan_Awal	13.309	1	13.309	.143	.706
<i>Error</i>	6324.670	68	93.010		
<i>Total</i>	419699.138	72			
<i>Corrected Total</i>	8057.127	71			

PEMBAHASAN

Hasil uji hipotesis pertama pada tulisan “ Strategi Pembelajaran” di Tabel 9 menunjukkan bahwa perolehan nilai signifikansi sebesar $(0,003) < 0,05$, sehingga H_1 diterima. Artinya terdapat perbedaan hasil belajar kognitif yang signifikan pada siswa yang dibelajarkan dengan menerapkan variasi kegiatan praktikum yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan praktikum inkuiri terbimbing efektif jika diterapkan dalam proses pembelajaran khususnya dalam pembelajaran kimia karena langkah-langkah dalam praktikum inkuiri terbimbing melatih siswa untuk menemukan dan tidak hanya menerima sebuah konsep. Pernyataan tersebut sesuai dengan apa yang telah diungkapkan oleh Sagala (2011) bahwa kelebihan inkuiri terbimbing adalah membuat siswa lebih percaya atas kebenaran atau kesimpulan

berdasarkan hasil percobaannya sendiri daripada hanya menerima kata guru atau buku.

Hasil uji hipotesis kedua pada tulisan “Pengetahuan Awal” di Tabel 9 menunjukkan bahwa perolehan nilai signifikansi sebesar $(0,004) < 0,05$, sehingga H_1 diterima. Artinya terdapat pengaruh perbedaan pengetahuan awal terhadap hasil belajar kognitif siswa, karena terdapat perbedaan secara signifikan pada hasil belajar kognitif ditinjau dari pengetahuan awal tinggi dan rendah. Hal ini menunjukkan bahwa siswa dengan pengetahuan awal tinggi memiliki hasil belajar yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang berpengetahuan awal rendah. Hal tersebut ditunjukkan oleh hasil belajar kognitif yang dimiliki siswa berpengetahuan awal tinggi lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang berpengetahuan awal rendah. Siswa yang memiliki pengetahuan awal tinggi memiliki kesiapan dalam belajar yang lebih baik dalam mengkonstruksi konsep baru yang diperoleh dibandingkan dengan siswa yang memiliki pengetahuan awal rendah. Hal ini didukung oleh pernyataan yang diungkapkan oleh Dochy dkk. (2002) yang mengungkapkan bahwa pengetahuan awal hanya mengkaitkan informasi atau konsep baru yang relevan saja, artinya jika seorang siswa tidak memiliki pengetahuan awal maka informasi baru akan sulit dipahami dan berpengaruh pada hasil belajar yang dimiliki.

Hasil uji hipotesis ke tiga pada tulisan “Strategi_Pembelajaran* Pengetahuan_Awal” di Tabel 9 menunjukkan bahwa interaksi pengetahuan awal dengan strategi pembelajaran terhadap hasil belajar kognitif siswa memiliki perolehan nilai signifikansi sebesar $(0,706) > 0,05$, sehingga H_0 diterima. Artinya tidak terdapat interaksi antara pengetahuan awal siswa dan strategi pembelajaran terhadap hasil belajar kognitif siswa pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan.

SIMPULAN

Ada perbedaan hasil belajar kognitif antara siswa yang dibelajarkan dengan praktikum inkuiri terbimbing dan praktikum verifikasi. Siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan praktikum inkuiri terbimbing memiliki hasil belajar kognitif yang lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan praktikum verifikasi.

Ada perbedaan hasil belajar kognitif antara siswa dengan pengetahuan awal tinggi dan rendah. Siswa dengan pengetahuan awal tinggi memiliki hasil belajar kognitif yang lebih tinggi daripada siswa dengan pengetahuan awal rendah.

Tidak ada interaksi/pengaruh strategi pembelajaran dan pengetahuan awal secara bersama-sama terhadap hasil belajar kognitif.

DAFTAR RUJUKAN

- Bonomo, R. P., Tabbi, G., & Vagliasindi, L. I. 2011. Solubility and Product Determination of a Sparingly Soluble Salt: A First-Level Laboratory Experiment. *Journal of Chemical Education*, 85 (2): 251-253.

- Calik, M. 2005. A Cross-Age Study of Different Perspectives in Solution Chemistry from Junior to Senior High School. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3: 671–696.
- Dochy, F.J.R.C., DeRidjt, C., & Dyck, W. 2002. Cognitive Prerequisites and Learning. How Far for We Progressed since Bloom. Implications for Educational Practice and Teaching. *Active Learning in Higher Education*, 3(3): 265-284.
- Domin, D. S. 2007. Students' Perceptions of When Conceptual Development Occurs during Laboratory Instruction. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2): 140-152.
- Effendy. 2016. *Ilmu Kimia untuk Siswa SMA dan MA*. Malang: Indonesian Academic Publishing.
- Jhonstone, A.H. & Al-Shuaili, A. 2001. Learning in The Laboratory: Some Thoughts From The Literature. *University Chemistry Education*, 5 (2): 42-51.
- Kelly, R.M. & Jones, L. L. 2008. Investigating Students' Ability To Transfer Ideas Learned from Molecular Animations of The Dissolution Process. *Journal of Chemical Education*, 85 (2): 303-309.
- Krause, S.& Tasooji, A. 2007. Diagnosing Student's Misconceptions on Solubility and Saturation for Understanding of Phase Diagrams. *Journal of American Society for Engineering Education*.
- Sagala, S. 2011. *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta.
- Schroeder, J. D. & Greenbowe, T. J. 2008. Implementing POGIL in the lecture and the Science Writing Heuristic in the laboratory—student perceptions and performance in undergraduate organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9 (2): 149-156.
- Ural, E. 2016. The Effect of Guided-Inquiry Laboratory Experiments on Science Education Students' Chemistry Laboratory Attitudes, Anxiety and Achievement. *Journal of Education and Training Studies*, 4 (4): 217-227.

Kiki Fitlah Pradani, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengaruh Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (*Higher Order Thinking Skills, Hots*) Siswa Kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada Materi Reaksi Redoks

Kiki Fitlah Pradani, Endang Budiasih, M Muchson
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: endang.budiasih.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh strategi pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada materi reaksi redoks. Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen semu (*Quasy Experimental Designs*) dengan *posttest-only control group design*. Pengambilan sampel menggunakan teknik *cluster random sampling* dari 5 kelas yang ada di SMA Negeri 02 Batu. Instrumen yang digunakan adalah soal tes kemampuan berpikir tingkat tinggi berjumlah 24 soal dengan reliabilitas soal pilihan ganda 0,738 dan soal uraian 0,614. Data dianalisis dengan uji normalitas, uji homogenitas, uji-*t* dua pihak serta uji-*t* satu pihak menggunakan bantuan program SPSS dengan signifikansi sebesar 0,05. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan hasil yang lebih baik terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada materi reaksi redoks dibandingkan strategi pembelajaran konvensional.

Kata kunci: inkuiri terbimbing, kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS), reaksi redoks

Abstract: The aim of this study was to examine the influence of guided inquiry learning strategy towards student's higher order thinking skills of the 10th grade of Science at SMA Negeri 02 Batu on redox reaction. The design of this study was quasy experimental designs by post test-only control group design. The samples were taken using cluster random sampling from 5 classes in SMA Negeri 02 Batu. Instrument used in this study was in the form of test items of higher order thinking skills for 24 questions with reliability of multiple choice 0,738 and 0,614 description. Data were analysis with normality test, homogeneity test, t-test of two variable and t-test of one variable using SPSS program with significance equal to 0,05. The result of this study showed that guided inquiry learning strategy provides better results towards students' higher order thinking skills for the 10th grade of Science at SMA Negeri 02 Batu on redox reaction compared to conventional learning strategy.

Keywords: guided inquiry, higher order thinking skills (HOTS),
redox reaction

Hasil PISA (*Program for International Student Assessment*) pada tahun 2015 menunjukkan bahwa Indonesia berada pada peringkat ke-69 dari 76 negara dalam bidang matematika, membaca, dan sains (OECD, 2016). Laporan TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) pada tahun 2015 menunjukkan bahwa Indonesia berada pada peringkat ke-45 dari 48 negara dalam bidang sains (Rahmawati, 2016). Kedua hal tersebut merupakan indikator bahwa pendidikan di Indonesia masih membutuhkan perbaikan mutu dan kualitas untuk dapat mencapai hasil yang lebih baik. Upaya perbaikan mutu dan kualitas pendidikan di Indonesia yang telah dilakukan pemerintah adalah memperbarui kurikulum dari Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) menjadi Kurikulum 2013.

Pemberlakuan Kurikulum 2013 diharapkan dapat menyeimbangkan antara pengembangan sikap spiritual dan sosial, rasa ingin tahu, kreativitas, kerja sama dengan kemampuan intelektual dan psikomotor (Permendikbud No. 69 tahun 2013). Pelaksanaan Kurikulum 2013 pada hakikatnya adalah mengajak siswa untuk membentuk kelompok, mencari informasi dari materi yang dibahas, bertanya, berdiskusi, dan mengkomunikasikan hasil diskusi sehingga siswa menjadi lebih aktif dan kreatif (Hartono, 2014). Salah satu tujuan pelaksanaan Kurikulum 2013 adalah agar siswa memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills, HOTS*), karena kemampuan berpikir tingkat tinggi merupakan kemampuan menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasikan pengetahuan serta pengalaman yang sudah dimiliki untuk berpikir secara kritis dan kreatif dalam upaya menentukan keputusan dan memecahkan masalah pada situasi baru (Rofiah, dkk., 2013).

Strategi pembelajaran yang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran kimia adalah strategi inkuiri terbimbing. Sanjaya (2011) mendefinisikan strategi inkuiri sebagai rangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan. Tujuan dari strategi pembelajaran inkuiri adalah mengembangkan kemampuan berpikir secara sistematis, logis, dan kritis (Sanjaya, 2011). Strategi inkuiri terbimbing merupakan salah satu strategi yang dalam setiap tahapnya yaitu pemberian masalah, membuat prediksi, mengumpulkan data, analisis data, evaluasi prediksi, dan merumuskan kesimpulan, mengajak siswa untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran serta melakukan kegiatan ilmiah untuk membangun pengetahuan baru. Siswa yang bekerja ilmiah dalam pembelajaran, akan dapat berpikir secara logis dan kreatif dalam menyelesaikan berbagai permasalahan termasuk menyelesaikan latihan soal yang diberikan, sehingga pengalaman belajar siswa menjadi semakin meningkat. Peningkatan pengalaman belajar siswa akan

membawa pengaruh terhadap pemahaman konsep kimia yang berarti juga meningkatkan kemampuan kognitif siswa. Peningkatan kemampuan kognitif siswa pada kelanjutannya akan mempengaruhi kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, pembelajaran dengan strategi inkuiri terbimbing berdampak positif pada proses maupun prestasi belajar kimia siswa SMA. Hasil penelitian Nafis (2015), menyatakan bahwa pembelajaran larutan penyangga dengan model inkuiri terbimbing memberikan hasil belajar dan hasil kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang lebih baik dibandingkan model ekspositori. Ramadhani (2010) menyebutkan bahwa penerapan metode pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan hasil belajar siswa pada materi pokok kelarutan dan hasil kali kelarutan. Peningkatan hasil belajar pada kedua penelitian tersebut dikarenakan dalam setiap tahap pembelajaran inkuiri terbimbing, siswa diajak untuk menemukan konsep secara mandiri.

Materi kelarutan dan hasil kali kelarutan serta larutan penyangga merupakan materi yang bersifat konseptual, kontekstual, dan algoritmik. Apabila siswa mampu menemukan konsep secara mandiri, maka pemahaman siswa terhadap materi tersebut menjadi semakin meningkat dibandingkan siswa yang hanya menerima penjelasan secara pasif dari guru. Sandi (2015) menyatakan bahwa proses pembelajaran secara aktif dapat meningkatkan pemahaman siswa, sehingga konsep yang dicapai menjadi lebih baik.

Sebagaimana materi kelarutan dan hasil kali kelarutan serta larutan penyangga, materi reaksi redoks merupakan materi di kelas X yang bersifat konseptual, kontekstual, dan algoritmik. Pemahaman siswa tentang konsep reaksi redoks sangat penting untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam materi tersebut. Apabila dihubungkan dengan hasil penelitian sebelumnya karakteristik materi reaksi redoks hampir sama dengan materi kelarutan dan hasil kali kelarutan serta larutan penyangga, sehingga strategi pembelajaran inkuiri terbimbing diharapkan juga dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi reaksi redoks. Pemilihan SMA Negeri 02 Batu didasarkan pada hasil wawancara dan observasi soal ulangan harian materi sebelumnya yang menunjukkan bahwa soal-soal yang digunakan di sekolah tersebut lebih banyak menggunakan soal ranah kognitif C1-C3 menurut Taksonomi Bloom Revisi.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti bermaksud mengkaji pengaruh strategi pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada materi reaksi redoks dibandingkan strategi pembelajaran konvensional. Penelitian yang dilakukan berjudul “Pengaruh Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (*Higher Order Thinking Skills, HOTS*) Siswa Kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada Materi Reaksi Redoks”.

METODE

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan penelitian eksperimen semu (*Quasi Experimental Designs*) dengan *posttest-only control group design* dan rancangan penelitian deskriptif. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Januari-Februari 2017, dengan jumlah pertemuan sebanyak 8 kali tatap muka dan 1 pertemuan untuk ulangan harian. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa SMA Negeri 02 Batu kelas X MIPA tahun ajaran 2016/2017 yang terdiri dari 5 kelas. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *cluster random sampling* yaitu dengan cara mengundi kelas yang digunakan sebagai sampel penelitian. Sampel yang diambil untuk penelitian adalah kelas X MIPA 2 sebagai kelas eksperimen, serta kelas X MIPA 1 sebagai kelas kontrol. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Instrumen perlakuan terdiri dari silabus untuk materi reaksi redoks, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) untuk kelas eksperimen menggunakan strategi inkuiri terbimbing dan RPP untuk kelas kontrol menggunakan strategi konvensional, serta Lembar Kerja Siswa (LKS). Instrumen pengukuran berupa soal tes kemampuan berpikir tingkat tinggi yang terdiri dari 20 soal pilihan ganda dan 4 soal uraian dengan ranah kognitif C4-C6 menurut Taksonomi Bloom Revisi. Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa dilakukan dengan analisis statistik kuantitatif yang terdiri atas analisis data awal (uji prasyarat analisis) berupa uji normalitas, uji homogenitas, dan uji kesamaan dua rata-rata untuk data kemampuan kognitif awal siswa. Analisis data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa digunakan untuk pengujian hipotesis (uji-*t* satu pihak "pihak kanan") dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

HASIL

Kemampuan Kognitif Awal Siswa

Kemampuan kognitif awal siswa diuji dengan uji-*t Independent Samples t-Test* dua pihak pada taraf signifikansi sebesar 0,05 menggunakan bantuan program SPSS. Hasil uji kesamaan dua rata-rata kemampuan kognitif awal siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata Kemampuan Kognitif Awal Siswa

Kelas	Nilai Signifikansi	α	Kesimpulan
Eksperimen	0,155	0,05	Tidak ada perbedaan kemampuan kognitif awal siswa
Kontrol	0,156	0,05	

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai signifikansi hasil uji kesamaan dua rata-rata kemampuan kognitif awal siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol lebih besar dari 0,05. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan kemampuan kognitif awal siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perbedaan hasil kemampuan berpikir tingkat

tinggi siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol merupakan akibat dari perlakuan dalam penelitian.

Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa

Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat dari kemampuan siswa dalam menjawab soal dengan ranah kognitif C4 - C6 menurut Taksonomi Bloom Revisi sebanyak 24 soal. Deskripsi data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan dalam Tabel 2. Ringkasan persentase jawaban benar siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk soal ranah kognitif C4 - C6 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Deskripsi Data Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa

Kelas	Jumlah Siswa	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi	Rata-rata	Standar Deviasi
Eksperimen	30	62	90	79,13	6,801
Kontrol	32	52	86	73,03	6,746

Tabel 3. Persentase Kemampuan Siswa Menjawab Soal Ranah Kognitif C4-C6

Kelas	Persentase Siswa Menjawab Benar		
	C4	C5	C6
Eksperimen	80,69%	63,81%	80,50%
Kontrol	81,78%	53,13%	71,25%

Persentase siswa yang menjawab soal C4 dengan benar lebih tinggi kelas kontrol dibandingkan kelas eksperimen, sedangkan persentase siswa yang menjawab soal C5 dan C6 dengan benar lebih tinggi kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara umum kemampuan siswa kelas eksperimen dalam menyelesaikan soal berpikir tingkat tinggi lebih baik dibandingkan siswa kelas kontrol.

Sebelum dilakukan uji hipotesis, data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dilakukan uji prasyarat meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji hipotesis dilakukan dengan uji-*t* satu pihak (pihak kanan) pada taraf signifikansi sebesar 0,05 menggunakan bantuan program SPSS. Hasil uji-*t* satu pihak data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji-*t* Satu Pihak Data Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa

Variabel	Nilai t_{hitung}	Nilai t_{tabel}	Kesimpulan
Kemampuan berpikir tingkat tinggi	7,355	1,697	H ₁ diterima

Tabel 4 menunjukkan bahwa strategi pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan hasil yang lebih baik terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada materi reaksi redoks dibandingkan strategi pembelajaran konvensional. Nilai rata-rata kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing ($\bar{X} = 79,13$) lebih

baik dibandingkan nilai rata-rata kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional ($\bar{X} = 73,03$).

PEMBAHASAN

Kemampuan Kognitif Awal Siswa

Data kemampuan kognitif awal siswa diperoleh dari nilai ulangan harian materi sebelumnya yaitu materi larutan elektrolit dan larutan non-elektrolit. Hasil uji prasyarat analisis menunjukkan bahwa data kemampuan kognitif awal siswa terdistribusi normal dan memiliki varian yang sama atau homogen, sehingga digunakan uji-*t* dua pihak yaitu *Independent Samples t-Test* pada taraf signifikansi sebesar 0,05 untuk uji kesamaan dua rata-rata data kemampuan kognitif awal siswa. Hasil analisis menunjukkan bahwa data kemampuan kognitif awal siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing dan strategi konvensional memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 yaitu sebesar 0,155 dan 0,156, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua kelas memiliki kemampuan kognitif awal yang sama. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan hasil kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol merupakan akibat dari perlakuan dalam penelitian.

Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa

Data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa diperoleh dari nilai tes kemampuan berpikir tingkat tinggi pada materi reaksi redoks. Hasil uji prasyarat analisis menunjukkan bahwa data kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa terdistribusi normal dan memiliki varian yang sama atau homogen. Berdasarkan uji prasyarat analisis, maka memungkinkan untuk melakukan uji hipotesis dengan uji-*t* satu pihak pada taraf signifikansi sebesar 0,05. Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa nilai t_{hitung} lebih besar dari nilai t_{tabel} ($7,355 > 1,697$). Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa strategi pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan hasil yang lebih baik terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada materi reaksi redoks dibandingkan strategi pembelajaran konvensional. Nilai rata-rata kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing ($\bar{X} = 79,13$) lebih baik dibandingkan nilai rata-rata siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional ($\bar{X} = 73,03$). Hal ini disebabkan karena pembelajaran inkuiri terbimbing menuntut siswa untuk berpikir kritis dan analitis dalam menyelesaikan permasalahan yang diberikan.

Kemampuan berpikir siswa dapat dilatih melalui kegiatan pemberian suatu permasalahan selama proses pembelajaran. Permasalahan yang diberikan akan merangsang siswa untuk berpikir dan mencari jawaban atas masalah tersebut. Proses mencari jawaban inilah yang sangat penting dalam pembelajaran inkuiri, karena melalui proses tersebut siswa memperoleh pengalaman berharga sebagai upaya mengembangkan mental melalui proses berpikir. Tahap kedua yaitu

membuat prediksi. Melalui tahap ini siswa dilatih untuk mengembangkan kemampuan merumuskan prediksi yang bersifat rasional dan logis terhadap permasalahan yang diberikan. Tahap selanjutnya yaitu mengumpulkan data atau bukti-bukti untuk menyelesaikan masalah yang diberikan. Tahap ini akan lebih bermakna jika siswa melakukan percobaan untuk mengumpulkan data. Selain itu, pembelajaran kimia dengan percobaan akan memberikan pengalaman yang sangat membantu siswa dalam memahami konsep-konsepnya (Wonorahardjo, 2006). Data yang diperoleh selama percobaan, dianalisis untuk menguji prediksi yang telah dibuat. Siswa dilatih kemampuan kognitifnya yakni menginterpretasikan data ke dalam bentuk uraian kata melalui proses menalar, menjelaskan, dan menyimpulkan berdasarkan data hasil pengujian prediksi. Tahap terakhir yaitu merumuskan kesimpulan, dimana siswa akan memperoleh konsep berdasarkan kerja ilmiah yang telah dilakukan. Siswa yang bekerja ilmiah dalam pembelajaran cenderung dapat berpikir secara logis dan kreatif dalam menyelesaikan berbagai masalah termasuk dalam menyelesaikan berbagai latihan soal yang diberikan, sehingga pengalaman belajar siswa akan meningkat. Peningkatan pengalaman belajar siswa akan membawa pengaruh terhadap pemahaman konsep kimia yang berarti juga meningkatkan kemampuan kognitif siswa. Peningkatan kemampuan kognitif siswa pada kelanjutannya akan mempengaruhi kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Pembelajaran inkuiri memiliki tujuan mengembangkan kemampuan berpikir secara sistematis, logis, dan kritis atau mengembangkan kemampuan intelektual sebagai bagian dari proses mental (Sanjaya, 2011). Strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dapat mengarahkan dan membimbing siswa untuk dapat memahami konsep, menjelaskan keterkaitan antar konsep, dan mengaplikasikan konsep dalam memecahkan permasalahan dengan menalar, sehingga dapat meningkatkan pemahaman dan penalaran siswa pada materi reaksi redoks. Hal ini didukung penelitian yang dilakukan oleh Dewi dkk. (2013), menyatakan bahwa dengan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing siswa belajar melakukan sendiri dalam menemukan konsep yang dipelajari berdasarkan masalah yang ada di lingkungan sekitar, sehingga siswa memperoleh pengalaman yang lebih mendalam dan bermakna dalam pikiran mereka, bahkan sebagian besar nilai siswa sudah mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM).

Pada pembelajaran konvensional, siswa lebih banyak dibelajarkan dengan ceramah. Guru memberikan penjelasan tentang konsep yang dibelajarkan secara detail, sehingga siswa lebih mudah dalam memahami konsep yang diajarkan, tetapi siswa tidak diajak untuk belajar berpikir kreatif, kritis, serta belajar memecahkan masalah dan mengambil keputusan, akibatnya kemampuan siswa dalam menganalisis dan mengevaluasi kurang. Percobaan yang dilakukan dikelas kontrol, merupakan percobaan verifikasi atau pembuktian konsep bukan penemuan konsep. Hal inilah yang menyebabkan siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional kurang dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tingginya. Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa strategi pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan hasil yang lebih baik terhadap

kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada materi reaksi redoks dibandingkan strategi pembelajaran konvensional.

Hasil Belajar Afektif Siswa

Hasil belajar afektif diperoleh dari hasil penilaian observer ketika proses pembelajaran berlangsung. Rata-rata nilai afektif siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing ($\bar{X} = 3,5$) lebih besar dibandingkan rata-rata nilai afektif siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional ($\bar{X} = 2,9$). Perbedaan nilai afektif ini disebabkan karena dalam setiap tahapan strategi inkuiri terbimbing, siswa diajak untuk menemukan konsep secara mandiri sehingga siswa lebih aktif dalam mengikuti pembelajaran dikelas. Keaktifan siswa juga dapat diketahui pada saat proses pembelajaran berlangsung, siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing lebih banyak bertanya dan berdiskusi dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional.

Hal ini dapat dilihat dari rata-rata nilai afektif siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing ($\bar{X} = 3,5$) masuk dalam kategori baik, sedangkan rata-rata nilai afektif siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional ($\bar{X} = 2,9$) masuk dalam kategori cukup baik. Rata-rata nilai afektif siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing mengalami peningkatan, sedangkan rata-rata nilai afektif siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional cenderung stagnan. Terdapatnya perbedaan rata-rata nilai afektif siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing dengan siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pekerti dkk. (2013) bahwa strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan secara signifikan hasil belajar siswa serta membuat siswa lebih aktif dan lebih mudah dalam memahami materi selama proses pembelajaran, sehingga hasil belajar siswa meningkat.

SIMPULAN DAN SARAN

Strategi pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan hasil yang lebih baik terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada materi reaksi redoks dibandingkan strategi pembelajaran konvensional. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa yang dibelajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing ($\bar{X} = 79,13$) lebih baik dibandingkan nilai rata-rata siswa yang dibelajarkan dengan strategi konvensional ($\bar{X} = 73,03$).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut: (1) Strategi inkuiri terbimbing terbukti dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi reaksi redoks, sehingga strategi inkuiri terbimbing dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada materi lain yang memiliki karakteristik hampir sama dengan materi reaksi redoks. (2) Penelitian ini hanya mengkaji pengaruh strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dan strategi pembelajaran

konvensional terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa, sehingga perlu dikaji kembali dengan variabel lain misalnya kemampuan berpikir kritis, motivasi belajar siswa, sikap ilmiah siswa, dan sebagainya. (3) Penelitian ini hanya berlaku di SMA Negeri 02 Batu dan tidak dapat dijadikan tolak ukur untuk semua SMA di Kota Batu, sehingga peneliti lain dapat melanjutkan dengan subyek penelitian yang berbeda.

DAFTAR RUJUKAN

- Dewi, N. L., Dantes, N., & Sadia, I. W. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Sikap Ilmiah dan Hasil Belajar IPA. *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha*. (Online), Nomor 3: 1-10 (http://119.252.161.254/e-journal/index.php/jurnal_pendas/article/view/512, diakses 18 April 2017).
- Hartono, S. 2014. *Kurikulum 2013 Lebih Mengarahkan Pendidikan Karakter, Ciptakan Siswa Lebih Aktif dan Kreatif*, (Online), (<http://kemdikbud.go.id/kemdikbud/berita/3182>, diakses 26 September 2016).
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2013. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 69 tahun 2013 tentang Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI.
- Nafis, M. R. A. 2015. *Perbedaan Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI MIA SMA Negeri I Malang yang Dibelajarkan Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dan Model Pembelajaran Ekspositori pada Materi Larutan Penyangga*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- OECD. 2016. *PISA 2015 Results in Focus*. Rusia: OECD.
- Pekerti, F. A., Jalmo, T., & Marpaung, R. R. T. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Aktivitas dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Bioterdidik*. (Online), Nomor 7 (<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=288146&val=7233&title=PENGARUH%20MODEL%20PEMBELAJARAN%20INKUIRI%20TERBIMBING%20TERHADAP%20AKTIVITAS%20DAN%20HASIL%20BELAJAR%20SISWA>, diakses 20 April 2017).
- Rahmawati. 2016. *Hasil TIMSS 2015: Trend in International Mathematics and Science Study*, (Online), (<http://puspendik.kemdikbud.go.id/seminar/upload/Rahmawati-Seminar%20Hasil%20TIMSS%202015.pdf>, diakses 3 April 2017).
- Ramadhani, L.R. 2010. *Pengaruh Penerapan Metode Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry) terhadap Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI IPA MAN 3 Malang pada Materi Kelartan dan Hasil Kali Kelarutan*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.

- Rofiah, E., Aminah, S. N., & Ekawati, E. Y. 2013. Penyusunan Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Fisika pada Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*. (Online), 1(2) : 12
(<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=141267&val=5821>, diakses 28 September 2016).
- Sandi, T. 2015. Hasil Belajar Kimia melalui Pemanfaatan Lingkungan sebagai Sumber Belajar dengan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing. *Jurnal Nalar Pendidikan*. (Online), 3(1) : 293-300, (<http://oaji.net/articles/2015/2196-1436545518.pdf>, diakses 9 Mei 2017).
- Sanjaya, W. 2011. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Media Group.
- Wonorahardjo, S. 2006. Filosofi Konstruktivisme dalam Pembelajaran Kimia. Dalam I. W. Dasna & Sutrisno (Eds.), *Model-Model Pembelajaran Konstruktivistik dalam Pembelajaran Sains-Kimia* (hlm. 1-29), Malang: Jurusan Kimia FMIPA UM.

Made Irma Rusmayanti, dkk_Pembelajaran Kimia

Implementasi Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Pendekatan *Science, Environment, Technology, and Society* (SETS) terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Laju Reaksi

Made Irma Rusmayanti, I Wayan Dasna, Hayuni Retno W
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: idasna@um.ac.id

Abstrak: Kajian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi strategi pembelajaran inkuiri terbimbing yang dipadukan dengan pendekatan *Science, Environment, Technology, and Society* (SETS) dan pengaruhnya terhadap Keterampilan Proses Sains siswa pada materi Laju Reaksi. Berdasarkan hasil observasi terhadap beberapa pengajar kimia di salah satu SMA di Kota Malang diperoleh hasil bahwa strategi pembelajaran yang diterapkan masih tergolong konvensional sehingga berpengaruh terhadap tingkat Keterampilan Proses Sains siswa. Salah satu alternatif untuk mengembangkan Keterampilan Proses Sains adalah dengan menggunakan strategi inkuiri terbimbing dengan pendekatan SETS. Menurut kajian membelajarkan konsep laju reaksi dengan strategi inkuiri terbimbing dengan pendekatan SETS mampu mengembangkan Keterampilan Proses Sains pada siswa.

Kata kunci: Inkuiri Terbimbing, SETS, Keterampilan Proses Sains, Laju Reaksi

Abstract: The aims of this study were to describe the implementation of guided inquiry learning strategies combined with SETS approach and its impact to students science process skills on reaction rate. Based on observations of several chemistry teacher in one of the senior high schools in Malang showed that the learning strategies applied was still conventional so that the students science process skill was still relatively low. One of alternative to develop the students science process skill was to use guided inquiry strategies combined with SETS approach. Based on literature analyze, teaching about concept of reaction rate with guided inquiry learning strategies combined with SETS approach can develop the students science process skill.

Key words: guided inquiry learning strategies, SETS, science process skill, reaction rate

Penguasaan konsep kimia merupakan unsur penting yang harus dimiliki siswa, karena dapat membantu siswa dalam mengaplikasikan konsep dalam kehidupan sehari-hari (Arends, 2012). Materi laju reaksi adalah salah materi kimia yang bersifat abstrak. Dalam pokok bahasan laju reaksi, yang dapat disebut sebagai konsep yang bersifat abstrak antara lain mengenai perubahan yang terjadi pada reaktan dan produk pada saat terjadinya reaksi dalam satuan waktu. Contohnya

pada saat mereaksikan logam magnesium (Mg) dengan larutan asam klorida (HCl), seiring bertambahnya waktu maka akan terjadi perubahan atau menghasilkan produk berupa magnesium klorida dengan gas hidrogen. Reaksi tersebut tentu saja tidak dapat dilihat secara kasat mata oleh siswa atau bersifat abstrak. Menurut observasi yang telah dilakukan di salah satu SMA Negeri di kota Malang, hasil pembelajaran dalam materi laju reaksi belum mencapai SKM (Standar Ketuntasan Minimal). Siswa masih belum terlihat aktif dalam pembelajaran, hal tersebut dapat disebabkan karena guru masih menerapkan pembelajaran yang *teacher centered* sehingga siswa tidak terbiasa terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran seperti bertanya presentasi, dan melakukan diskusi kelas.

Salah satu cara untuk membuat siswa aktif adalah dengan memberi kesempatan siswa menggali konsep yang akan dipelajari secara mandiri. Untuk mengajak siswa menemukan konsep secara mandiri dapat menerapkan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing. Menurut Sanjaya (2006) pembelajaran inkuiri terbimbing merupakan kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan. Selain keterlibatan aktif siswa dalam kegiatan belajar yang menggunakan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing, diharapkan juga siswa dibelajarkan dengan pendekatan pembelajaran yang mampu meningkatkan relevansi konsep-konsep kimia dalam kehidupan sehari-hari sehingga proses belajar mengajar menjadi lebih bermakna. Salah satu pendekatan dalam pembelajaran yang mampu memberikan pembelajaran bermakna dan meningkatkan relevansi konsep kimia ke dalam kehidupan sehari-hari adalah pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology and Society*). Tujuan dari pendekatan SETS adalah untuk membentuk individu yang memiliki literasi sains dan teknologi serta memiliki kepedulian terhadap masalah masyarakat dan lingkungan (Poedjadi, 2005).

Membelajarkan konsep laju reaksi dengan strategi inkuiri terbimbing dipadukan dengan pendekatan SETS diharapkan mampu membuat siswa aktif dalam pembelajaran dan merasa tidak jenuh sehingga dapat mengembangkan keterampilan-keterampilan pada seperti bertanya, mengidentifikasi masalah, menyimpulkan, berkomunikasi, dan menyampaikan pendapat. Keterampilan-keterampilan tersebut dapat dikembangkan melalui melatih keterampilan proses sains pada siswa. Keterampilan proses sains (KPS) adalah kemampuan yang dimiliki siswa untuk menerapkan metode ilmiah dalam memahami, mengembangkan dan menemukan ilmu pengetahuan (Dahar & Siregar, 1996). Keterampilan proses sains (KPS) meliputi keterampilan: (1)mengamati atau mengobservasi, (2)menemukan hubungan, (3)mengukur, (4)merancang dan melakukan percobaan, (5)mengumpulkan dan mengolah data, dan (6)menyimpulkan.

PEMBAHASAN

Inkuiri Terbimbing

Inkuiri Terbimbing (*guided inquiry*) merupakan salah satu model pengajaran yang dirancang untuk mengajarkan konsep-konsep dan hubungan antar konsep. Ketika menggunakan model pembelajaran ini, guru menyajikan contoh-contoh tersebut, dan memberikan semacam penutup ketika siswa telah mampu mendeskripsikan gagasan yang diajarkan oleh guru (Hamalik, 2008). Menurut Kuhlthau dkk. (2007) inkuiri terbimbing sebagai strategi pembelajaran memiliki beberapa manfaat baik bagi siswa maupun bagi guru, manfaat pembelajaran inkuiri terbimbing bagi siswa adalah: (1)membantu siswa menyusun pengetahuannya sendiri, (2)meningkatkan percaya diri siswa dalam meneliti dan belajar, (3)mengembangkan bakat individual secara optimal, (4)meningkatkan motivasi siswa, dan (5)mengembangkan kemampuan sosial, bahasa, dan membaca. Manfaat pembelajaran inkuiri terbimbing bagi guru adalah guru dapat mengembangkan ide dan rencana pembelajaran dengan lebih kreatif serta dapat mengajar materi dan keterampilan menyampaikan informasi secara serentak. Materi laju reaksi dapat diterapkan dengan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing karena disajikan dengan data atau informasi dan percobaan. Siswa mengolah data dan melakukan percobaan untuk mendapatkan suatu kesimpulan. Kesimpulan tersebut menjadi konsep yang dimiliki oleh siswa dari proses belajar yang dilakukan

Tahap pembelajaran inkuiri terbimbing menurut Hanson (2005) terdiri dari 5 (lima) tahapan, yaitu *Orientation*, *Exploration*, *Concept Formation*, *Application*, dan *Closure*. Penjelasan tahapan pembelajaran inkuiri terbimbing menurut Hanson disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Menurut Hanson (2005)

Fase	Kegiatan
1. <i>Orientation</i>	Membantu siswa merumuskan permasalahan dan hipotesis yang diamati. Tahap ini dilakukan dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang bersifat menggali, memfokuskan dan menuntun siswa pada pokok persoalan yang akan dikaji.
2. <i>Exploration</i>	Membantu siswa mengolah informasi yang sudah dikumpulkan. Pada tahap ini siswa memiliki kesempatan untuk melakukan pengamatan, mendesain eksperimen, mengumpulkan, meneliti dan menganalisis data atau informasi hubungan, mengusulkan pendapat, pertanyaan dan menguji hipotesis.
3. <i>Concept formation</i>	Pada tahap ini konsep ditemukan, diperkenalkan dan dibentuk sebagai hasil dari eksplorasi. Proses ini didesain dengan memberikan pertanyaan.
4. <i>Application</i>	Melibatkan penggunaan pengetahuan baru yang siswa dapatkan dalam latihan maupun pemecahan masalah kemudian diaplikasikan dalam berbagai situasi seperti latihan yang memungkinkan siswa untuk menerapkannya pada situasi sederhana hingga permasalahan dikehidupan nyata.
5. <i>Closure</i>	Merumuskan kesimpulan berdasarkan fakta. Proses ini merupakan kegiatan akhir dimana siswa memvalidasi hasil belajar mereka, merenungkan apa yang telah mereka pelajari, dan menilai kinerja mereka

Pendekatan SETS

Pendekatan SETS merupakan suatu pendekatan yang melibatkan unsur sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Pendekatan ini memadukan pemikiran STS (*Science, Technology, and Society*) dan EE (*Environmental Education*) dengan memberi filosofi baru di dalamnya. Melalui pendekatan ini siswa dikondisikan agar mau dan mampu menerapkan prinsip sains (sederhana atau yang lebih rumit tergantung jenjang pendidikannya), disertai dengan pemikiran untuk mengurangi atau mencegah kemungkinan dampak negatif yang mungkin timbul dari munculnya produk teknologi terhadap lingkungan dan masyarakat (Poedjadi, 2005). Pendekatan SETS memberi peluang terhadap pemikiran yang lebih mendalam tentang keterkaitan timbal balik antara sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat.

Implementasi Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Pendekatan SETS

Melalui penerapan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dengan pendekatan SETS dapat membuat siswa memandang segala sesuatu secara terintegrasi, yaitu memperhatikan unsur-unsur yang terdapat dalam SETS yaitu sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat sehingga guru dapat menghubungkan konsep-konsep sains yang dibelajarkan dengan permasalahan yang terjadi di masyarakat, dan lingkungan sehari-hari siswa. Sintak pembelajaran inkuiri terbimbing dengan pendekatan SETS dapat dilihat pada Tabel 2.

Keterampilan Proses Sains (KPS)

Keterampilan proses sains (*science process skills*) merupakan keterampilan yang dilakukan oleh para ilmuwan, seperti mengamati, mengukur, mengelompokkan, dan menyimpulkan (Rahayu, dkk., 2015). Keterampilan proses menurut *Science A Process Approach* (SAPA) membagi keterampilan proses sains dalam dua kelompok besar, yaitu keterampilan proses sains dasar (*basic science process skills/ BSPS*) dan keterampilan proses sains terpadu (*integrated science process/ISPS*). Keterampilan proses sains dasar meliputi pengamatan, pengklasifikasian, penggunaan bilangan dan pengukuran. Keterampilan proses sains terpadu meliputi pengontrolan variabel, perumusan hipotesis, dan melakukan percobaan. Tujuan pengajaran sains dalam keterampilan proses sains adalah sebagai proses untuk meningkatkan keterampilan berpikir siswa, sehingga siswa tidak hanya mampu dan terampil dalam bidang psikomotorik dan hanya menghafal. Keterampilan proses sains (KPS) meliputi keterampilan (1) mengamati atau mengobservasi, (2) menemukan hubungan, (3) mengukur, (4) merancang dan melakukan percobaan, (5) mengumpulkan dan mengolah data, dan (6) menyimpulkan.

Penjabaran aspek keterampilan proses sains (KPS) dari beberapa ahli (Karsli & Sahin, 2009; Keil, dkk., 2009; Semiawan, 1994) dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Sintak Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Pendekatan SETS

Fase	Kegiatan
1 <i>Orientation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan masalah sehari-hari yang berkaitan dengan materi laju reaksi, contohnya “<i>perbedaan kecepatan antara penguraian plastik di lingkungan yang terjadi sangat lambat dengan pembakaran kembang api yang cepat</i>” • Melakukan diskusi dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan kepada siswa terkait contoh masalah yang diberikan dan mengaitkannya dengan materi yang akan dipelajari hari ini (laju reaksi). • Membaca dan mendiskusikan contoh dampak yang dapat ditimbulkan dari permasalahan yang diangkat. <p><i>*Pada tahap ini pendekatan SETS mulai dimunculkan dengan memberi rangsangan kepekaan terhadap sains, environment, teknologi, and society seperti dampak atau akibat</i></p> <p style="padding-left: 20px;"><i>Contohnya, “karena penguraian sampah plastik membutuhkan waktu yang lama maka dapat menimbulkan masalah pada lingkungan”.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mendiskusikan hasil analisis siswa terhadap masalah dan menelaah yang telah dibaca berdasarkan pertanyaan yang diajukan pada LKS bersama kelompoknya, mengajukan hipotesis.
2 <i>Exploration</i>	<p>Membimbing siswa untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memberikan contoh ataupun data agar siswa mulai mempelajari konsep. • Mendiskusikan dan merencanakan pengamatan untuk pemecahan masalah. • Mengumpulkan, meneliti dan menganalisis data atau informasi hubungan, mengusulkan pendapat, pertanyaan dan menguji hipotesis.
3 <i>Concept formation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Membantu siswa mengolah informasi yang sudah dikumpulkan sehingga mendapatkan suatu konsep.
4 <i>Application</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberikan bacaan berupa artikel yang terkait dengan permasalahan yang diangkat kemudian siswa mendiskusikan bersama kelompoknya dan menjawab pertanyaan-pertanyaan. • Siswa bersama teman kelompoknya memberikan solusi sebagai upaya menanggulangi permasalahan yang diangkat kemudian melakukan diskusi kelas. <p><i>*Pada tahap ini pendekatan SETS kembali dimunculkan dengan memberikan contoh masalah berupa artikel kemudian ditelaah oleh siswa dan memberikan solusi terhadap dampak masalah dari segi science, environment, technology and society.</i></p>
5 <i>Closure</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menyimpulkan pembelajaran hari ini atau apa saja pembelajaran hari ini yang telah didapatkan.

Tabel 3. Penjabaran Aspek pada Keterampilan Proses Sains (KPS)

No.	Aspek pada KPS	Deskripsi
1.	Mengamati dan mengobservasi	<ul style="list-style-type: none"> • Menemukan perbedaan dan persamaan antara objek • Mencocokkan objek pengamatan dengan deskripsi atau penjelasan yang telah diberikan • Mengidentifikasi karakteristik objek (bentuk, warna, ukuran dan tekstur)
2.	Menemukan hubungan	<ul style="list-style-type: none"> • Mendeskripsikan posisi/kondisi objek (mula-mula, selama proses berlangsung, dan setelah proses berakhir) • Mendeskripsikan kondisi objek yang dibandingkan dengan objek yang lain • Merancang pola/hubungan timbal balik untuk cara dan bentuk yang mempertimbangkan apresiasi ilmiah
3.	Mengukur	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dalam kondisi yang diberikan menggunakan satuan yang sesuai dengan tingkat akurasi yang sesuai • Menggunakan pengukuran standar, pendekatan untuk membuat perbandingan dan mendeskripsikan objek
4.	Merancang dan melakukan percobaan	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi apa yang diukur atau dibandingkan dalam investigasi yang diberikan • Mengenali batasan metode dan alat yang digunakan dalam eksperimen • Menggunakan prosedur yang aman selama melakukan investigasi • Menggunakan peralatan yang sesuai
5.	Mengumpulkan dan mengolah data	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi hubungan antar variabel dari grafik atau tabel yang diberikan dari data • Mendeskripsikan hasil analisa berdasarkan data dengan menentukan pola yang jelas
6.	Menyimpulkan	<ul style="list-style-type: none"> • Mengusulkan penjelasan untuk gejala yang didasarkan pada observasi • Menganalisis sebab dan akibat dari keputusan • Mengorganisasi data yang diamati untuk memberikan solusi yang memungkinkan

Hubungan antara pembelajaran inkuiri terbimbing melalui pendekatan SETS dengan keterampilan proses sains yang dilatihkan kepada siswa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 4. Hubungan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Pendekatan SETS dengan KPS

Pembelajaran Inkuiri Terbimbing	Kegiatan	Keterampilan Proses Sains
Orientation	<ul style="list-style-type: none"> Menampilkan masalah sehari-hari yang berkaitan dengan materi laju reaksi, contohnya "<i>perbedaan kecepatan antara penguraian plastik di lingkungan yang terjadi sangat lambat dengan pembakaran kembang api yang cepat</i>" Melakukan diskusi dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan kepada siswa terkait contoh masalah yang diberikan dan mengaitkannya dengan materi yang akan dipelajari hari ini (laju reaksi). Membaca dan mendiskusikan contoh dampak yang dapat ditimbulkan dari permasalahan yang diangkat. <i>*Pada tahap ini pendekatan SETS mulai dimunculkan dengan memberi rangsangan kepekaan terhadap sains, environment, teknologi, and society seperti dampak atau akibat</i> Contohnya, "<i>karena penguraian sampah plastik membutuhkan waktu yang lama maka dapat menimbulkan masalah pada lingkungan</i>". Mendiskusikan hasil analisis siswa terhadap masalah dan menelaah yang telah dibaca berdasarkan pertanyaan yang diajukan pada LKS bersama kelompoknya, mengajukan hipotesis. 	Mengobservasi/ Mengamati fenomena/masalah Menemukan hubungan antara masalah dengan konsep
Exploration	Membimbing siswa untuk: <ul style="list-style-type: none"> Memberikan contoh ataupun data agar siswa mulai mempelajari konsep. Mendiskusikan dan merencanakan pengamatan untuk pemecahan masalah. Mengumpulkan, meneliti dan menganalisis data atau informasi hubungan, mengusulkan pendapat, pertanyaan dan menguji hipotesis. 	Mengobservasi /Mengamati; Mengukur; Merancang & melakukan percobaan
Concept Formation	<ul style="list-style-type: none"> Membantu siswa mengolah informasi yang sudah dikumpulkan sehingga mendapatkan suatu konsep. 	Mengumpulkan dan mengolah data
Application	<ul style="list-style-type: none"> Siswa diberikan bacaan berupa artikel yang terkait dengan permasalahan yang diangkat kemudian siswa mendiskusikan bersama kelompoknya dan menjawab pertanyaan-pertanyaan. Siswa bersama teman kelompoknya memberikan solusi sebagai upaya menanggulangi permasalahan yang diangkat kemudian melakukan diskusi kelas. <i>*Pada tahap ini pendekatan SETS kembali dimunculkan dengan memberikan contoh masalah berupa artikel kemudian ditelaah oleh siswa dan memberikan solusi terhadap dampak masalah dari segi science, environment, technology and society.</i> 	Menemukan hubungan Menyimpulkan
Closure	Siswa menyimpulkan pembelajaran hari ini atau apa saja pembelajaran hari ini yang telah didapatkan.	Menyimpulkan

SIMPULAN

Berdasarkan kajian teoritis, dapat disimpulkan bahwa penerapan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dengan pendekatan SETS pada materi laju reaksi mampu memunculkan keterampilan proses sains pada siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Arends, R.I. 2012. *Learning to Teach ninth edition*. New York: McGraw-Hill. Century, (Online), (<http://www.worldcat.org/title/guided-inquiry-learning-in-the-21st-century/oclc/1001653795?referer=di&ht=edition>, diakses 9 Januari 2017).
- Dahar, R.W. & Siregar, N. 1996. *Pedagogi Materi Subyek: Dasar-dasar Pengembangan PBM*. Bandung: Pascasarjana UPI Bandung.
- Hamalik, O. 2008. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: Sinar Grafika.
- Hanson, D. 2005. *Designing Process-Oriented Guided-Inquiry Activities*. New York: Stony Brook University.
- Karsli, F. & Sahin, C. 2009. Developing worksheet based on science process skills: Factors affecting solubility. *In Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching*, 10(1), April.
- Keil, C., Haney, J., & Zoffel, J. 2009. Improvements In Student Achievement and Science Process Skills Using Environmental Health Science Problem-Based Learning Curricula. *Electronic Journal of Science Education*, 13(1).
- Kuhlthau, C.C., Maniotes, L.K., & Caspari, A.K. 2007. *Guided Inquiry: Learning in The 21st*. USA: Greenwood Publishing Group.
- Poedjadi, A. 2005. *Sains Teknologi Masyarakat*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Rahayu, E., Susanto, H., & Yulianti, D. 2011. Pembelajaran Sains dengan Pendekatan Keterampilan Proses Untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 7(2).
- Sanjaya, W. 2006. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media.
- Semiawan, C. 1994. *Pendekatan Keterampilan Proses, Bagaimana Mengaktifkan Siswa dalam Belajar*. Jakarta: Gramedia.

Yezhi Prisvitasari, dkk_Pembelajaran Kimia

Analisis Pengetahuan Metakognitif Larutan Penyangga Siswa Kelas XI IPA SMAN 1 Trenggalek

Yezhi Prisvitasari, Effendy, Nazriari
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: effendy.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan tingkat pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural dan pengetahuan kondisional siswa serta mengetahui sebaran kelompok pengetahuan metakognitif ditinjau dari tingkat berpikir siswa kelas XI IPA SMA. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Sampel penelitian ialah 60 siswa kelas XI IPA 1 dan XI IPA 7 SMAN 1 Trenggalek. Instrumen penelitian berupa instrumen tes pengetahuan metakognitif terdiri dari 10 item soal deklaratif, 3 item soal prosedural dan 2 item soal kondisional. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengetahuan deklaratif siswa lebih tinggi dari pengetahuan prosedural. Pengetahuan prosedural siswa lebih tinggi dari pengetahuan kondisional. Tingkatan pengetahuan metakognitif siswa kelas XI IPA SMAN 1 Trenggalek dapat dikategorikan menjadi 4 kelompok, yakni: (1)kelompok sangat rendah sebanyak 1 siswa (1,7%), (2)kelompok rendah sebanyak 4 siswa (6,7%), (3)kelompok rata-rata sebanyak 35 siswa (58,3%), dan (4)kelompok tinggi sebanyak 20 siswa (33,3%), sedangkan kelompok yang ke-5 (kelompok sangat tinggi), belum ada sama sekali siswa yang memiliki pengetahuan metakognitif pada tingkat ini (0%).

Kata kunci: pengetahuan metakognitif, deklaratif, prosedural, kondisional, larutan penyangga

Abstract: The purpose of this research were to know different level of the declarative knowledge, procedural knowledge and conditional knowledge of students and to know the distribution of metacognitive knowledge groups in terms of the level thinking of students class 11th science senior high school. This research was a descriptive research. Sample of this research is 60 students of class 11th science 1 and 11th science 7 Trenggalek Senior High School. Research datas were gathered through a metacognitive knowledge test instrument consisting of 10 items about declarative, 3 items about procedural and 2 items about conditional. The analysis show that the level of student's declarative knowledge was higher than procedural knowledge. The student's procedural knowledge was higher than conditional knowledge. The level metacognitive knowledge of students 11th science Trenggalek Senior High School could be categorized into 4 groups, namely: (1)very low group of 1 student (1.7%), (2)low group of 4 students (6.7%), (3)the average group of 35 students (53.3%), and (4)high group of 20 students (33.3%), whereas 5th very high group of metacognition in which there were no students at this level yet (0%).

Keywords: metacognitive knowledge, declarative, procedural, conditional, buffer solution

Larutan Penyangga merupakan materi yang diajarkan kepada siswa SMA dan MA kelas XI semester 2. Larutan Penyangga termasuk materi yang berpotensi sulit dipahami siswa karena terdiri atas konsep-konsep abstrak yang didasari konsep-konsep lain, memerlukan kemampuan matematik/algoritmik dan kemampuan berpikir abstrak untuk memahaminya, serta melibatkan representasi makroskopis, submikroskopis, dan simbolik. Menurut Susanti (2015) pokok bahasan larutan penyangga memiliki karakteristik materi yang bersifat: konseptual, prosedural dan matematik/algoritmik.

Kesulitan siswa memahami Larutan Penyangga disebabkan karena siswa belum mampu memaknai dan menginterpretasi ketiga representasi kimia, hal ini berdampak siswa mengalami salah konsep/miskonsepsi. Menurut Yusria (2016) tingkat pemahaman siswa SMA pada representasi makroskopik materi larutan penyangga termasuk sangat tinggi (88,1%), tingkat pemahaman siswa pada representasi simbolik materi larutan penyangga termasuk sedang (52,9%), sedangkan tingkat pemahaman siswa pada representasi submikroskopik materi larutan penyangga termasuk sangat kurang (18,1%). Pemahaman siswa pada representasi submikroskopis sangat kurang menyebabkan siswa kesulitan memahami konsep-konsep dan materi Larutan Penyangga dengan baik dan utuh, hal ini mengakibatkan siswa mengalami salah konsep.

Menurut Rosi (2016) miskonsepsi siswa pada pembelajaran kimia materi Larutan Penyangga tersebar di semua konsep, miskonsepsi paling banyak terjadi pada prinsip kerja larutan penyangga sebesar 51% dan terendah pada sifat larutan penyangga sebesar 31%. Turyasni (2008) mengungkapkan hanya sebagian kecil siswa (1,2%) yang memiliki pemahaman utuh pada materi larutan penyangga.

Thomas dkk. (2014:140) berpendapat bahwa salah satu upaya memfasilitasi siswa menghubungkan pemahaman mengenai representasi makroskopis, submikroskopis dan simbolik secara sadar yaitu dengan melibatkan metakognisi ke dalam proses pembelajaran. Metakognisi ialah kemampuan dan kesadaran untuk mengontrol, mengendalikan serta mengatur aspek-aspek kognisi pada diri seseorang. Metakognisi diperlukan untuk mengembangkan kemampuan berpikir abstrak sehingga siswa mampu menghubungkan ketiga representasi kimia menjadi pemahaman konsep Larutan Penyangga yang utuh dan benar. Penggunaan metakognisi menyatu dalam pemikiran siswa dapat menyebabkan pembelajaran lebih baik dan kinerja lebih tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan tingkat pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural dan pengetahuan kondisional siswa serta mengetahui sebaran kelompok pengetahuan metakognitif ditinjau dari tingkat berpikir siswa kelas XI IPA SMAN 1 Trenggalek pada materi Larutan Penyangga.

METODE

Penelitian yang dilakukan menggunakan rancangan penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang berusaha menggambarkan subjek yang diteliti sesuai dengan apa adanya, dengan tujuan menggambarkan secara sistematis, fakta dan karakteristik subjek yang diteliti secara tepat. Populasi penelitian ialah 224 siswa kelas XI IPA SMAN 1 Trenggalek tahun ajaran 2016-

2017 yang tersebar dalam 7 kelas homogen. Subjek penelitian ialah 60 siswa kelas XI IPA 1 dan XI IPA 7.

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data ialah instrumen tes pengetahuan metakognitif terdiri dari 10 item soal deklaratif, 3 item soal prosedural dan 2 item soal kondisional. Instrumen yang digunakan dikembangkan oleh peneliti dengan mengacu pada kriteria aspek pengetahuan deklaratif, prosedural dan kondisional. Uji coba instrumen dilaksanakan di kelas XI IPA 6 sejumlah 30 siswa. Sebelum digunakan sebagai instrumen penelitian, diverifikasi melalui validitas isi, validitas butir soal dan reliabilitas isi tes.

Tahap pengumpulan data diawali dengan tahap persiapan dan pengumpulan data. Data penelitian berupa skor tes pengetahuan metakognitif siswa. Data yang terkumpul kemudian dilakukan analisis. Teknik analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural dan pengetahuan kondisional siswa. Langkah-langkah analisis data ialah: (1)mengoreksi jawaban siswa dengan berpedoman pada rubrik penilaian. (2)menghitung masing-masing jumlah siswa yang menjawab benar untuk soal deklaratif, prosedural dan kondisional. (3)menghitung skor rerata (*mean*) yang diperoleh siswa. (4)membandingkan skor rerata (*mean*) siswa menggunakan uji *compare mean* dengan *onesample-t test* pada program SPSS 16,0 *for windows*. Kemudian hasilnya dibandingkan antara t_{hitung} dan t_{tabel} , (5)mengolah data tes untuk mendapatkan persentase ketercapaian siswa pada tiap komponen pengetahuan deklaratif, prosedural dan kondisional, (6)menganalisis dan mendiskripsikan masing-masing tingkatan kelompok pengetahuan metakognitif siswa sesuai fakta hasil penelitian yang diperoleh, dan (7)menyimpulkan pengetahuan metakognitif siswa dan mengkaitkan dengan pembelajaran kimia khususnya materi larutan penyangga. Adapun rumus persentase ketercapaian ialah:

$$\% \text{ ketercapaian} = \frac{\sum \text{ skor tiap komponen}}{\sum \text{ skor maksimal tiap komponen}} \times 100\%$$

- Skor maksimal soal deklaratif = 10
- Skor maksimal soal prosedural = 11
- Skor maksimal soal kondisional = 9

Skor maksimal = skor maksimal deklaratif + skor maksimal prosedural
 + skor maksimal kondisional
 Skor maksimal = 10 + 11 + 9 = 30

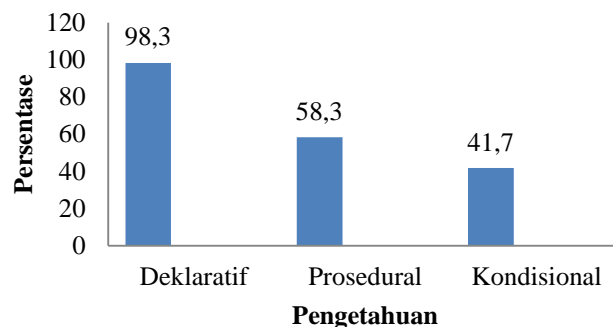
Kriteria ketercapaian pengetahuan metakognitif diintrepetasikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Ketercapaian Pengetahuan Metakognitif

No.	Persentil (P)	Skor	Kelompok
1.	≤ P20	0-6	Sangat rendah
2.	P20 < n ≤ P40	7-12	Rendah
3.	P40 < n ≤ P60	13-18	Rata-rata
4.	P60 < n ≤ P80	19-24	Tinggi
5.	> P80	25-30	Sangat tinggi

HASIL

Data penelitian yang terkumpul berupa jawaban dari soal-soal pengetahuan metakognitif siswa kelas XI IPA 1 dan XI IPA 7 SMAN 1 Trenggalek berjumlah 60 siswa dikoreksi dan diberi skor sesuai rubrik penilaian, didapatkan sejumlah 59 siswa (98,3%) menjawab benar soal deklaratif, sebanyak 35 siswa (58,3%) menjawab benar soal prosedural, dan untuk soal kondisional hanya terdapat 25 siswa (41,7%) yang menjawab benar. Jumlah siswa yang menjawab benar tes pengetahuan metakognitif ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Siswa yang Menjawab Benar Tes Pengetahuan Metakognitif

Setelah diketahui jumlah masing-masing siswa yang menjawab benar soal deklaratif, prosedural dan kondisional, selanjutnya menghitung dan mengolah skor rerata (*mean*) pengetahuan deklaratif, prosedural dan kondisional. Ketiga nilai rerata kemudian di uji *compare mean* dengan *one sample-t test* pada program SPSS 16,0 for windows dan hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skor Tes Pengetahuan Metakognitif Siswa

Pengetahuan	\bar{x}	s	n
Deklaratif	8,0	1,3	60
Prosedural	6,2	1,7	60
Kondisional	3,4	1,7	60

Pengetahuan metakognitif siswa kelas XI IPA SMAN 1 Trenggalek dikelompokkan menjadi beberapa tingkatan berdasarkan Persentil (P), disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sebaran Tingkatan Kelompok Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelas XI IPA

No.	Persentil	Skor	Jumlah Siswa	%	Kelompok
1.	$\leq P20$	0-6	1	1,7	Sangat rendah
2.	$P20 < n \leq P40$	7-12	4	6,7	Rendah
3.	$P40 < n \leq P60$	13-18	35	58,3	Rata-rata
4.	$P60 < n \leq P80$	19-24	20	33,3	Tinggi
5.	$> P80$	25-30	0	0	Sangat tinggi

PEMBAHASAN

Skor rerata (\bar{x}) deklaratif siswa ialah 8,0. Skor rerata (\bar{x}) prosedural siswa ialah 6,2. Skor rerata (\bar{x}) kondisional siswa ialah 3,4. Interval skor untuk tes pengetahuan deklaratif ialah 1-10. Interval skor untuk tes pengetahuan prosedural ialah 1-11. Interval skor untuk tes pengetahuan kondisional ialah 1-9. Skor maksimal yang diperoleh siswa pada tes pengetahuan metakognitif ialah 30 merujuk hasil yang terdapat pada Tabel 2. Hasil output dari uji *compare mean* menunjukkan bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$, ($t_{tabel} = 0,3$) dengan standar deviasi 1,3 – 1,7 pada taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$). Standar deviasi ialah nilai statistik yang digunakan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel dan seberapa dekat titik data individu ke *mean* atau rata-rata nilai sampel. Sebuah nilai deviasi yang lebih besar akan memberikan makna bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata (*mean*) sampel. Berdasarkan Tabel 2 diketahui standar deviasi (s) untuk pengetahuan prosedural dan pengetahuan kondisional siswa (1,7) yang lebih besar dari standar deviasi (s) pengetahuan deklaratif (1,3), berarti nilai individu siswa untuk soal prosedural dan soal kondisional jauh dari rata-rata (*mean*) sampel. Maka skor tertinggi siswa pada soal deklaratif, skor urutan kedua ialah pada soal prosedural dan skor terendah siswa pada soal kondisional.

Faktor penyebab skor pengetahuan deklaratif siswa lebih tinggi dari pada skor pengetahuan prosedural dan kondisional ialah perbedaan kemampuan (pemanggilan pengetahuan, informasi dan data) yang dibutuhkan siswa untuk menyelesaikan soal pada tes pengetahuan metakognitif. Soal deklaratif berupa konsep larutan penyangga asam dan konsep larutan penyangga basa. Untuk mampu menjawab soal deklaratif, siswa harus memahami dan menguasai konsep-konsep dasar larutan penyangga asam dan konsep-konsep dasar larutan penyangga basa. Soal prosedural berupa tes yang membutuhkan langkah-langkah terstruktur untuk menyelesaikannya. Untuk mampu menjawab soal prosedural, siswa harus menguasai konsep-konsep pada larutan penyangga dan sekaligus memiliki pemahaman algoritmik/matematik pada materi larutan penyangga misalnya tentang langkah-langkah perhitungan pH larutan penyangga, dan perhitungan perubahan pH larutan penyangga setelah penambahan sedikit asam kuat, sedikit basa kuat atau air. Soal kondisional berupa tes yang membutuhkan penjelasan, alasan dan strategi kognitif yang tepat untuk mengerjakannya. Untuk mampu menjawab soal kondisional, siswa harus mempunyai strategi kognitif menggabungkan dan mengaplikasikan pengetahuan deklaratif dan prosedural.

Tingkatan pengetahuan metakognitif siswa kelas XI SMAN 1 Trenggalek diklasifikasikan menjadi 4 kelompok berdasarkan hasil yang terdapat pada Tabel 3, yakni: (1)kelompok sangat rendah sebanyak 1 siswa, (2)kelompok rendah sebanyak 4 siswa, (3)kelompok rata-rata sebanyak 35 siswa, dan (4)kelompok tinggi sebanyak 20 siswa.

Kelompok sangat rendah ialah siswa yang memperoleh rentang skor 0-6. Siswa kelompok sangat rendah memiliki pengetahuan deklaratif lebih dominan daripada pengetahuan prosedural dan pengetahuan kondisional. Siswa hanya mampu mengerjakan soal deklaratif. Faktor penyebabnya ialah siswa kelompok ini tidak memiliki perencanaan dan strategi kognitif untuk menyelesaikan soal

prosedural dan soal kondisional. Ada seorang siswa yang memiliki pengetahuan metakognitif tergolong kelompok sangat rendah. Siswa ini mampu menjawab 5 soal dengan benar dari 10 soal tes pengetahuan deklaratif, sedangkan untuk tes pengetahuan prosedural dan kondisional, siswa ini tidak menulis apapun atau tidak menjawab. Rerata ketiga pengetahuan siswa kelompok ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rerata Skor Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelompok Sangat Rendah

Skor Total	Jumlah siswa	Deklaratif	Prosedural	Kondisional
5	1	5	0	0

Kelompok rendah ialah siswa yang memperoleh rentang skor 7-12. Ada 4 siswa yang memiliki pengetahuan metakognitif tergolong kelompok rendah. Siswa kelompok rendah antara pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural dan pengetahuan kondisionalnya memiliki interval skor yang tidak terlalu jauh, namun rerata skor ketiga pengetahuannya rendah. Rerata ketiga pengetahuan siswa kelompok ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rerata Skor Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelompok Rendah

Skor Total	Jumlah siswa	Deklaratif	Prosedural	Kondisional
7	1	5,0	0	1,8
12	3	5,3	5,2	1,8
Rerata		5,2	2,6	1,8

Kelompok rata-rata ialah siswa yang memperoleh rentang skor 13-18. Ada 35 siswa yang memiliki pengetahuan metakognitif tergolong rata-rata. Siswa kelompok rata-rata memiliki pengetahuan deklaratif dan pengetahuan prosedural lebih dominan. Interval skor antara pengetahuan deklaratif dan prosedural dengan pengetahuan kondisional sangat jauh. Faktor penyebabnya ialah siswa kelompok ini memiliki pengetahuan deklaratif dan prosedural tinggi, namun siswa belum mampu mengembangkan pengetahuan kondisional. Siswa belum mampu menghubungkan dan mengaplikasikan pengetahuan deklaratif dan prosedural yang dimilikinya untuk menyelesaikan tugas atau soal-soal. Rerata ketiga pengetahuan siswa kelompok ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rerata Skor Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelompok Rata-rata

Skor Total	Jumlah siswa	Deklaratif	Prosedural	Kondisional
13	1	6,0	6,6	1,0
15	4	7,8	6,1	1,6
16	12	8,4	5,5	2,3
17	9	8,7	5,1	3,3
18	9	8,1	5,6	4,3
Rerata		7,8	5,8	2,5

Kelompok tinggi ialah siswa yang memperoleh rentang skor 19-24. Ada 20 siswa yang memiliki pengetahuan metakognitif tergolong tinggi. Siswa kelompok tinggi memiliki pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural dan pengetahuan kondisional dominan. Siswa ini sudah mampu mengembangkan pengetahuan

deklaratif, prosedural dan kondisional untuk menyelesaikan tugas atau soal. Rerata ketiga pengetahuan siswa kelompok ini disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rerata Skor Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelompok Tinggi

Skor Total	Jumlah siswa	Deklaratif	Prosedural	Kondisional
19	8	8,3	5,8	4,9
20	6	8,8	5,7	5,5
21	4	8,3	6,5	6,3
22	1	8,0	7,0	7,0
24	1	9,0	7,0	8,0
Rerata		8,5	6,4	6,3

Dari total subyek penelitian 60 siswa, jumlah siswa memiliki pengetahuan metakognitif tergolong rendah sebanyak 5 siswa, jumlah siswa yang memiliki pengetahuan metakognitif rata-rata sebanyak 35 siswa, sedangkan sisanya sebanyak 20 siswa memiliki pengetahuan metakognitif tergolong tinggi. Bisa dikatakan mayoritas metakognisi siswa tergolong kurang berkembang. Hal inilah yang menyebabkan siswa mengalami kesulitan belajar dan memahami materi kimia, khususnya materi Larutan Penyangga. Dampak dari kesulitan belajar menyebabkan siswa mengalami salah konsep dan miskonsepsi. Untuk itu sangat penting metakognisi ini dikembangkan dalam pembelajaran kimia dengan memunculkan tiga representasi kimia sehingga tercipta lingkungan belajar dan ruang belajar yang efektif dan kondusif bagi siswa. Siswa akan belajar dengan baik, memahami konsep-konsep dengan utuh serta meminimalisir jumlah siswa yang mengalami salah konsep atau miskonsepsi.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengetahuan deklaratif siswa lebih tinggi dari pengetahuan prosedural siswa. Pengetahuan prosedural siswa lebih tinggi dari pengetahuan kondisional siswa. Tingkatan pengetahuan metakognitif siswa kelas XI IPA SMAN 1 Trenggalek dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelompok, yakni: (1)kelompok sangat rendah sebanyak 1 siswa (1,7%); (2)kelompok rendah sebanyak 4 siswa (6,7%). (3)kelompok rata-rata sebanyak 35 siswa (58,3%); dan (4)kelompok tinggi sebanyak 20 siswa (33,3%).

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis adalah metakognisi ini sangat penting untuk dikembangkan dalam pembelajaran kimia dengan memunculkan tiga representasi kimia sehingga tercipta lingkungan belajar dan ruang belajar yang efektif dan kondusif bagi siswa. Siswa akan belajar dengan baik, memahami konsep-konsep dengan utuh serta meminimalisir jumlah siswa yang mengalami salah konsep atau miskonsepsi. Pembelajaran yang cocok untuk mengembangkan metakognisi siswa ialah pembelajaran *konstruktivistik*, salah satu contohnya ialah POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*).

Guru bersedia memperhatikan perbedaan pengetahuan metakognitif individu setiap siswa. Saat proses pembelajaran guru bisa mengelompokkan siswa menjadi beberapa kelompok. Tiap kelompok terdiri dari campuran siswa yang memiliki tingkat pengetahuan metakognitif sangat rendah, rendah, rata-rata dan

tinggi sehingga saat kegiatan belajar berlangsung siswa dalam satu kelompok dapat saling berinteraksi. Siswa kelompok kurang bisa bertanya ke siswa kelompok tinggi dan begitu sebaliknya siswa kelompok tinggi bisa membantu dan menjelaskan kepada siswa kelompok kurang.

DAFTAR RUJUKAN

- Jaleel, S.P. 2016. Study on the Metacognitive Awareness of Secondary School Students. *Universal Journal of Educational Reseach*, 4(1): 165-172.
- Rosi, S.P. 2016. *Analisis Miskonsepsi Siswa Kelas XI IPA SMA 4 Bekasi pada Materi Larutan Penyangga Menggunakan Instrumen Tes Three Tier Multiple Choice*. Skripsi tidak diterbitkan. Jakarta: FMIPA Universitas Negeri Jakarta.
- Susanti, M. T. 2015. *Hasil Belajar Kognitif dan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas XI MIA SMA Negeri 7 Malang pada Pembelajaran Larutan Penyangga dengan Inkuiri Terbimbing dan Ekspositori*. Malang: Jurusan Kimia FMIPA UM.
- Thomas. J., Denny, L., Wike, D., & Russy, I. 2014. Changing the Metacognitive Orientation of A Classroom Environment to Enchance Students' Metacognition Regarding Chemistry Learning. *Learning Environments Reseach*, 17(1): 139-155.
- Turyasni, I. 2008. *Analisis Level Mikroskopik dalam Buku Teks Kimia SMA, Pembelajaran, dan Pemahaman Siswa pada Materi Larutan Penyangga*. Skripsi tidak dipublikasikan. Bandung: FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Yusria, M.P. 2016. *Identifikasi Tingkat Pemahaman Konsep Larutan Penyangga Aspek Makroskopik, Submikroskopik dan Simbolik pada Siswa Kelas XI IPA SMAN 3 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas negeri Malang.

Asri Nurul Husnah, dkk_ Pembelajaran kimia

Identifikasi Pemahaman Submikroskopik Keseimbangan Kimia pada Siswa Kelas XI SMA Negeri 10 Malang

Asri Nurul Husnah, Muhammad Su'aidy, Yahmin
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: muhammad.suaidy.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Materi keseimbangan kimia berkaitan dengan konsep-konsep yang bersifat abstrak dan sebagian besar penjelasannya berada pada tingkat submikroskopik. Namun, hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa, siswa yang telah dinyatakan lulus KKM masih mengalami kesulitan dalam menjelaskan alasan terjadinya pergeseran keseimbangan. Hal ini diduga karena siswa belum memahami materi keseimbangan kimia pada tingkat submikroskopik, sehingga perlu dilakukan tes. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pemahaman submikroskopik siswa pada materi keseimbangan kimia. Penelitian dilakukan terhadap 30 siswa kelas XI MIPA 6G4 di SMA Negeri 10 Malang. Instrumen penelitian yang digunakan berupa soal-soal pilihan ganda dengan 5 pilihan jawaban dan dilengkapi alasan terbuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman siswa kurang pada submateri derajat disosiasi dan pergeseran keseimbangan. Siswa yang memahami submikroskopik dari derajat disosiasi sebanyak 40,0% dan siswa yang memahami submikroskopik dari pergeseran keseimbangan sebanyak 44,5%.

Kata kunci: pemahaman submikroskopik, keseimbangan kimia

Abstract: The chemical equilibrium material deals with abstract concepts and most of the explanations are at the submicroscopic level. However, the results of previous research indicate that, students who have passed the KKM still have difficulty in explaining the reason for the shift of equilibrium. That was expected because students have not understood the chemical equilibrium material at the submicroscopic level, so it was necessary to test. This study was aimed to describe student's submicroscopic understanding on chemical equilibrium materials. The study was conducted on 30 students of class XI MIPA 6G4 in SMA Negeri 10 Malang. The research instrument used in the form of multiple choice questions with 5 choices and an open reason. The results showed that student's understanding was less on dissociation degrees and equilibrium shifts. Students who understand the submicroscopic of dissociation degrees were 40,0% and those submicroscopic understanding of the equilibrium shifts were 44,5%.

Keywords: submicroscopic understanding, chemical equilibrium

Pembelajaran kimia di SMA/MA bertujuan agar siswa dapat memahami konsep, prinsip, hukum, teori kimia serta saling keterkaitannya dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi (BSNP, 2006). Teori, konsep, serta aturan kimia disajikan dalam tiga tingkatan representasi,

yaitu makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Ketiga tingkatan representasi tersebut saling melengkapi dan berhubungan antara satu dengan yang lain. Siswa harus dapat mentranslasi ketiga tingkatan representasi tersebut agar dapat memahami kimia secara menyeluruh (Holme, dkk., 2015).

Representasi makroskopik menjelaskan fenomena yang nyata dan dapat diamati. Representasi makroskopik merupakan level konkret (Indrayani, 2013) dimana fenomena yang dijelaskan dapat diamati secara inderawi, seperti perubahan warna, perubahan suhu, timbulnya gas dan bau, serta pembentukan endapan dalam reaksi kimia. Representasi submikroskopik menjelaskan fenomena yang nyata tetapi tidak dapat diamati secara langsung (Davidowitz & Chittleborough, 2009). Representasi submikroskopik menyajikan informasi pada tingkat partikulat, seperti atom, ion, dan molekul, dan representasi simbolik merupakan suatu gambaran yang mendeskripsikan objek atau peristiwa. Representasi simbolik dapat berupa gambar, simbol, atau persamaan yang digunakan untuk mengkomunikasikan penjelasan-penjelasan pada tingkat makroskopik dengan submikroskopik.

Salah satu materi pembelajaran dalam kimia adalah kesetimbangan kimia. Sebagian besar fenomena yang dipelajari dalam kesetimbangan kimia bersifat abstrak, yaitu tidak dapat diamati secara langsung. Oleh karena itu, sebagian besar penjelasan kesetimbangan kimia berpusat pada tingkat submikroskopik. Hal ini selaras dengan pernyataan Kozma & Russel (dalam Davidowitz & Chittleborough, 2009) bahwa, pada dasarnya pemahaman kimia bersandar pada pemahaman terhadap hal-hal yang tidak dapat diamati. Dengan memahami konsep kimia pada tingkat submikroskopik, siswa akan mampu menjelaskan fenomena kimia yang terjadi pada kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, penjelasan tingkat submikroskopik penting untuk diintegrasikan dalam setiap tahap pembelajaran kimia.

Pada umumnya, pembelajaran kimia lebih menekankan pada pemahaman makroskopik dan simbolik serta cenderung mengabaikan pemahaman submikroskopik (Meylindra, dkk., 2013). Pembelajaran yang demikian berpotensi menimbulkan kesulitan belajar pada siswa. Hal ini karena siswa yang pemahamannya masih bersandar pada panca indera atau pemahaman makroskopik cenderung mengalami kesulitan dalam memahami konsep kimia yang tersaji pada tingkat submikroskopik (Metianing, 2009). Siswa akan mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan fenomena tingkat partikulat yang menjelaskan terjadinya peristiwa kimia. Selain itu, penjelasan tingkat submikroskopik yang cenderung diabaikan dapat menyebabkan siswa memiliki pemahaman yang tidak utuh dan menimbulkan kesalahan konsep (Zidny, dkk., 2015). Apabila siswa hanya memahami makroskopik dan simbolik dari kimia, pemahaman yang dimiliki siswa menjadi kurang mendalam. Sebagai akibatnya, siswa akan mengalami kesulitan bila diminta untuk menyelesaikan permasalahan kimia dengan konsep yang sama namun dalam keadaan baru.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Lisdiani (2014) terhadap siswa yang telah dinyatakan lulus Kriteria Kompetensi Minimum (KKM), dari 35 siswa terdapat 14 siswa yang salah dalam menjelaskan pergeseran kesetimbangan akibat pengurangan konsentrasi secara tidak langsung. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa 13 dari 35 siswa tidak dapat memberikan alasan terjadinya pergeseran kesetimbangan akibat penambahan konsentrasi pereaksi. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa siswa yang telah dinyatakan lulus KKM belum tentu memiliki pemahaman submikroskopik yang memadai. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, Lisdiani (2014) menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemahaman submikroskopik siswa. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mendeskripsikan pemahaman submikroskopik siswa kelas XI SMA Negeri 10 Malang.

METODE

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian ini bersifat studi kasus yang dilakukan terhadap siswa kelas XI MIPA 6G4 SMA Negeri 10 Malang yang terdiri dari 30 siswa. Penelitian dilakukan tanpa memberi perlakuan ataupun intervensi terhadap pembelajaran yang telah berlangsung. Secara garis besar, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah: (1) studi pustaka mengenai materi kesetimbangan kimia, konsep mikroskopik, dan kurikulum 2013 revisi, (2) menyusun instrumen penelitian, (3) melakukan validasi dan uji coba instrumen penelitian, (4) melakukan pengambilan data penelitian, (5) menganalisis data hasil penelitian, dan (6) menarik kesimpulan.

Instrumen penelitian yang digunakan merupakan tes pemahaman submikroskopik kesetimbangan kimia yang terdiri dari soal-soal pilihan ganda dengan 5 pilihan jawaban dan dilengkapi alasan terbuka. Soal disusun berdasarkan kajian terhadap KD 3,8 dan 3,9 silabus kurikulum 2013 revisi. Tes ini telah diuji validasi isi dan diuji coba. Validasi isi dilakukan oleh 2 ahli materi, yaitu 1 dosen kimia dari Universitas Negeri Malang dan 1 guru kimia dari SMAN 1 Sidoarjo. Validasi isi terbagi dalam 3 ranah penilaian, yaitu ranah materi, ranah konstruksi, dan ranah bahasa. Validasi isi butir soal dilakukan dengan metode *rating scale* dengan rentang 1 sampai 4. Uji coba dilakukan terhadap 64 siswa. Instrumen penelitian telah dinyatakan valid dan reliabel ($r_{11}=0,873$).

Analisis data penelitian dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Jawaban siswa dinilai dengan kriteria benar hanya jika jawaban dan alasan benar. Berdasarkan nilai tes, subjek penelitian dikelompokkan ke dalam kelas atas, tengah, dan bawah. Selanjutnya, diberikan deskripsi berdasarkan data dan diambil kesimpulan.

HASIL

Secara detail, hasil penelitian identifikasi pemahaman submikroskopik siswa pada materi kesetimbangan kimia disajikan pada Tabel 1. Pengukuran miskonsepsi-miskonsepsi yang terjadi disajikan pada Tabel 2. Sebaran siswa yang

belum memiliki pemahaman mikroskopik pada submateri derajat disosiasi dan pergeseran kesetimbangan disajikan pada Tabel 3. Dugaan penyebab siswa belum memahami submikroskopik dari derajat disosiasi dan pergeseran kesetimbangan kimia disajikan pada Tabel 4.

Tabel 1. Pemahaman Submikroskopik Siswa pada Materi Kesetimbangan Kimia

Indikator	Nomor Soal	Σ siswa yang menjawab benar	(%)	Kriteria
Submateri Kesetimbangan Dinamis				
Menjelaskan sifat kesetimbangan kimia	1	17	56,7	Relatif Banyak
Mendeskripsikan keadaan setimbang	2	29	96,7	Banyak
	3	22	73,3	
		Rata-rata	85,0	
Menuliskan persamaan reaksi kesetimbangan	4	25	83,3	Banyak
		Rata-rata	75,0	Banyak
Submateri Tetapan Kesetimbangan				
Merumuskan tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi (K_c)	5	25	83,3	Relatif banyak
	6	12	40,0	
	7	26	86,7	
		Rata-rata	70,0	
Menentukan nilai tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi (K_c)	8	20	66,7	Relatif banyak
	9	16	53,3	
		Rata-rata	60,0	
Merumuskan tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan (K_p)	10	25	83,3	Banyak
Menentukan nilai tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan (K_p)	11	27	90,0	Banyak
		Rata-rata	75,8	Banyak
Submateri Derajat Disosiasi				
Menentukan komposisi keadaan setimbang berdasarkan derajat disosiasi	12	14	46,67	Cukup banyak
	13	10	33,33	Cukup banyak
		Rata-rata	40,00	Cukup banyak
Submateri Pergeseran Kesetimbangan				
Memprediksi arah pergeseran kesetimbangan saat terjadi perubahan tekanan dan volume	14	18	60,0	Relatif Banyak
Memprediksi arah pergeseran kesetimbangan saat terjadi perubahan suhu	15	20	66,7	Relatif banyak
	16	16	53,3	
		Rata-rata	60,0	
Memprediksi arah pergeseran kesetimbangan saat terjadi perubahan konsentrasi	17	6	20,0	Sedikit
Menganalisis faktor penyebab pergeseran kesetimbangan	18	7	23,3	Cukup banyak
	19	16	53,3	
	20	11	36,7	
		Rata-rata	37,8	
		Rata-rata Submateri Pergeseran Kesetimbangan	44,5	Cukup banyak
		Rata-rata Kesetimbangan	59,1	Relatif banyak

Tabel 2. Miskonsepsi Terkait Keadaan Setimbang

Miskonsepsi	(%)
Tidak ada reaksi yang berlangsung	3,3
Pembentukan produk berhenti sebelum produk terurai kembali	20,0
Laju ke kanan dan ke kiri adalah nol	3,3
Jumlah partikel setiap spesi adalah sama	20,0

Tabel 3. Siswa yang Telah Memahami Submateri Derajat Disosiasi dan Pergeseran Kesetimbangan

Kelompok Siswa		Nomor Soal								
		Derajat disosiasi			Pergeseran kesetimbangan					
		12	13	14	15	16	17	18	19	20
Kelompok Atas	Σ	11	0	11	11	11	0	0	10	0
	%	36,7	0,0	36,7	36,7	36,7	0,0	0,0	33,3	0,0
	Rata-rata	18,35			20,49					
Kelompok tengah	Σ	3	5	5	6	5	3	2	6	3
	%	10,0	16,7	16,7	20,0	16,7	10,0	6,7	20,0	10,0
	Rata-rata	13,35			14,30					
Kelompok bawah	Σ	0	5	0	5	0	3	5	0	8
	%	0,0	16,7	0,0	16,7	0,0	10,0	16,7	0,0	26,7
	Rata-rata	8,35			10,01					

Tabel 4. Dugaan Penyebab Siswa Belum Memahami submikroskopik dari Derajat Disosiasi dan Pergeseran Kesetimbangan Kimia

Penyebab	(%)
Submateri Derajat Disosiasi	
Kesulitan dalam menggenerasi gambaran submikroskopik	33,3
Memiliki alternatif konsep yang salah terkait komposisi sistem pada keadaan setimbang	20,0
Submateri Pergeseran Kesetimbangan Kimia	
Kesulitan menentukan arah pergeseran berdasarkan gambar	62,2
Mengalami miskonsepsi terkait faktor-faktor yang menyebabkan pergeseran kesetimbangan	51,65
• penurunan volume selalu mengakibatkan kesetimbangan bergeser ke kanan	(23,3)
• penambahan senyawa baru ke dalam sistem selalu mengakibatkan kesetimbangan bergeser ke kanan	(80,0)

PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 1, siswa yang telah memiliki pemahaman submikroskopik pada materi kesetimbangan relatif banyak, yaitu sebesar 59,1%. Pada submateri kesetimbangan dinamis sebanyak 75,0% siswa yang telah memiliki pemahaman submikroskopik dan pada submateri tetapan kesetimbangan dinamis sebanyak 75,8% siswa telah memiliki pemahaman submikroskopik. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa tidak mengalami kesulitan dalam memahami submikroskopik dari kesetimbangan dinamis dan tetapan kesetimbangan. Dengan kata lain, penyebab kurangnya pemahaman submikroskopik siswa pada materi kesetimbangan kimia tidak terletak pada submateri kesetimbangan dinamis dan tetapan kesetimbangan. Meski demikian, pada penelitian yang dilakukan, masih ditemukan beberapa miskonsepsi yang dimiliki siswa terkait submateri kesetimbangan dinamis (Tabel 2).

Berdasarkan Tabel 1, terdapat kesenjangan antara pemahaman submikroskopik siswa pada submateri kesetimbangan dinamis dan tetapan

kesetimbangan dengan pemahaman submikroskopik siswa pada submateri derajat disosiasi dan pergeseran kesetimbangan. Hal ini menunjukkan bahwa, kemungkinan, submateri derajat disosiasi dan pergeseran kesetimbangan adalah penyebab rendahnya pemahaman siswa pada materi kesetimbangan kimia.

Berdasarkan Tabel 3, secara umum, siswa kelompok atas memiliki pemahaman submikroskopik yang paling baik dan siswa kelompok bawah memiliki pemahaman yang paling rendah diantara ketiga kelompok siswa tersebut. Namun, apabila diamati lebih lanjut, tampak bahwa siswa kelompok atas hanya dapat mengerjakan dengan benar pada soal tertentu. Siswa dari kelompok atas diduga mengalami kesulitan saat bentuk soal diubah, sedangkan submateri yang diuji adalah sama. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tinggi belum menjamin siswa memiliki pemahaman yang utuh. Oleh karena itu, untuk mengukur pemahaman siswa pada satu indikator kompetensi, sebaiknya digunakan beberapa indikator soal yang berbeda.

Pada submateri derajat disosiasi, siswa yang belum memiliki pemahaman submikroskopik sejumlah 60% dan pada submateri pergeseran kesetimbangan jumlah siswa yang belum memiliki pemahaman submikroskopik sejumlah 55,5%. Hal ini diduga karena beberapa penyebabnya. Berdasarkan Tabel 4, sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menggali informasi maupun menggeneralisasi gambaran submikroskopik. Hal ini mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam menngubah representasi submikroskopik ke dalam representasi simbolik dan sebaliknya. Oleh karena itu, penggunaan diagram submikroskopik perlu digunakan dalam pembelajaran secara eksplisit. Jika guru tidak menggunakan representasi secara eksplisit dalam pembelajaran, siswa akan mengalami kesulitan besar mengembangkan kemampuan untuk memilih representasi yang sesuai untuk menjelaskan suatu proses tertentu (Davidowitz & Chittleborough, 2009). Ada kemungkinan bahwa siswa dapat menggunakan dan memahami beberapa representasi tanpa memahami hubungan diantara representasi-representasi tersebut. Selain itu, pembelajaran materi kesetimbangan kimia di kelas sebaiknya dilakukan dengan pendekatan submikroskopik. Fenomena terkait kesetimbangan kimia hampir seluruhnya berada pada tingkat submikroskopik. Jika pembelajaran mengabaikan submikroskopik tersebut, siswa akan kesulitan dalam memahami keseluruhan fenomena dari kesetimbangan kimia. Akibatnya, seperti yang ditemukan pada penelitian yang telah dilakukan, siswa akan mengalami kesalahan-kesalahan konsep. Kesalahan-kesalahan konsep yang ditemukan tersebut, seluruhnya, berada pada tingkat submikroskopik. Oleh karena itu, pendekatan submikroskopik perlu digunakan dalam pembelajaran, namun tanpa mengabaikan representasi makroskopik maupun simbolik.

SIMPULAN DAN SARAN

Siswa kelas XI SMA Negeri 10 Malang (1)banyak (75,0%) yang telah memiliki pemahaman submikroskopik pada submateri kesetimbangan dinamis, (2)banyak (75,8%) yang telah memiliki pemahaman submikroskopik pada submateri tetapan kesetimbangan, (3)cukup banyak (40,0%) yang telah memiliki

pemahaman submikroskopik pada submateri derajat disosiasi, (4) cukup banyak (45,5%) yang telah memiliki pemahaman submikroskopik pada submateri pergeseran kesetimbangan, dan siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 10 Malang yang telah memiliki pemahaman submikroskopik pada materi kesetimbangan kimia tergolong relatif banyak (59,1%).

Berdasarkan simpulan di atas, saran dari penelitian ini adalah pendekatan mikroskopik sebaiknya digunakan bersamaan dengan pendekatan makroskopik dan simbolik dalam pembelajaran kimia di kelas dan gambaran mikroskopik sebaiknya digunakan dalam setiap proses pembelajaran untuk membantu siswa mempelajari fenomena kimia yang bersifat abstrak.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standar Nasional Pendidikan. 2006. Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah. Jakarta: depdiknas.
- Davidowitz, B. & Chittleborough, G. 2009. Linking the Macroscopic and Sub-microscopic Levels: Diagrams. Dalam J.K. Gilbert & D. Treagust (Eds). *Multiple Representations in Chemical Education* (hlm. 169-191). New York: Springer Science and Business Media.
- Davidowitz, B., Chittleborough, G., & Murray, E. 2010. Student-generated submicro diagram: a useful tool for Teaching and Learning Chemical Equation and Stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practise*, 11 (3): 154-164.
- Holme, T.A., Luxford, C.J., & Brandriet, A. 2015. Defining Conceptual Understanding in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92: 1477-1483.
- Indrayani, P. 2013. *Analisis Pemahaman Makroskopik, Mikroskopik dan Simbolik Titrasi Asam-Basa Siswa Kelas XI IPA SMA serta Upaya Perbaikannya Dengan Pendekatan Mikroskopik*. (Online), (journal.um.ac.id/index.php/jps/article/download/4165/822, diakses 24 September 2016).
- Lisdiani, A.B. 2014. *Profil Model Mental Siswa pada Sub-materi Pergeseran Kesetimbangan Kimia dengan Menggunakan TDM-POE*. (Online), (repository.upi.edu/12763/, diakses tanggal 15 Oktober 2016).
- Metianing, D. 2009 *Analisis Pemahaman Konseptual dan Algoritmik Materi Stoikiometri Gas Melalui Tes Pilihan Ganda dan Tes Essay pada Siswa Kelas X Madrasah Aliyah Al Khairaat Tolitoli serta Upaya Perbaikannya Menggunakan Pendekatan Mikroskopik-Symbolik*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.

- Meylindra, I., Ibnu, S., & Sulistina, O. 2013. Identifikasi Pemahaman Konsep Larutan Asam Basa Melalui Gambaran Mikroskopik pada Siswa Kelas XI IPA SMA Negeri 5 Malang, *Jurnal Pendidikan Kimia*. (Online), 2 (2) (<http://jurnal-online.um.ac.id/data/artikel>, diakses 24 September 2016).
- Zidny, R., Sopandi, W., & Kusrijadi, A. 2015. Gambaran Level Submikroskopik untuk Menunjukkan Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Persamaan Kimia dan Stoikiometri. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 1 (1): 42-59,
- Zidny, R., Sopandi, W., & Kusrijadi, A. 2013. Analisis Pemahaman Konsep Siswa SMA Kelas X pada Materi Persamaan Kimia dan Stoikiometri melalui Penggunaan Diagram Submikroskopik serta Hubungannya dengan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Jurnal Riset dan Praktik Pendidikan Kimia*, 1 (1): 27-36.

Billy Kalay, dkk_Pembelajaran Kimia

Analisis Kesalahan Konsep Siswa pada Materi Bentuk dan Kepolaran Molekul dengan Teknik *Certainty Of Response Index (CRI)*

Billy A.Kalay, Subandi, Endang Budiasih
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: subandi.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Konsep bentuk dan kepolaran molekul merupakan salah satu konsep dasar ilmu kimia yang harus dimengerti dan dipahami oleh siswa karena berhubungan dengan konsep-konsep yang lain, yaitu gaya antar molekul dan larutan. Namun, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep bentuk dan kepolaran molekul. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesalahan konsep pada materi materi bentuk dan kepolaran menggunakan teknik *Certainty Of Response Index (CRI)* termodifikasi. Teknik CRI digunakan karena dengan CRI, peneliti dapat membedakan antara siswa yang paham konsep, salah konsep dan tidak paham konsep. Siswa juga memberikan tingkat keyakinan untuk setiap jawaban yang dipilih sehingga tidak terkesan tebakan. Penelitian ini menggunakan *mix methods* yaitu gabungan metode kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh berdasarkan hasil pekerjaan siswa, untuk mengidentifikasi siswa yang mengalami kesalahan konsep dan jenis kesalahan konsepnya. Data kualitatif diperoleh berdasarkan hasil wawancara untuk menganalisis penyebab kesalahan konsep. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 20 soal yang diberikan, rata-rata persentase kesalahan konsep siswa adalah 38,1%. Terdapat 20 jenis kesalahan konsep pada materi bentuk dan kepolaran molekul, 20 jenis kesalahan konsep terdapat pada 4 sub materi yaitu: 5 jenis kesalahan pada konsep PEI dan PEB, 5 jenis kesalahan pada konsep sudut ikatan, 4 jenis kesalahan konsep bentuk molekul, dan 6 jenis kesalahan konsep kepolaran molekul.

Kata kunci: kesalahan konsep, bentuk dan kepolaran molekul, teknik CRI

Abstract: The concept of molecular form and polarity is one of the basic concepts of chemistry that must be understood by the students as it relates to other concepts, namely the forces between molecules and solutions. However, many students have difficulty in understanding the concept of molecular form and polarity. This study was aimed to analyze misconception on material form and polarity using modified *Certainty Of Response Index (CRI)* techniques. The CRI technique was used because with CRI, researchers can distinguish between students who understand the concept, wrong concept and do not understand the concept. Students also provide a level of confidence for each chosen answer so as not to impress the guess. This research used mix methods that were a combination of quantitative and qualitative methods. Quantitative data were obtained based on student's work results, to identify student's who experienced concept errors and their types while qualitative data were obtained based on interview results to analyze the cause of concept error. The results showed that of the 20 questions given, the average percentage of student misconceptions is 38,1%. There are 20

types of misconceptions on the material form and molecular polarity, 20 types of misconception are in 4 sub-material that were: 5 types of misconception of PEI and PEB, 5 types of errors on the concept of bond angle, 4 types of molecular form misconception, and 6 types of molecular misconception

Keywords: misconception, forms and molecular polarity, CRI technique.

Konsep bentuk dan kepolaran molekul merupakan salah satu konsep dasar ilmu kimia yang penting dan harus dipahami siswa karena berhubungan dengan konsep-konsep yang lain, yaitu gaya antar molekul dan larutan. Namun, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep bentuk dan kepolaran molekul. Uzuntiryaki & Geban (2004) menemukan bahwa banyak siswa mengalami kesulitan pada materi bentuk dan kepolaran molekul. Selain itu, siswa seringkali memiliki pemahaman konsep yang salah dalam menjelaskan konsep kepolaran, misalnya siswa tidak mengetahui keterkaitan antara kepolaran dengan konsep keelektronegatifan. Kesulitan dalam memahami konsep-konsep kimia berkaitan dengan reaksi-reaksi kimia dan hitungan-hitungan serta menyangkut konsep-konsep yang bersifat abstrak dan dianggap sebagai materi baru oleh siswa yang belum pernah diperolehnya ketika di SMP (Sunyono, dkk., 2009). Kesulitan memahami suatu konsep dapat menimbulkan kesulitan dalam memahami konsep-konsep lain yang berkaitan.

Selain karakteristik ilmu kimia, permasalahan juga muncul dari diri siswa. Muchtar & Harizal (2012) mengungkapkan bahwa ada empat permasalahan utama siswa dalam memahami bentuk dan kepolaran molekul. Permasalahan pertama berhubungan dengan fragmentasi pemahaman siswa, yaitu suatu pemecahan yang terjadi karena siswa melupakan konsep lain yang berhubungan dengan konsep yang sedang dipelajarinya. Dalam mempelajari konsep bentuk dan kepolaran molekul, siswa yang mengalami fragmentasi pemahaman tidak mampu mengkaitkan konsep bentuk dan kepolaran molekul dengan konsep lain yang masih berhubungan, seperti ikatan kimia, teori hibridisasi, gaya antar molekul dan teori domain elektron. Sebagai contoh siswa menyatakan bahwa bentuk molekul H_2O yang berbentuk linear. Hal ini mengindikasikan bahwa siswa tidak memahami konsep teori hibridisasi.

Permasalahan kedua berkaitan dengan simbol. Siswa sering membuat kesalahan dalam interpretasi simbol (bentuk molekul) dan penarikan kesimpulan. Siswa terkadang tidak memahami simbol (bentuk molekul) CH_4 yang telah dipelajari pada materi sebelumnya. Permasalahan ketiga berkaitan dengan konteks bentuk molekul dan kepolaran molekul. Siswa sering mengabaikan konsep dari permasalahan yang disajikan guru. Siswa hanya fokus pada gambar bentuk-bentuk molekul tanpa memahami konsep yang disampaikan oleh guru. Contoh permasalahan senyawa CH_4 menurut siswa merupakan senyawa polar. Hal ini

karena pada konsep ikatan kimia senyawa CH_4 terbentuk karena adanya ikatan kovalen polar antara atom C dan atom H. Siswa tidak melihat harga dari momen dipol dari senyawa CH_4 ($\mu = 0$). Kesalahan konsep dapat terjadi karena siswa tidak memahami konsep yang berkaitan dengan bentuk molekul dan kepolaran molekul.

Permasalahan keempat berhubungan dengan generalisasi masalah. Siswa cenderung terjebak pada generalisasi yang mereka ciptakan ketika belajar konsep bentuk dan kepolaran molekul. Siswa menggeneralisasi masalah tanpa memahami teori yang ada di baliknya. Sebagai contoh, siswa memahami bahwa bentuk molekul H_2O yaitu linear bukan huruf V, sedangkan senyawa CH_4 merupakan senyawa polar.

Kesalahan yang terjadi secara terus menerus dan bersifat konsisten disebut salah konsep (miskonsepsi) (Berg, 1991). Menurut Tayubi (2005:5) miskonsepsi adalah suatu konsepsi atau struktur kognitif yang melekat dengan kuat dan stabil dibenak siswa yang sebenarnya menyimpang dari konsepsi yang dikemukakan para ahli, yang dapat menyesatkan para siswa dalam memahami fenomena alamiah.

Untuk mengatasi hal tersebut, kesalahan konsep yang ada perlu diidentifikasi. Namun, di dalam proses identifikasi kesalahan konsep, terkadang sulit dibedakan antara siswa yang salah konsep, siswa yang hanya menerka jawaban karena tidak paham konsep, dan siswa yang benar-benar memahami konsep dengan baik. Untuk itu, diperlukan suatu teknik yang peka dalam membedakan antara siswa yang paham konsep, salah konsep, serta tidak paham konsep.

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesalahan konsep siswa sekaligus membedakan antara siswa yang paham konsep, salah konsep, dan tidak paham konsep adalah teknik *Certainty of Response Index* (CRI) yang dikembangkan oleh Hasan dkk. (1999). Di dalam proses identifikasi, siswa diminta memilih jawaban yang tepat dan memberikan nilai tingkat keyakinannya/CRI dalam menjawab soal. Tingkat keyakinan tersebut diukur dengan menggunakan skala Likert antara 0 sampai 5. Meskipun teknik CRI memiliki kelebihan dalam mengidentifikasi siswa yang paham konsep, salah konsep, dan tidak paham konsep, namun teknik ini dirasa tidak cocok untuk diterapkan di Indonesia karena karakteristik siswa Indonesia yang cenderung tidak percaya diri dengan jawabannya. Untuk mengatasi hal tersebut, Hakim dkk. (2012) mengembangkan teknik CRI termodifikasi yang merupakan gabungan dari teknik CRI dengan teknik pengumpulan data pilihan ganda dengan alasan terbuka. Teknik ini lebih detail dan spesifik dalam mengidentifikasi dan membedakan antara siswa yang paham konsep, salah konsep, dan tidak paham konsep.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kesalahan konsep yang dialami siswa pada materi bentuk dan kepolaran molekul menggunakan teknik CRI yang dimodifikasi. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk: (1)mengetahui persentase siswa yang mengalami kesalahan konsep, (2)mendeskripsikan jenis-jenis kesalahan konsep, dan (3)menjelaskan penyebab terjadinya kesalahan konsep.

METODE

Penelitian ini menggunakan *mix methods*, yaitu menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif digunakan untuk memperoleh data berkaitan dengan jenis-jenis kesalahan konsep yang dialami siswa, sedangkan metode kualitatif digunakan untuk memperoleh data mengenai penyebab terjadinya kesalahan konsep. Penelitian diawali dengan memberikan instrumen tes kepada siswa untuk diselesaikan secara individu. Instrumen tes berbentuk pilihan ganda dan berjumlah 20 pertanyaan yang terdiri dari 5 pertanyaan tentang pasangan elektron ikatan dan bebas (PEI & PEB), 5 pertanyaan tentang sudut ikatan, 4 pertanyaan tentang bentuk molekul dan 6 pertanyaan tentang kepolaran. Berdasarkan teknik CRI, siswa diminta memberikan kepastian jawaban yang dipilih (*certainty*) dalam skala Likert antara 0 sampai 5 disertai alasannya. Kemudian, peneliti mengelompokkan siswa menjadi siswa yang paham konsep, salah konsep dan tidak paham konsep berdasarkan kriteria CRI termodifikasi yang telah ditetapkan. Pengelompokan juga dilakukan berdasarkan submateri yang diberikan. Tahap selanjutnya, peneliti mewawancarai siswa yang berada pada kelompok yang mengalami salah konsep, untuk memastikan kesalahan konsep yang terjadi dan menyelidiki penyebabnya, ditinjau dari keempat submateri.

Penelitian dilakukan pada siswa kelas X IPA SMA Negeri 3 Ambon, tahun ajaran 2016/2017 yang terdiri dari 2 kelas X IPA 3 dan X IPA 4 dan berjumlah 60 siswa. Dari 60 siswa ini, peneliti memilih 9 siswa untuk diwawancarai. Pemilihan siswa untuk diwawancarai didasarkan pada tingkat kemampuan siswa, yakni 3 siswa dengan kemampuan tinggi, 3 siswa dengan kemampuan sedang dan 3 siswa dengan kemampuan rendah.

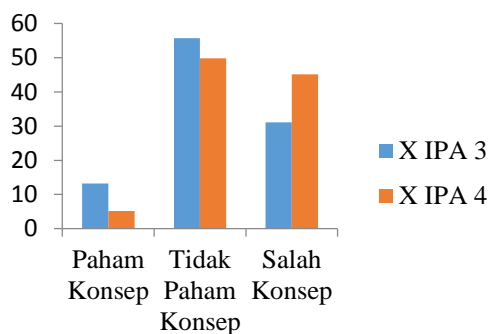
HASIL

Berdasarkan hasil tes pada kedua kelas, siswa dikelompokkan menjadi tiga yaitu siswa yang paham konsep, salah konsep dan tidak paham konsep. Persentase siswa yang paham konsep, tidak paham konsep dan salah konsep disajikan pada Tabel 1. Perbandingan siswa yang paham konsep, tidak paham konsep dan salah konsep untuk kedua kelas disajikan pada Gambar 1.

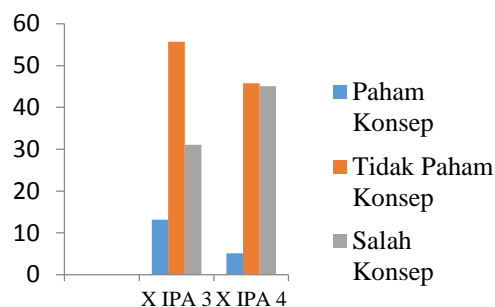
Kesalahan konsep peserta didik siswa ditentukan berdasarkan jawaban siswa pada instrumen soal yang diberikan peneliti. Berdasarkan hasil tes, peneliti mengelompokkan siswa yang mengalami kesalahan konsep berdasarkan submateri pada materi bentuk dan kepolaran molekul, yaitu PEI dan PEB, sudut ikatan, bentuk molekul dan kepolaran. Persentase siswa yang mengalami kesalahan konsep untuk setiap submateri disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2. Jenis-jenis kesalahan dijelaskan secara rinci pada Tabel 3.

Tabel 1. Persentase Siswa yang paham Konsep, Tidak Paham Konsep dan Salah Konsep

Kelas	Jumlah Siswa (%)		
	Paham Konsep	Tidak Paham Konsep	Salah Konsep
X IPA 3	13.2	55.7	31.1
X IPA 4	5.15	49.75	45.1
Rata-rata	9.18	52,72	38.1



Gambar 1a

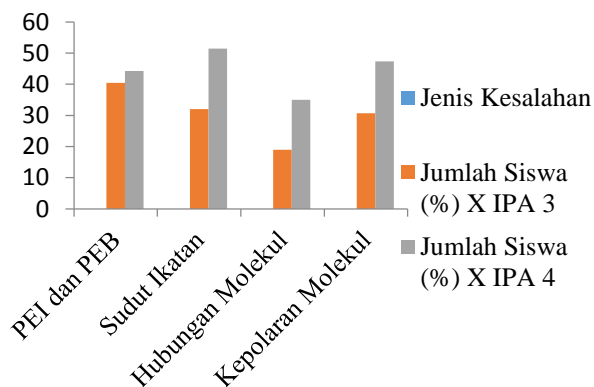


Gambar 1b

Gambar 1. Diagram Persentase Pemahaman Konsep Siswa

Tabel 2. Jumlah Siswa berdasarkan jenis kesalahan yang dilakukan

Jenis Kesalahan	Jumlah Siswa (%)	
	X IPA 3	X IPA 4
PEI dan PEB	40.4	44.2
Sudut Ikatan	32	51.4
Hubungan Molekul	19	35
Kepolaran Molekul	30.67	47.33



Gambar 2. Diagram Jumlah Siswa Berdasarkan Jenis Kesalahan yang Dilakukan

Tabel 3. Jenis Kesalahan Konsep Siswa pada Materi Bentuk dan Kepolaran molekul

Sub Materi	No Soal	Jenis Kesalahan Konsep	Persentase Miskonsepsi	
			X IPA 3	X IPA 4
PEI dan PEB	1	Jumlah PEI dan PEB pada molekul PCl_3 adalah 3 PEI dan 9 PEB	43	57
	5	Jumlah PEI dan PEB pada molekul XeF_4 adalah 2 PEI dan 4 PEB	26	20
	9	Jumlah PEI dan PEB pada molekul H_2O adalah 2 PEI dan 1 PEB	43	57
	13	Jumlah PEI dan PEB atom pusat P pada molekul PCl_3 adalah 2 PEI dan 2 PEB	40	47
	17	Molekul yang tidak memiliki PEB adalah IF_5	50	40
Rata-rata Sudut Ikatan			40.4	44.2
	2	Besar sudut $\text{F} - \text{P} - \text{F}$ pada molekul PF_5 adalah 90°	44	67
	6	Besar sudut $\text{O} - \text{C} - \text{F}$ lebih besar dari sudut $\text{F} - \text{C} - \text{F}$ pada molekul OCF_2 , karena harga keelektronegatifan unsur F lebih besar unsur O berarti ukuran unsur F lebih besar dari unsur O.	13	50
	10	Menentukan besar sudut bujursangkar pada molekul SF_6 , ClF_5 , dan XeF_4 adalah $X < Y$	43	53
	14	Perbandingan sudut pada molekul H_2O , NH_3 dan CH_4 adalah $\alpha > \beta > \gamma$	50	50
	18	Besar sudut 90° dan 120° di miliki oleh molekul SCl_6	10	37
Rata-rata Bentuk Molekul			32	51.4
	3	Bentuk molekul yang memiliki 3 PEI dan 1 PEB adalah Tetrahedral terdistorsi	10	20
	7	Molekul memiliki 4 pasangan elektron dan 2 diantaranya PEB mempunyai bentuk molekul Linear	33	37
	11	Molekul yang memiliki bentuk molekul yang sama adalah BeCl_2 dan H_2O .	10	50
	15	Bentuk molekul SO_4^{2-} adalah Seesaw	23	33
	Rata-rata Kepolaran Molekul		19	35
	4	Berdasarkan harga momen dipol dan kepolaran menentukan senyawa polar atau non polar terdapat pada nomor 2 dan 3	47	63
	8	Molekul AB_3 bersifat polar pernyataan yang benar adalah Tidak mempunyai pasangan elektron bebas	27	50
	12	Molekul yang memiliki bentuk molekul sama tetapi kepolaran yang berbeda adalah XeF_2 dan BeCl_2	30	30
	16	Berdasarkan data elektronegatifan beberapa unsur molekul polar paling lemah adalah SrCl_2	37	47
	19	Molekul yang momen dipolnya tidak sama dengan nol adalah CO_2	33	47
	20	Perbedaan molekul CH_4 dan BF_3 adalah memiliki arah momen ikatan yang sama	10	47
Rata-rata			30.67	47,33

PEMBAHASAN

Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa, persentase kesalahan konsep yang dialami siswa sangat besar dibandingkan dengan siswa yang memahami konsep, dengan angka yang cukup mencengangkan. Persentase siswa yang mengalami kesalahan konsep pada kedua kelas hampir mencapai 50%. Jumlah siswa yang mengalami kesalahan konsep hampir lima kali jumlah siswa yang paham konsep.

Kesalahan konsep pada sub materi PEI dan PEB terjadi karena siswa tidak dapat menentukan elektron valensi pada unsur dan tidak dapat menentukan ikatan kovalen dengan benar. Selain itu, siswa tidak bisa menggambarkan struktur lewis suatu molekul dengan benar, yang menyebabkan mereka tidak dapat menghitung jumlah PEI dan PEB dalam suatu molekul.

Kesalahan pada sub materi sudut ikatan terjadi karena siswa menganggap bahwa semua sudut α yang berhadapan dengan ikatan P–F(aksial), memiliki 3 tolakan dengan besar sudut 90° . Pada soal nomor 6 hubungan besar sudut dan keelektronegatifan adalah “Jika suatu atom memiliki harga keelektronegatifan yang besar maka memiliki ukuran atom yang besar pula”. Hal ini mengakibatkan siswa menjawab bahwa atom F memiliki ukuran unsur yang lebih besar dari unsur O karena harga keelektronegatifan unsur F lebih besar dari harga keelektronegatifan unsur O. Untuk soal nomor 10, siswa menjawab bahwa sudut bujur sangkar pada molekul SF_6 lebih besar daripada sudut bujur sangkar pada molekul ClF_5 karena molekul SF_6 memiliki PEB sedangkan molekul ClF_5 memiliki 1 PEB. Ini menunjukkan bahwa, konsep siswa tentang sudut bujur sangkar adalah “PEI dan PEB mempengaruhi besar sudut bujur sangkar”. Untuk soal nomor 14, kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab bahwa besar sudut molekul H_2O lebih besar dari besar sudut molekul NH_3 dan besar sudut molekul NH_3 lebih besar dari besar sudut molekul CH_4 , karena molekul H_2O berbentuk linier dengan besar sudutnya adalah 180° , molekul NH_3 berbentuk bipiramida dengan besar sudutnya adalah $110,9^{\circ}$ dan molekul CH_4 berbentuk tetrahedral dengan besar sudutnya adalah $109,28^{\circ}$. Untuk soal nomor 18, siswa menjawab bahwa molekul SCl_6 mempunyai besar sudut 90° dan 120° , sedangkan pada molekul SCl_6 memiliki substituen pada posisi aksial dan ekuatorial dan besar sudut yang sama sebesar 90° .

Kesalahan konsep pada sub materi bentuk molekul terjadi pada soal nomor 3, 7, 11 dan 15. Untuk soal nomor 3 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab bahwa bentuk molekul yang memiliki 3 PEI dan 1 PEB adalah tetrahedral terdistorsi, karena bentuk molekul tetrahedral terdistorsi memiliki 3 PEI dan 1 PEB. Untuk soal nomor 7 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab bahwa molekul yang memiliki 4 pasang elektron pada atom pusat dan 2 diantaranya PEB adalah tetrahedral, karena molekul yang memiliki 4 pasang elektron pada atom pusat bentuk molekulnya adalah tetrahedral. Untuk soal nomor 11 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab BeCl_2 dan H_2O memiliki bentuk molekul yang sama, karena pada molekul BeCl_2 dan H_2O memiliki bentuk molekul yang

sama yaitu linear. Untuk soal nomor 15 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab bahwa bentuk molekul SO_4^{2-} adalah *seesaw*, karena pada molekul SO_4^{2-} terdapat 4 ikatan tunggal dan 2 PEB sehingga bentuk molekul dari molekul SO_4^{2-} adalah *seesaw*.

Kesalahan konsep pada sub materi kepolaran terjadi pada soal nomor 4,8,12,16,19 dan 20. Untuk soal nomor 4 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab bahwa molekul-molekul yang memiliki harga momen dipol dan kepolaran yang tepat pada tabel yang disajikan ditunjukkan pada nomor 2 dan 3, karena pada nomor 2 dan 3 memiliki harga momen dipol dan kepolaran yang sama. Untuk soal nomor 8 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab bahwa molekul AB_3 bersifat polar menurut kaidah oktet, untuk atom pusat A adalah Tidak mempunyai pasangan elektron bebas, karena molekul AB_3 sudah memenuhi aturan oktet. Untuk soal nomor 12 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab bahwa Molekul yang memiliki bentuk molekul yang sama tetapi kepolaran berbeda adalah XeF_2 dan BeCl_2 . Karena XeF_2 dan BeCl_2 dengan bentuk molekul yang sama adalah linear. Untuk soal nomor 16 kesalahan konsep terjadi karena siswa menjawab berdasarkan data harga keelektronegatifan beberapa unsur, molekul polar yang paling lemah adalah SrCl_2 , karena molekul SrCl_2 memiliki harga yang paling kecil. Untuk soal nomor 19, siswa menjawab bahwa molekul yang momen dipolnya tidak sama dengan nol adalah molekul CO_2 , karena molekul CO_2 memiliki ikatan tunggal dan juga memiliki 1 PEB. Untuk soal nomor 20 kesalahan konsep terjadi ketika siswa menjawab bahwa perbedaan antara molekul CH_4 dan BF_3 adalah memiliki arah momen ikatan yang sama. Hal ini disebabkan karena arah momen ikatan untuk molekul CH_4 dan BF_3 adalah sama.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 20 soal yang diberikan, rata-rata persentase kesalahan konsep siswa adalah 38,1%. Terdapat 20 jenis kesalahan konsep pada materi bentuk dan kepolaran molekul, 20 jenis kesalahan konsep terdapat pada 4 sub materi yaitu: 5 jenis kesalahan pada konsep PEI dan PEB, 5 jenis kesalahan pada konsep sudut ikatan, 4 jenis kesalahan konsep bentuk molekul, dan 6 jenis kesalahan konsep kepolaran molekul.

Kesalahan konsep pada materi bentuk dan kepolaran molekul dan membutuhkan kemampuan guru untuk mengidentifikasi dan menentukan langkah yang tepat untuk mengatasi kesalahan konsep tersebut. Kesalahan konsep terjadi pada sub materi PEI dan PEB, sudut ikatan, bentuk molekul dan kepolaran molekul. Kesalahan konsep pada PEI dan PEB terjadi karena siswa tidak dapat menentukan elektron valensi, ikatan kovalen dan tidak dapat menggambarkan struktur lewis suatu molekul dengan benar. Penyebab kesalahan konsep pada submateri sudut ikatan adalah anggapan siswa bahwa (1) harga keelektronegatifan mempengaruhi ukuran atom, (2) PEI dan PEB mempengaruhi besar sudut bujur sangkar, (3) bentuk molekul mempengaruhi besar sudut.

DAFTAR RUJUKAN

- Berg, V.D. 1991. *Miskonsepsi Fisika dan Remediiasi*. Sebuah Pengantar berdasarkan lokakarya, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, Salatiga, 7 – 10 Agustus 1990.
- Effendy. 2006. *A-Level Chemistry for Senior High School Student Vol 1B*. Malang: Bayumedia.
- Effendy. 2008. *Teori VSEPR (Kepolaran dan Gaya Antarmolekul) Edisi 3*. Malang: Bayumedia
- Hakim, A., Liliyasi, & Kadarohman, A. 2012. Student Concept Understanding of Natural Products Chemistry in Primary and Secodary Metabolites Using the Data Collecting Technique of Modified CRI. *International Online Journal of Educational Sciences*, 4(3): 544–553.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E.L. 1999. Misconceptions and the Certainty Response Index (CRI). *Physics Education*, 34(5): 294–299.
- Muchtar, Z. & Harizal. 2012. Analyzing of Students' Misconceptions On Acid-Base Chemistry at Senior High Schools in Medan. *Journal Education and Practice*, 3(12).
- Suyono, I Wayan, W., Suyanto, E., & Suyadi, G. 2009. Identifikasi Masalah Kesulitan dalam Pembelajaran Kimia SMA Kelas X di Propinsi Lampung. *Jurnal Pendidikan*, 305-317.
- Tayubi, Y.R. 2005. Identifikasi Miskonsepsi pada Konsep-konsep Fisika menggunakan Certainty of Response Index (CRI). *Mimbar Pendidikan*, 24(4) : 4–9.
- Uzuntiryaki, E. & Geban, O. 2004. Effectiveness of Instruction Based on Constructivist Approach on Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts. *Science Education International*, 15(3): 185-200.

Muntholib, dkk_Pembelajaran Kimia

Identifikasi Konsepsi Alternatif Asam Basa menggunakan *Two-Tier Diagnostic Test*

Muntholib, Wardatul Laila Al Fitri, Jian Mayangsari,
dan Mochammad Sodik Ibnu

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145

e-mail: muntholib.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Bahan kajian Kimia Asam Basa sangat penting bagi pebelajar karena konsep-konsepnya mendasari pemahaman bahan kajian kimia lainnya dan banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Sayangnya konsep-konsep asam basa dianggap sebagai konsep-konsep yang sulit dipahami pebelajar dan banyak menimbulkan konsepsi alternatif. Penelitian ini dilakukan untuk mengkonstruksi *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry* dan menggunakannya untuk mengidentifikasi konsepsi alternatif yang dialami oleh pebelajar. *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry* hasil pengembangan terdiri atas 30 butir soal dengan reliabilitas 0,851. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa pebelajar mengalami konsepsi alternatif pada 7 Sub Topik Asam Basa, yakni (1)teori asam basa, (2)pasangan asam basa konjugat, (3)indikator asam basa, (4)pH dan kekuatan asam basa, (5)reaksi asam basa, (6)sifat larutan asam basa, dan (7)produk reaksi asam basa.

Kata kunci: konsepsi alternatif, *two-tier diagnostic test*, kimia asam basa

Abstract: The topic of Acid-Base Chemistry is very important for the learners because the concepts underlie the understanding of other chemical topic and are found in everyday life. Unfortunately, acid-base concepts are regarded as concepts that are difficult to understand and lead to many alternative conceptions. This research was conducted to construct the *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry* and used it to identify learners' alternative conceptions. The *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry* produced by the study consisted of 30 items with reliability of 0,851. The results of identification indicated that learners have alternative conceptions on seven Sub-Topics of Acid-Base Chemistry, namely (1)acid-base theory, (2)acid-base conjugation, (3)acid-base indicator, (4)pH and the strength of acids and bases, (5)acid-base reaction, (6)properties of acid-base solutions, and (7)products of acid-base reaction.

Keywords: alternative conception, *two-tier diagnostic test*, acid-base chemistry

Kimia Asam Basa merupakan salah satu bahan kajian kimia yang penting dalam pendidikan menengah karena kebanyakan reaksi kimia adalah reaksi asam basa (Cetingul & Geban, 2005). Konsep-konsep asam basa mendasari pemahaman konsep-konsep kimia lainnya seperti kimia analisis, kimia anorganik, kimia

organik, biokimia, fermentasi, dan kimia terapan. Kesulitan belajar Kimia Asam Basa yang dialami seorang pebelajar menyebabkannya kesulitan mempelajari kimia yang lainnya. Kesulitan belajar yang dialami pebelajar dapat mengakibatkan kesalahan pemahaman. Kesalahan pemahaman yang terjadi secara konsisten menyebabkan lahirnya konsepsi alternatif.

Terjadinya konsepsi alternatif bisa disebabkan oleh banyak hal. Selain disebabkan oleh pengetahuan prasyarat, pengalaman hidup pebelajar, kejelasan pemahaman guru, kejelasan bahasa yang digunakan oleh guru, istilah kimia yang mengalami perubahan makna, dan buku teks yang digunakan oleh pebelajar dapat juga menjadi sumber konsepsi alternatif (Hodge, 1993; Kathleen, 1994).

Adanya konsepsi alternatif sangat penting untuk diketahui. Pebelajar yang memiliki konsepsi alternatif dapat terganggu oleh konsepsi alternatif yang dimilikinya. Alternatif konsepsi yang terjadi pada pengetahuan prasyarat yang diperlukan untuk mempelajari suatu pengetahuan dapat mengganggu pebelajar dalam mempelajari pengetahuan tersebut (Robinson, 1998). Kimia Asam Basa adalah salah satu topik Pelajaran Kimia yang berkaitan dengan topik-topik kimia lainnya seperti Kestimbangan Kimia, Kimia Larutan, Stoikiometri, Reaksi Kimia (Sheppard, 2006), Titrasi Asam Basa, Sifat Asam Basa Senyawa Organik dan Biomolekul. Pebelajar yang memiliki konsepsi alternatif mengenai Reaksi Kimia, Stoikiometri, Kimia Larutan, dan Kestimbangan Kimia, yang merupakan pengetahuan prasyarat belajar Kimia Asam Basa, bisa mengalami kesulitan dalam mempelajari konsep-konsep asam basa dan dapat melahirkan konsepsi alternatif baru. Pada gilirannya, konsepsi alternatif asam basa dapat mengganggu pebelajar dalam mempelajari titrasi asam basa, sifat asam-basa senyawa organik dan biomolekul dan dapat menyebabkan lahirnya konsepsi alternatif baru dalam topik tersebut.

Konsepsi alternatif asam-basa yang terjadi pada pebelajar telah banyak diidentifikasi (Artdej, dkk., 2010; Demircioglu, 2009; Demircioğlu, dkk., 2005; Sheppard, 2006; Ross & Munby, 1991). Identifikasi konsepsi alternatif asam-basa biasanya dilakukan pada sub topik tertentu saja, misalnya Konsep Asam Basa (Cross, dkk., 1986), Reaksi Asam Basa (Cooper dkk., 2016), dan Buffer (Orgill & Shutherland, 2008). Tidak ada laporan tentang identifikasi konsepsi alternatif asam basa yang mencakup semua subtopik kimia asam-basa.

Berbagai cara identifikasi konsepsi alternatif telah dikembangkan. Mulai dari cara pertanyaan terbuka dan interview (Pinarbasi, 2007), menggunakan peta konsep (Ross dan Munby, 1991), sampai dengan cara tes pilihan ganda (Mutlu & Sesen, 2016; Demircioglu, dkk., 2005; Damanhuri, 2016). Tes pilihan ganda dinilai lebih efektif dan efisien dari sisi waktu, sasaran survei, dan cara analisis karena dapat digunakan dalam waktu singkat, sasaran yang banyak, dan mudah cara analisis datanya (Wattanakasiwich, dkk., 2013). Metode tes pilihan ganda yang paling sering digunakan adalah *two tier diagnostic test* (Treagust, 1988; Chandrasegaran dkk., 2007). *Two tier diagnostic test* sangat baik. Setiap butir soal

two tier diagnostic test terdiri atas dua pertanyaan (*two tier*). Pertanyaan pertama tentang pengetahuan dan pertanyaan kedua tentang alasan. Konsepsi alternatif yang teridentifikasi dari pertanyaan pertama (pengetahuan) dikonfirmasi validitasnya dengan pertanyaan kedua (alasan) (Dindar & Geban, 2011; Treagust, 2006). Dengan kata lain, konsepsi alternatif yang diduga dialami oleh pebelajar disimpulkan dari dua pertanyaan sehingga validitas adanya konsepsi alternatif sangat meyakinkan.

Pengembangan *two tier diagnostic test* memerlukan waktu yang panjang dan energi yang besar sehingga kurang praktis (Wattanaksiwich, dkk., 2013). Proses pengembangan *two-tier multiple-choice diagnostic test* terdiri atas tiga tahap, yakni identifikasi kemungkinan adanya konsepsi alternatif melalui wawancara, penyusunan instrumen, dan validasi instrumen. Pada penelitian ini, tahap pertama pengembangan *two-tier multiple-choice diagnostic test*, yaitu wawancara atau pertanyaan terbuka, diganti dengan pengumpulan konsepsi alternatif yang telah diidentifikasi oleh para peneliti sebelumnya. Kumpulan konsepsi alternatif yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai pengecoh dalam pengembangan *two-tier diagnostic test*. Penelitian ini dimaksudkan untuk menyusun tes diagnostik konsepsi alternatif asam basa model *two-tier* yang mudah pengembangannya, yang mencakup semua pengetahuan Kimia Asam Basa, yang mudah penggunaannya sehingga dapat digunakan untuk partisipan yang banyak, dan mudah cara analisisnya sehingga segera dapat diambil manfaatnya, menganalisis validitas dan reliabilitas instrumen hasil pengembangan, dan mengidentifikasi konsepsi alternatif asam basa yang terjadi pada pebelajar kelas 11.

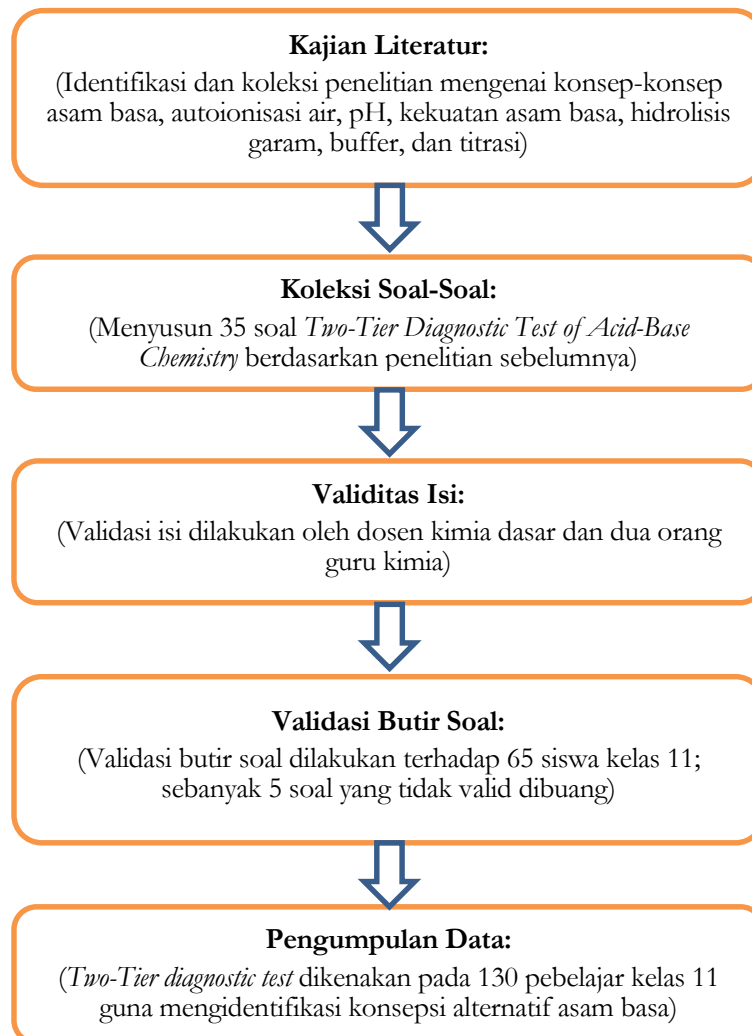
METODE

Pengembangan *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Concepts*

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif yang dimaksudkan untuk menggambarkan suatu fenomena (Mason & Bramble, 1978:31). Fenomena yang dimaksud dalam penelitian ini adalah konsepsi alternatif asam-basa yang terjadi pada pebelajar. Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yakni (1) pengembangan *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry*, (2) analisis validitas dan reliabilitas instrumen hasil pengembangan, dan (3) identifikasi konsepsi alternatif asam basa pebelajar.

Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry yang dikembangkan dalam penelitian ini mencakup seluruh bahan kajian kimia asam-basa yang diajarkan di kelas XI SMA. Pengembangan instrumen penelitian dilakukan menggunakan prosedur sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 1. Dalam pengembangan instrumen ini, koleksi konsepsi alternatif asam basa dikumpulkan melalui penelusuran pustaka terhadap hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, baik penelitian kuantitatif maupun kualitatif. Konsepsi alternatif hasil penelusuran ini kemudian dijadikan pengecoh dalam penyusunan *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry*. *Two-Tier Diagnostic Test of*

Acid-Base Chemistry hasil pengembangan ini terdiri atas 35 soal dengan alokasi waktu pengerjaan 90 menit.



Gambar 1. Prosedur Konstruksi *Two-Tier Diagnostic Test Instrument of Acid-Base Chemistry*

Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry hasil pengembangan kemudian diuji validitas dan reliabilitasnya. Validitas adalah ukuran ketepatan antara alat ukur dengan yang diukur. Dalam penelitian ini, yang diukur adalah konsepsi alternatif asam basa dengan alat ukur *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry*. Uji validitas dilakukan terhadap validitas isi dan validitas butir. Validitas isi merupakan ukuran ketepatan butir soal menurut pandangan orang yang ahli di bidangnya (Wattanawasiwich, dkk., 2013). Validitas isi instrumen penelitian ini dihitung menggunakan persamaan:

$$VS_n = \frac{\text{jumlah skor yang diberikan oleh ahli}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

VS_n adalah persentase skor penilaian validator n , dengan $n = 1, 2$, atau 3 . Kriteria validitas yang digunakan bisa bervariasi antara peneliti yang satu dengan

peneliti yang lain. Kriteria validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah sangat tinggi bila $VS_n > 80$; tinggi bila $80 \geq VS_n > 60$; sedang bila $60 \geq VS_n > 40$; rendah bila $40 \geq VS_n > 20$; dan sangat rendah bila $20 \geq VS_n$.

Butir-butir soal yang dinyatakan layak oleh validator ahli kemudian diujicobakan pada 65 pebelajar kelas XI SMA Negeri 1 Ketapang. Hasil uji coba ini digunakan untuk menentukan validitas dan kesesuaian butir soal dengan *Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Chemistry*.

Validitas butir soal ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi Pearson. Soal dikatakan baik jika nilai r hitung lebih besar dibandingkan dengan r tabel (pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$). Perhitungan uji korelasi Pearson dilakukan dengan menggunakan program *SPSS Statistic 23,0 for Windows*. Reliabilitas instrumen dihitung menggunakan perhitungan *Cronbach's Alpha*. Kategori nilai reliabilitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah rendah jika $x < 0,5$; sedang jika $0,5 \leq x \leq 0,8$; dan tinggi jika $0,8 < x$ (Salvucci, et al., 1997: 115). Hasil perhitungan menggunakan *SPSS Statistic 23,0 for Windows* menunjukkan bahwa reliabilitas instrumen adalah 0,851 dengan kategori tinggi.

Investigasi Konsepsi Alternatif Asam Basa Pebelajar

Two-Tier Diagnostic Test of Acid-Base Concepts yang valid dan reliabel selanjutnya digunakan untuk melakukan identifikasi konsepsi alternatif pebelajar. Untuk tujuan ini, 120 pebelajar SMA kelas 11 dilibatkan dalam pengambilan data penelitian. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui adanya konsepsi alternatif yang dialami oleh pebelajar. Pengolahan data dilakukan dengan teknik deskriptif intepretatif. Teknik ini dilakukan dengan cara mengolah data dalam bentuk persentase, menyajikannya dalam bentuk tabel, dan mendeskripsikannya secara naratif. Analisis data dilakukan dengan prosedur (1)melakukan koreksi terhadap jawaban pebelajar sesuai dengan kunci jawaban, (2)memberikan skor 1 untuk jawaban benar dan 0 untuk jawaban salah, (3)melakukan tabulasi data, hasil tes yang telah diberi skor dimasukkan ke dalam tabel untuk memudahkan proses perhitungan, (4)menghitung persentase jawaban pebelajar terhadap setiap opsi jawaban untuk setiap soal dengan persamaan

$$P = \frac{\text{jumlah peserta didik yang memilih opsi } x}{\text{jumlah peserta didik yang mengikuti tes}} \times 100\%$$

(5)menganalisis konsepsi alternatif yang dialami pebelajar, dan (6)mendiskripsikan konsepsi alternatif yang dialami pebelajar.

HASIL

Tabel 1 menunjukkan konsepsi pebelajar mengenai Teori Asam Basa Arrhennius dan Brønsted–Lowry. Konsepsi pebelajar mengenai Teori Asam Basa Arrhenius sangat baik, konsepsi pebelajar yang tidak sesuai dengan konsepsi yang bisa diterima para ahli sangat kecil. Banyaknya pebelajar yang menjawab “semua senyawa yang rumus molekulnya mengandung atom H adalah asam” hanya 4,9%

dan banyaknya pebelajar yang menjawab “semua senyawa yang mempunyai gugus OH dalam rumus molekulnya adalah basa” hanya 6,2%. Angka-angka ini jauh lebih rendah dari pada banyaknya pebelajar yang menjawab benar, yakni (1) asam adalah senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air menghasilkan ion H^+ (dijawab 38,3% pebelajar) dan (2) basa adalah senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air dapat menghasilkan OH^- (dijawab oleh 41,0% siswa). Hal yang berbeda ditunjukkan oleh pebelajar dalam memahami Teori Asam Basa Brønsted–Lowry. Tabel 1 menunjukkan bahwa 43,2% pebelajar belum bisa membedakan peran air sebagai pelarut dengan perannya sebagai asam atau basa; 24,3% pebelajar menyebutkan bahwa NF_3 dapat menghasilkan ion H^+ atau OH^- ; dan 14,1% pebelajar menyebut HCO_3^- dapat menerima atau menghasilkan ion H^+ atau OH^- . Menurut Brønsted–Lowry, asam adalah spesi yang dapat melepaskan proton, sedangkan basa adalah zat yang dapat menangkap (akseptor) proton.

Tabel 1. Konsepsi Pebelajar Mengenai Teori Asam Basa

Konsep	Konsepsi Pebelajar	Persentase
Arrhenius	Senyawa yang dilarutkan dalam air menghasilkan ion H^+ bersifat asam	4,9
	Senyawa yang dilarutkan dalam air menghasilkan ion H^+ bersifat asam	38,3
	Senyawa yang dilarutkan dalam air menghasilkan ion OH^- bersifat basa	6,2
	Senyawa yang dilarutkan dalam air menghasilkan ion OH^- bersifat basa	41,0
Brønsted–Lowry	H_2O merupakan pelarut sehingga tidak dapat bertindak sebagai asam/basa.	43,2
	H_2O menerima H^+ sehingga bersifat asam dan melepaskan OH^- sehingga bersifat basa	22,1
	H_2O melepaskan H^+ sehingga bersifat asam dan menerima H^+ sehingga bersifat basa	34,7
	NF_3 dapat menghasilkan ion H^+ atau OH^-	24,3
	NF_3 dapat menerima proton	23,1
	HCO_3^- dapat menerima atau menghasilkan ion H^+ atau OH^-	14,1
	HCO_3^- dapat menerima proton	38,5

Tabel 2 menunjukkan konsepsi pebelajar mengenai pasangan asam basa konjugasi. Pemahaman pebelajar mengenai pasangan asam basa konjugasi merupakan tantangan bagi guru, hanya 29,8% pebelajar yang mempunyai konsepsi sesuai dengan konsep yang diterima oleh para ahli. Sebanyak 46,8% pebelajar memiliki konsepsi bahwa pasangan asam basa konjugasi adalah pasangan antara asam konjugasi dengan basa konjugasi; 12,8% pebelajar menyatakan pasangan asam basa konjugasi adalah asam yang bereaksi dengan basa; dan 10,6% pebelajar

menyatakan pasangan asam basa konjugasi adalah basa yang bereaksi dengan asam. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian Schmidt (1995) yang menyebutkan bahwa (a) pebelajar menyatakan bahwa pasangan asam basa konjugasi adalah pasangan hasil reaksi antara asam dengan basa Brønsted-Lowry dan (b) pasangan asam basa konjugasi adalah pasangan ion positif dengan ion negatif yang terlibat dalam serah terima proton (H^+). Konsep yang diterima mengenai pasangan asam basa konjugasi adalah pasangan antara senyawa atau ion yang mendonorkan proton dengan produk deprotonasinya, yakni pasangan antara asam dengan basa konjugatnya atau basa dengan asam konjugatnya.

Tabel 2. Konsepsi Pebelajar Mengenai Pasangan Asam Basa Konjugasi

Konsep	Konsepsi Pebelajar	Persentase
Pasangan asam basa konjugasi	Pasangan asam konjugasi merupakan hasil reaksi asam Brønsted-Lowry.	46,8
	Asam konjugasi terbentuk dari asam yang bereaksi dengan basa.	12,8
	Basa konjugasi terbentuk dari basa yang bereaksi dengan asam.	10,6
	Basa konjugasi adalah asam yang telah kehilangan proton, produk deprotonasi asam.	29,8

Tabel 3 menunjukkan konsepsi pebelajar mengenai indikator asam basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman pebelajar mengenai indikator asam basa masih menjadi tantangan besar bagi guru. Sebanyak 26,9% pebelajar menyatakan bahwa semua senyawa yang mempunyai gugus OH^- dalam rumus molekulnya bersifat basa. Selain itu, 37,2% pebelajar tidak memahami jenis ion yang menentukan keasaman atau kebasaan suatu larutan dan mengubah warna lakmus. Angka-angka ini jauh lebih tinggi dari pada banyaknya pebelajar yang memahami jenis ion yang menentukan keasaman atau kebasaan suatu larutan (19,2%) dan menentukan perubahan warna indikator (16,6%).

Tabel 4 menunjukkan konsepsi pebelajar mengenai pH dan kekuatan asam basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 35% pebelajar menyatakan jika pada suhu $25\text{ }^\circ\text{C}$ larutan mempunyai $pH = 0$ maka larutan tersebut tidak termasuk asam maupun basa. Ini sesuai dengan hasil penelitian Centigul & Geban (2005) yang menunjukkan bahwa pebelajar memiliki konsepsi alternatif apabila suatu larutan mempunyai $pH = 0$ maka larutan tersebut tidak dapat dikelompokkan sebagai asam maupun basa. Konsep yang diterima dalam hal ini adalah bila $[H^+] = 1$ maka $pH = 0$. Dengan kata lain, larutan dengan nilai $pH = 0$ merupakan larutan asam. Tabel 4 menunjukkan bahwa 21,7% pebelajar menyatakan pada $pH = 7$ larutan selalu netral, ion H_3O^+ yang ada di dalam larutan tersebut menetralkan ion OH^- dan 25% pebelajar menyatakan pada $pH = 7$ larutan bersifat netral di mana muatan ion-ion yang terdapat di dalam larutan tersebut juga netral. Angka-angka ini hanya sedikit di bawah persentase jawaban yang diterima ilmuwan (28,3%), yakni **pada $pH = 7$ larutan akan bersifat netral bila konsentrasi ion $H^+ =$ konsentrasi ion OH^-** . Ini merupakan indikasi pebelajar belum memahami hakekat pH, yakni angka banding

antara konsentrasi ion H^+ dengan ion OH^- yang terdapat di dalam larutan dengan pelarut air. Peningkatan konsentrasi ion H^+ akan menurunkan pH larutan, sebaliknya peningkatan konsentrasi ion OH^- akan menaikkan pH larutan.

Tabel 3. Konsepsi Pebelajar Mengenai Indikator Asam Basa

Konsep	Konsepsi Pebelajar	Persentase
Indikator asam basa	Semua senyawa yang mempunyai gugus OH di dalam rumus molekulnya bersifat basa.	26,9
	Senyawa yang menghasilkan ion OH^- bila dilarutkan ke dalam air adalah basa	19,2
	Larutan yang memiliki $[H^+] > [OH^-]$ bersifat asam dan mengubah warna lakmus merah menjadi biru.	37,2
	Larutan yang memiliki $[H^+] > [OH^-]$ bersifat asam dan mengubah warna lakmus biru menjadi merah	16,6

Tabel 4. Konsepsi Pebelajar Mengenai pH dan Kekuatan Asam Basa

Konsep	Konsepsi Pebelajar	Persentase
pH Larutan Asam Basa	• Larutan dengan pH = 0 bukan merupakan asam ataupun basa	35,0
	• Tidak ada larutan yang mempunyai pH = 0	15,0
	• pH = $-\log [H^+]$; pH = 0 berarti $[H^+] \approx 1$	25,0
	• Pada pH = 7 larutan selalu netral, ion H_3O^+ menetralkan ion OH^-	21,7
	• Pada pH = 7 larutan bersifat netral, ion-ion di dalam larutan juga dalam muatan netral	25,0
	• Pada pH = 7 larutan akan bersifat netral bila konsentrasi ion H^+ = konsentrasi ion OH^-	28,3
Kekuatan Asam Basa	• Derajat ionisasi larutan HNO_2 ($K_a = 4,5 \times 10^{-4}$) = derajat ionisasi larutan CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$)	28,0
	• Derajat ionisasi larutan $HNO_2 \neq$ derajat ionisasi larutan CH_3COOH	20,0
	• Derajat ionisasi larutan $HNO_2 >$ derajat ionisasi larutan CH_3COOH	23,3

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa 28% pebelajar memilih derajat ionisasi HNO_2 ($K_a = 4,5 \times 10^{-4}$) = derajat ionisasi CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$). Angka ini tidak jauh berbeda dengan pebelajar yang tidak tahu atau ragu-ragu (20%) dan pebelajar memberikan jawaban yang bisa diterima (23%). Komposisi jawaban ini memberikan gambaran bahwa pebelajar belum mempunyai konsepsi mengenai kekuatan asam basa. Kondisi ini dipertegas oleh konsepsi pebelajar mengenai kekuatan asam poliprotik. Sebanyak 59,6% pebelajar menganggap bahwa H_3PO_4 lebih kuat dari pada HCl, semakin banyak atom H yang terdapat pada rumus molekul suatu asam semakin kuat keasamannya. Hal serupa juga dilaporkan oleh Centigul & Geban (2011) yang menunjukkan bahwa pebelajar menganggap

banyaknya atom H yang terdapat di dalam suatu molekul mempengaruhi kekuatan asamnya.

Tabel 5 menunjukkan konsepsi pebelajar mengenai reaksi asam-basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 33,3% pebelajar menyatakan garam yang terbentuk dari reaksi antara larutan asam dengan larutan basa tidak berada dalam bentuk ion-ionnya. NaCl yang merupakan produk reaksi antara larutan HCl dengan larutan NaOH tidak dalam berada dalam bentuk ion Na^+ dan ion Cl^- , berarti berada dalam bentuk molekul NaCl. Konsepsi alternatif serupa juga dikemukakan oleh Barke dkk. (2009: 179) yang menyatakan bahwa ion Na^+ dan ion Cl^- selalu bergabung untuk membentuk molekul NaCl. Tabel 5 juga menunjukkan bahwa 24,6% pebelajar menyatakan hasil reaksi netralisasi selalu mempunyai $\text{pH} = 7$ dan reaksi asam kuat dengan basa kuat menghasilkan larutan netral. Pebelajar menganggap bahwa sifat larutan hasil reaksi asam basa ditentukan oleh sifat larutan yang bereaksi, mengabaikan faktor konsentrasi. Konsepsi alternatif serupa dikemukakan oleh Centigul & Geban (2005) yang menyatakan sifat larutan hasil reaksi asam basa selalu netral dengan nilai $\text{pH} = 7$.

Tabel 5. Konsepsi Pebelajar Mengenai Reaksi Asam Basa

Konsep	Konsepsi Pebelajar	Persentase
Reaksi asam basa	Garam yang terbentuk tidak dalam bentuk ion-ionnya.	33,3
	Hasil reaksi netralisasi selalu mempunyai $\text{pH} = 7$. Reaksi asam kuat dengan basa kuat menghasilkan larutan netral	24,6
	Garam berasal dari asam kuat dan basa kuat bersifat netral	20,3
	Reaksi antara asam dan basa	21,7

Tabel 6 menunjukkan konsepsi pebelajar mengenai sifat larutan asam-basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 50% pebelajar menyatakan larutan asam dapat menghantarkan arus listrik sedangkan larutan basa tidak dapat menghantarkan arus listrik. Sebaliknya, hanya 12,1% pebelajar yang memberikan jawaban yang bisa diterima. Konsepsi alternatif seperti ini juga dikemukakan oleh Centigul dan Geban (2005) yang menyatakan hanya asam dapat menghantarkan listrik, sedangkan basa tidak. Asam kuat dan basa kuat merupakan elektrolit kuat yang di dalam larutannya terionisasi hampir sempurna menjadi ion-ionnya, sedangkan asam lemah dan basa lemah merupakan elektrolit lemah karena hanya sebagian kecil molekul-molekulnya yang terurai menjadi ion-ionnya.

Tabel 6. Konsepsi Pebelajar Mengenai Sifat Larutan Asam Basa

Konsep	Konsepsi Pebelajar	Persentase
Sifat Larutan Asam Basa	Hanya larutan asam yang dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan basa tidak	50,0
	Senyawa asam kuat dan basa kuat dapat terionisasi sempurna	12,1
	Larutan asam dan larutan basa dapat memerahkan lakmus biru	27,3
	Larutan basa membirukan lakmus merah	10,6

Tabel 7 menunjukkan konsepsi pebelajar mengenai spesi-spesi hasil reaksi asam basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 34,3% pebelajar mempunyai pemahaman apabila NH_3 dilarutkan ke dalam air akan terurai sempurna menjadi ion-ionnya, yaitu NH_4^+ dan OH^- . Sebaliknya, 28,1% pebelajar menyatakan bahwa di dalam larutannya HClO_4 terionisasi sebagian menjadi ion-ionnya, namun masih banyak terdapat molekul HClO_4 . NH_3 yang merupakan basa lemah yang apabila dilarutkan ke dalam air akan terionisasi sebagian, sehingga di dalam air terdapat ion NH_4^+ , ion OH^- , dan molekul NH_3 . Sebaliknya, HClO_4 merupakan asam kuat yang apabila dilarutkan ke dalam air akan terionisasi sempurna menjadi ion-ion H_3O^+ dan ClO_4^- .

Tabel 7. Konsepsi Pebelajar Mengenai Spesi-spesi Hasil Reaksi Asam Basa

Konsep	Konsepsi Pebelajar	Persentase
Produk Reaksi Ionisasi Asam Basa	NH_3 dalam larutannya akan terurai sempurna menjadi ion-ionnya, yakni NH_4^+ dan OH^-	34,3
	Di dalam larutannya NH_3 terurai sebagian menjadi ion-ionnya, yaitu NH_4^+ dan OH^-, sebagian besar tidak terurai dan berada dalam bentuk molekul NH_3	18,8
	HClO_4 dalam larutannya terionisasi sebagian menjadi ion-ionnya, yakni H_3O^+ dan ClO_4^- , namun di dalam larutannya masih terdapat banyak molekul HClO_4	28,1
	HClO_4 dalam larutannya diasumsikan terionisasi sempurna menjadi ion-ion H_3O^+ dan ClO_4^-	21,8

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini memberikan gambaran umum mengenai pemahaman konseptual asam basa pebelajar. Secara keseluruhan, pebelajar mempunyai konsepsi alternatif asam basa yang kuantitasnya sebanding dengan konsepsi yang bisa diterima oleh komunitas kimia saintifik. Di samping itu, tergambar pula bahwa konsep-konsep asam basa sederhana seperti proton, indikator, kekuatan asam basa (K_a dan K_b), keelektrolitan, dan spesi-spesi yang terdapat di dalam larutan asam basa belum dipahami secara memuaskan oleh pebelajar. Informasi ini sangat penting bagi guru, penyusun kurikulum dan perguruan tinggi tenaga kependidikan. Bagi guru, informasi ini penting untuk menyusun pembelajaran yang mendasar

yang bisa membekali pebelajar dengan konsep dasar yang mendasar. Bagi penyusun kurikulum, informasi ini penting dalam rangka menyusun kurikulum yang sesuai dengan kondisi guru, kondisi pebelajar, dan karakter materi pelajaran, namun demikian tetap memperhatikan tuntutan kualitas pendidikan dan era pendidikan global sehingga kualitas pendidikan kita tidak terus menerus tertinggal dengan kualitas pendidikan negara tetangga. Bagi pendidikan tinggi tenaga kependidikan, informasi ini penting dalam rangka menyiapkan guru yang berkualitas, mapan ilmunya, matang jiwanya, memahami konteks yang melingkupi pendidikan saat ini serta bisa mengambil strategi pembelajaran dan pendidikan yang tepat sesuai dengan tuntutan pendidikan saat ini. Tidak lupa, hendaknya pemerintah tidak terlampaui mencampuri urusan pendidikan, cukuplah kalau pemerintah memfasilitasi pakar-pakar yang kredibel untuk menyiapkan pendidikan yang berkualitas.

SIMPULAN DAN SARAN

Terjadi konsepsi alternatif di tujuh sub-topik Kimia Asam Basa yang diteliti dalam penelitian ini pada subjek penelitian. Ke tujuh sub-topik tersebut adalah (1) teori asam basa, (2) asam basa konjugasi (3) indikator asam basa, (4) pH dan kekuatan asam basa, (5) reaksi asam basa, (6) sifat larutan asam basa, dan (7) produk reaksi asam basa. Kuantitas pebelajar yang mengalami konsepsi alternatif sebanding dengan kuantitas pebelajar yang konsepsinya dapat diterima di kalangan kimia saintifik.

Hasil penelitian ini memberikan informasi penting yang perlu ditindaklanjuti oleh pebelajar dan pengambil kebijakan di bidang pendidikan, terutama dalam merancang dan menerapkan kurikulum.

DAFTAR RUJUKAN

- Artdej, R., Ratanaroutaia, T., Collb, R.K. & Thongpanchange, T. 2010. Thai Grade 11 Students' Alternative Conceptions for Acid—Base Chemistry. *Research in Science & Technological Education*, 28(2): 167-183.
- Barke, H-D., Al-Hazari, & Yitbarek, S. 2009. *Misconception in Chemistry: Addressing Perception in Chemical Education*. London: Springer.
- Cetingul, P. I. & Geban, O. 2005. Understanding of Acid-Base Concepts by Using Conceptual Change Approach. *Journal of Education*, 29: 69-74.
- Chandrasegaran, A.L., Treagust, D.F., & Mocerino, M. 2007. The Development of a Two-tier Multiple-choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Students' Ability to Describe and Explain Chemical Reactions Using Multiple Levels of Representation. *Chem. Educ. Res Practice*, 8(3): 293-307.

- Cooper, M.M, Kouyoumdjian, H., & Underwood, S.M. 2016. Investigating Students' Reasoning about Acid-Base Reactions. *Journal of Chemical Education*, 93(10): 1703-1712.
- Cross, D., Maurin, M., Amouroux, R., Chastrette, M., Leber, J., & Fayol, M. 1986. Conceptions of First-year University Students of the Constituents of Matter and the Notions of Acids and Bases. *European Journal of Science Education*, 8 (3): 305-313.
- Damanhuri, M.I.M., Treagust, D.F., Won, M., & Chandrasegaran, A.L. 2016. High School Students' Understanding of Acid-Base Concepts: An Ongoing Challenge for Teachers. *International Journal of environmental & Science Education*, 11(1): 9-27.
- Demircioglu, G. 2009. Comparison of the Effects of Conceptual Change Texts Implemented After and Before Instruction on Secondary School Students' Understanding of Acid-Base Concepts. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(2).
- Demircioglu, G., Ayas, A., & Demircioğlu, H. 2005. Conceptual Change Achieved Through a New Teaching Program on Acids and Bases. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(1): 36-51.
- Dindar, C. & Geban, O. 2011. Development of a Three-tier Test to Assess High School Students' Understanding of Acid and Base. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15: 600-604.
- Hodge, B. 1993. *Teaching as Communication*. London: Longman.
- Kathleen, M.S. 1994. *The development and validation of a categorization of misconceptions in the learning of chemistry*. Tesis tidak diterbitkan. USA: University of Massachusetts Lowell.
- Manson, E.J. & Bramble, W.J. 1978. *Understanding and Conducting Research Applications in Education and the Behavioral Science*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Mutlu, A. & Sesen, B.C. 2016. Evaluating of Pre-Service Science Teachers' Understanding of General Chemistry Concepts by Using Two Tier Diagnostic. *Test Journal of Baltic Science Education*, 15(1): 79-96.
- Orgill, M.K. & Sutherland, A. 2008. Undergraduate Chemistry Students' Perceptions of and Misconceptions about Buffers and Buffer Problems. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9: 131-143.
- Pinarbasi, T. 2007. Turkish Undergraduate Students' Misconceptions on Acids and Bases. *Journal of Baltic Science Education*, 6 (1): 23-34.
- Robinson, W.R. 1998. An alternative framework for chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 75: 1074.

- Ross, B. & Munby, H. 1991. Concept Mapping and Misconceptions: A Study of High-School Students' Understanding of Acids and Bases. *International Journal of Science Education*, 13(1): 11-23.
- Schmidt, H-J. 1995. Applying the Concept of Conjugation to the Brønsted Theory of Acid-Base Reactions by Senior High School Students from Germany. *International Journal of Science Education*, 17(6): 733-741.
- Sheppard, K. 2006. High School Students' Understanding of Titrations and Related Acid-Base Phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1): 32-45.
- Treagust, D.F. 1988. Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science. *International Journal of Science Education*, 10: 159-169.
- Treagust, D.F. 2006. *Diagnostic Assesment in Science as a Means to Improving Teaching, Learning adan Retention*. Makalah disajikan pada UniServe Science Assessment Symposium Proceedings, University of Sydney, 28 September.
- Wattanakasiwich, P., Taleab, P., Sharma, M.D., & Johnston, D. 2013. Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics. *International Journal of Innovation in Science and Mathematichs Education*, 21(1): 29-53.

Dwi Miftakhul Ma'rufah, dkk_Pembelajaran Kimia

Kajian Teks Perubahan Konsep untuk Mengatasi Miskonsepsi Gaya Antarmolekul

Dwi Miftakhul Ma'rufah, Effendy, Surjani Wonorahardjo
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: effendi.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Materi Gaya Antarmolekul mencakup konsep terdefinisi, konsep abstrak, serta melibatkan representasi makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik. Karakteristik tersebut berpotensi untuk menyebabkan Gaya Antarmolekul sebagai materi yang sulit dipahami oleh siswa. Kesulitan tersebut memungkinkan terbentuknya pemahaman yang salah. Apabila kesalahan tersebut berlangsung secara konsisten maka dapat menimbulkan terjadinya miskonsepsi. Miskonsepsi ini dapat terbawa pada pembelajaran selanjutnya apabila tidak segera diatasi. Salah satu model pembelajaran yang diharapkan efektif untuk mengeliminasi kesalahan konsep dalam Gaya Antarmolekul adalah Teks Perubahan Konsep (TPK). TPK ditekankan pada perubahan konsep. TPK mencakup empat kondisi *Dissatisfaction*, *Intelligible*, *Plausible*, dan *Fruitfull*. Dengan demikian, TPK diharapkan dapat dijadikan alternatif untuk mengatasi miskonsepsi dalam gaya antarmolekul.

Kata Kunci: Teks Perubahan Konsep, miskonsepsi, gaya antarmolekul

Abstract: Intermolecular Forces include defined concepts, abstract concepts, and involve macroscopic, sub-microscopic, and symbolic representations. This characteristic has the potential to cause the Intermolecular Forces as a topic that is difficult for students to understand. These difficulties allow for a wrong understanding. If the error occurs consistently it can lead to misconception. This misconception can get carried away in the next lesson if it is not addressed immediately. One of the learning models that was expected to be effective to eliminate errors in the concept of Intermolecular Forces was Text Change Concepts (TPK). TPK is emphasized in concept change. TPK includes four conditions of *Dissatisfaction*, *Intelligible*, *Plausible*, and *Fruitfull*. Thus, TPK is expected to be an alternative to overcome misconceptions in intermolecular forces.

Key words: text concept changes, misconceptions, intermolecular forces

Interaksi antar partikel atau gaya antarmolekul merupakan topik yang sangat penting untuk memahami dasar-dasar kimia terutama sifat fisika dan sifat kimia zat, seperti titik didih, titik leleh, fluiditas, dan sifat asam basa. Dalam mempelajari topik gaya antarmolekul, siswa harus menguasai beberapa konsep dasar antara lain tentang tabel periodik, konfigurasi elektron, struktur Lewis, aturan oktet, elektronegativitas, ikatan ion dan ikatan kovalen (Tarhan, dkk., 2008). Pemahaman konsep gaya antarmolekul melibatkan kemampuan dalam menerjemahkan konsep

pada tingkat makroskopik yang meliputi sifat-sifat yang dapat diamati, tingkat sub-mikroskopik yang merupakan identitas spesifik yang terlibat, dan tingkat simbolik yang digunakan untuk manipulasi dan memahami gaya antarmolekul (Johnstone, 1991). Siswa akan mengalami kesulitan dalam memahami konsep gaya antarmolekul jika mereka tidak dapat menghubungkan ketiga representasi tersebut. Gaya antarmolekul merupakan konsep dasar untuk memahami konsep kimia lainnya salah satunya yaitu sifat koligatif larutan. Pemahaman konsep yang benar pada materi gaya antarmolekul sangat penting bagi siswa, karena jika terjadi kesulitan dalam memahami konsep tersebut dapat mengakibatkan pemahaman yang salah dan berpotensi menimbulkan miskonsepsi apabila terjadi secara konsisten.

Miskonsepsi dapat muncul sebelum pembelajaran, selama pembelajaran atau setelah pembelajaran. Penyebab miskonsepsi pada siswa adalah keterbatasan siswa dalam membangun pemahaman terhadap suatu konsep yang mereka terima selama proses pembelajaran dan ketidakmampuan siswa dalam menggambarkan kimia pada tingkat makroskopik, sub-mikroskopik dan simbolik (Nakhleh, 1992; Barke, dkk., 2009; Chittleborough, 2009). Beberapa penelitian yang membahas tentang pemahaman konsep dan miskonsepsi siswa pada materi ikatan kimia dan gaya antarmolekul (Tan & Treagust, 1999; Tambuchong, dkk., 2011; Yussalina, 2012; Nuraeni, 2014), menyebutkan bahwa beberapa miskonsepsi pada materi gaya antarmolekul yang ditemukan dari penelitian mencakup miskonsepsi pada sifat dan perbedaan gaya antarmolekul dan gaya intramolekul, rusaknya ikatan kovalen akibat pemanasan, dan perbedaan titik didih senyawa dan hubungannya dengan gaya antarmolekul dan gaya intramolekul.

Miskonsepsi yang terjadi pada siswa cenderung sulit untuk diubah karena konsep tersebut tertanam kuat di dalam pikiran mereka menjadi sesuatu yang masuk akal namun salah (Chandrasegaran, dkk., 2007 & Tuysuz, 2009). Miskonsepsi harus segera diatasi agar tidak tertanam kuat dan terintegrasi dalam struktur kognitif siswa serta dapat mengganggu pembelajaran selanjutnya, sehingga siswa tersebut akan mengalami kesulitan untuk mengaitkan antara konsep-konsep baru yang mereka terima dengan konsep salah (miskonsepsi) yang telah menjadi struktur kognitif siswa tersebut (Treagust, 2006). Miskonsepsi pada prinsipnya dapat diatasi dengan strategi perubahan konsep. Berbagai macam strategi perubahan konsep telah dikembangkan oleh para ahli untuk mengatasi miskonsepsi, antara lain strategi konflik kognitif (Niaz, 1995), *Intervention Discussion Learning Model* (IDLM) (Ikenna, 2014), *Dual Situated Learning Models* (DLSM) (She, 2002), *Conceptual Change Text Model* (CCT Model) (Calik, dkk., 2007; Ozmen, 2007), *Conceptual Change Text Model* (CCT Model) dipadu analogi (Pabuccu, 2004).

Conceptual Change Text Model (CCT Model) atau Teks Perubahan Konsep merupakan pendekatan perubahan konsep yang dirancang untuk mendorong siswa mengubah prasangka dan didasarkan pada gagasan asimilasi, akomodasi, dan ketidakseimbangan Piaget dan dipadukan dengan teks perubahan konsep (Wang & Andre, 1991). Teks perubahan konsep ini dirancang untuk mengubah miskonsepsi siswa dengan cara mendorong siswa untuk mengungkapkan konsepsi mereka, menghasilkan ketidakpuasan, dan diikuti penjelasan yang benar yang mudah dimengerti dan masuk akal bagi siswa. Teks perubahan konsep ini efektif dalam

menciptakan perubahan konsep dan mengarah ke pembelajaran bermakna konsep sains (Yilmaz, dkk., 2001).

Telah banyak penelitian tentang efektifitas Teks Perubahan Konsep ini, antara lain Hynd, dkk. (1994), Teks Perubahan Konsep membawa perubahan konseptual dan meningkatkan pembelajaran bermakna pada gerakan Newton, pada bidang biologi, teks perubahan konsep efektif pada materi fotosintesis dan peran ekologi (Mikkilä-Erdmann, 2001 & Palmer, 2003) serta pada bidang kimia (Ozmen, 2007) menyatakan bahwa CCT efektif dalam meremidiasi miskonsepsi siswa pada materi kesetimbangan kimia.

PEMBAHASAN

Miskonsepsi dan Pentingnya Upaya untuk Mengatasinya

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa sebagian besar siswa datang ke kelas dengan membawa pengetahuan awal atau kepercayaan yang mereka miliki mengenai suatu fenomena dan konsep (Duit & Treagust, 2003; Tuysuz, 2009). Pengetahuan awal tersebut merupakan hal penting yang menentukan apakah nantinya siswa dapat memahami materi yang akan mereka pelajari. Pemahaman konsep siswa pada kimia didasarkan pada pendekatan konstruktivistik dimana siswa membangun sendiri struktur pengetahuan mereka berdasarkan latar belakang, tingkah laku, kemampuan, pengalaman, sebelum, selama dan sesudah pembelajaran (Barke, dkk., 2009). Dalam membangun pengetahuannya, tidak menutup kemungkinan bila terjadi kesalahan dalam pemahaman suatu konsep yang disebabkan karena keterbatasan siswa dalam mengembangkan pengetahuan yang sudah dimilikinya sehingga bisa menyebabkan miskonsepsi.

Miskonsepsi merupakan pemahaman mengenai suatu konsep yang berbeda dengan pemahaman ilmiah yang diterima secara umum (Osmen, 2008). Terdapat beberapa alasan yang menyebabkan terjadinya miskonsepsi pada siswa, antara lain; karakteristik konsep kimia yang kompleks dan cara pembelajaran konsep kimia di kelas (Gabel, 1999); pengetahuan untuk penjelasan konsep mengenai pengembangan ilmu kimia yang terbaru belum cukup, penjelasan konsep kurang sederhana atau berlebihan, penguasaan konsep kimia yang masih kurang, dan penjelasan konsep kurang tepat karena menggunakan bahasa yang tidak representatif (Kay & Yin, 2010). Selain itu, buku dan guru serta pengetahuan awal (prekonsepsi) siswa yang diperoleh melalui pengalaman dalam kehidupan sehari-hari dapat menjadi sumber miskonsepsi.

Miskonsepsi yang dialami siswa cenderung resisten terhadap pembelajaran. Hal ini disebabkan karena konsep tersebut telah tertanam kuat di benak siswa sebagai suatu hal yang masuk akal meskipun salah, terutama jika konsep tersebut telah tertanam kuat di dalam kehidupan sehari-hari (Chandrasegaran, dkk., 2007; Tuysuz, 2009). Akibatnya, jika siswa mendapatkan konsep baru yang menurutnya tidak masuk akal, mereka akan memilih untuk tetap menggunakan konsep salah yang dimilikinya dan menghubungkannya dengan konsep-konsep selanjutnya yang terkait. Miskonsepsi pada siswa yang tidak segera diatasi dapat menghambat siswa dalam mempelajari konsep-konsep lain yang berkaitan dan juga menghambat siswa dalam memahami suatu ilmu secara utuh dan benar. Siswa akan kesulitan untuk

mengintegrasikan informasi baru dengan informasi yang mereka miliki sehingga tidak dapat memperoleh pemahaman yang benar terhadap konsep baru tersebut (Treagust, 2006).

Miskonsepsi Gaya Antarmolekul

Gaya antarmolekul merupakan materi penting sebagai dasar pemahaman siswa pada topik kimia lainnya seperti sifat koligatif larutan. Materi gaya antarmolekul mencakup konsep terdefinisi, konsep abstrak, serta melibatkan representasi makroskopik, mikroskopik dan simbolik. Beberapa penelitian yang membahas tentang pemahaman konsep dan miskonsepsi siswa pada materi ikatan kimia dan gaya antarmolekul (Tan & Treagust, 1999; Tambuchong, dkk., 2011; Yussalina, 2012; Nuraeni, 2014), menyebutkan bahwa beberapa miskonsepsi pada materi gaya antarmolekul yang ditemukan dari penelitian mencakup miskonsepsi pada sifat dan perbedaan gaya antarmolekul dan gaya intramolekul, rusaknya ikatan kovalen akibat pemanasan, dan perbedaan titik didih senyawa dan hubungannya dengan gaya antarmolekul dan gaya intramolekul.

Teks Perubahan Konsep untuk Mengatasi Miskonsepsi Gaya Antarmolekul

Beberapa peneliti tertarik pada teori perubahan konsep untuk mengatasi miskonsepsi pada siswa. Pada prinsipnya, perubahan konsep adalah membangun kembali konsep yang terdapat pada struktur kognitif siswa. Perubahan konsep mempengaruhi secara aktif dan rasional untuk mengganti konsepsi yang ada dengan penjelasan yang dapat diterima secara ilmiah.

Berdasarkan teori klasik perubahan konsep atau disebut juga dengan teori perubahan konsep dengan perspektif epistemologi, perubahan konsep dapat terjadi jika adanya ketidakpuasan siswa terhadap konsep awal yang dimilikinya. Jika terdapat konsep pengganti yang lebih bisa dimengerti (*intelligible*), dipercaya (*plausible*) dan bermanfaat (*fruitfull*), maka akomodasi terhadap konsep baru akan terjadi. Perubahan konsep juga dapat terjadi sebagai akibat perubahan ontologi siswa. Dalam perspektif ontologi, perubahan konsep terjadi ketika sebuah konsepsi berpindah dari satu kategori ke kategori yang lain, misalnya perubahan konsep dari kategori *matter* ke *process*. Sebagai contoh, pada perubahan konsep tekanan udara dan gaya apung, siswa harus dapat memahami bahwa udara dan air terdiri dari molekul-molekul yang sangat kecil (*matter*) dan juga memahami bahwa partikel udara bergerak secara konstan dan mengerahkan tekanan udara pada seluruh sisi sistem dan objek di dalam, keseimbangan gaya apung dan berat air yang dipindahkan akan menentukan apakah sebuah benda akan tenggelam atau mengapung (*process*) (Chi, dkk., 1994).

Teks Perubahan Konsep (TPK) merupakan strategi pembelajaran perubahan konsep yang dikembangkan oleh Posner, dkk. (1982) untuk mengatasi miskonsepsi siswa. TPK ini dikembangkan melalui beberapa kondisi yaitu, (1) siswa harus mengalami ketidakpuasan dengan konsepsi yang ada, (2) siswa harus bisa memahami konsepsi baru, (3) konsepsi baru harus masuk akal bagi siswa, dan (4) konsepsi baru harus lebih baik dalam penjelasan dan pengamatan daripada konsepsi mereka sebelumnya.

TPK efektif untuk mengatasi miskonsepsi pada beberapa materi sains, antara lain pada materi gerak Newton (Hynd, dkk., 1994), materi fotosintesis dan peran ekologi (Mikkilä-Erdmann, 2001; Palmer, 2003) serta pada materi kesetimbangan kimia (Ozmen, 2007). Meskipun penelitian mengenai keefektifan TPK untuk mengatasi miskonsepsi pada gaya antarmolekul belum pernah dilakukan, TPK memiliki potensi positif untuk mengatasi miskonsepsi pada materi gaya antarmolekul karena materi gaya antarmolekul merupakan salah satu materi sains dan memiliki karakteristik yang hampir sama dengan materi sains lainnya. Perubahan konsep gaya antarmolekul siswa dapat dilakukan dengan memberikan disonansi atau ketidaksesuaian dengan konsep awal yang dimiliki siswa kemudian memberikan penjelasan konsep baru yang lebih masuk akal baik berupa gambar, pertanyaan, analogi, dan sebagainya.

TPK tersusun atas empat tahap pembelajaran yang mengacu pada pendekatan perubahan konsep yang dikembangkan oleh Posner dkk. (1982). Tahap-tahap TPK, deskripsi tiap tahap serta contoh aplikasi pada materi gaya antarmolekul dijabarkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Tahapan TPK

Tahapan TPK	Deskripsi
Tahap 1: <i>Connect</i>	Tahap ini berfungsi untuk menghubungkan pengetahuan baru yang akan dipelajari dengan pemahaman awal siswa baik dari pengalaman dalam kehidupan sehari-hari atau dari pembelajaran yang pernah dilakukan.
Tahap 2: <i>Organize</i>	Tahap ini siswa ditunjukkan beberapa miskonsepsi yang sering ditemukan oleh peneliti sebelumnya yang menyebabkan terjadinya konflik kognitif pada siswa sehingga siswa merasa tidak puas dengan pemahaman awal yang telah dimiliki, kemudian siswa mengorganisasi pengetahuan baru melalui kegiatan eksperimen atau membaca teks perubahan konsep yang di dalamnya memuat konsep-konsep benar yang mudah dipahami (<i>intelligible</i>) dan masuk akal (<i>plausible</i>).
Tahap 3: <i>Reflect</i>	Tahap ini melatih siswa menjelaskan konsep baru yang telah diperoleh secara jelas dan masuk akal dalam proses diskusi.
Tahap 4: <i>Extend</i>	Penerapan konsep baru yang telah diperoleh untuk menyelesaikan masalah baru yang sejenis (<i>fruitfull</i>).

SIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa TPK merupakan strategi perubahan konsep yang efektif untuk mengatasi miskonsepsi siswa pada materi sains karena TPK menekankan perubahan konsep pada perspektif epistemologi dan ontologi dengan cara menciptakan disonansi (ketidaksesuaian) terhadap pengetahuan awal yang dimiliki siswa dan memberikan mental set baru yang bisa dimengerti (*intelligible*), dipercaya (*plausible*) dan bermanfaat (*fruitfull*) untuk membangun pengetahuan saintifik. TPK juga memiliki potensi positif untuk mengatasi miskonsepsi pada materi gaya antarmolekul. Meskipun demikian, perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menyelidiki keefektifan TPK dalam mengatasi miskonsepsi gaya antarmolekul.

DAFTAR RUJUKAN

- Barke, H-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. 2009. *Misconception in Chemistry. Addressing Perception in Chemical Education*. Germany: Springer.
- Calik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. 2007. Enhancing Pre-Service Elementary Teachers' Conceptual Understanding of Solution Chemistry with Conceptual Change Text. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5: 1-28.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust D. F., & Mocerinob, M. 2007. The Development of a Two-tier Multiple-Choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Students' Ability to Describe and Explain Chemical Reactions Using Multiple Levels of Representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3): 293-307.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & Leeuw, N. D. 1994. From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4: 27-43.
- Chittleborough, G. 2014. The Development of Theoretical Frameworks for Understanding the Learning of Chemistry. Dalam Devetak & S. A. Glazar (Eds.), *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (hlm. 25-40). Dordrecht: Springer.
- Duit, R & Treagust, D. F. 2003. Conceptual Change – A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, 25: 671-688
- Gabel, D. 1999. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4): 548-554.
- Hynd, C. R., McWhorter, J. Y., Phares, V. L., & Suttles, C. W. 1994. The Role of Instructional Variables in Conceptual Change in High School Physics Topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9): 933-946.
- Johnstone, A.H. 1991. Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7: 75-83.
- Kay, C.C. & Yiin, H.K. 2010. *Misconceptions in the Teaching of Chemistry Secodary Schools in Singapore & Malaysia*. Makalah disajikan dalam Proceedings of the Sunway Academic Conference, Swan Convention Centre, Bandar Sunway, 7 Agustus.
- Mikkilä-Erdmann, M. 2001. Improving Conceptual Change Concerning Photosynthesis Through Text Design. *Learning and Instruction*, 11: 241–257.
- Nakhleh, M. B. 1992. Why Some Student Don't Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3): 191-196.

- Niaz, M. 1995. Cognitive Conflict as a Teaching Strategy in Solving Chemistry Problem: A Dialectetic-Constructivist Perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (9): 959-970.
- Nuraeni, J. 2014. *Pengembangan Tes Diagnostik Pilihan Ganda Dua Tingkat untuk Mendiagnosis Miskonsepsi Siswa pada Materi Gaya Antarmolekul*. Skripsi tidak untuk diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Osmen, H. 2007. Determination of Students' Alternative Conception about Chemical Equilibrium: A Review of Research and the Case of Turkey. *Chem. Res. Pract.*, 9: 225-233.
- Pabuccu, A. 2004. *Effect of Conceptual Change Texts Accompanied with Analogies on Understanding of Chemical Bonding Concepts*. Tesis tidak diterbitkan. Ankara: Middle East Technical University Secondary Science and Mathematics Education.
- Palmer, R.E. 2003. *Hermeneutika: Teori Baru Mengenai Interpretasi Theory in Schleiermacher, Dilthey, Heidegger, and Gadamer*. Terjemahan oleh Musnur Heri & Damanhuri Muhammed. 2005. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. 1982. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2): 211-227.
- Tambunchong, C., Rompayom, P., & Dechsri, P. 2011. Using Open-Ended Questions to Diagnose Students' Understanding of Inter- and Intramolecular Forces. *US-China Education Review*.
- Tan, K. D. & Treagust, D. F. 1999. Evaluating Students' Understanding of Chemical Bonding. *School Science Review*, 81 (294): 75-83.
- Tarhan, L., Kayali, H.A., Urek, R.O., & Acar, B. 2008. Problem-Based Learning in 9th Grade Chemistry Class: Intermolecular Forces. *Research in Science & Technological Education*, 38: 285-300.
- Treagust, D. F. 2006. *Diagnostic Assessment in Science as a Means to Improving Teaching, Learning and Retention*. Makalah disajikan pada UniServe Science Assessment Symposium Proceedings. (Online), (http://sydney.edu.au/science/uniserve_science/pubs/procs/2006/treagust/pdf., diakses 28 September 2011).
- Tuysuz, C. 2009. Development of Two-tier Diagnostic Instrument and Assess Students' Understanding in Chemistry. *Academic Journal*, 4: 626-631.
- Wang, T. & Andre, T. 1991. Conceptual Change Text Versus Traditional Text and Application Questions Versus No Questions in Learning About Electricity. *Contemporary educational psychology*. 16: 103-1.
- Yilmaz, D., Tekkaya, C., & Sungur, S. 2011. The Comparative Effects of Prediction/ Discussion-Based Learning Cycle, Conceptual Change Text,

and Traditional Instructions on Student Understanding of Genetic.
International Journal of Science Education, 33(5): 607-628.

Yussalina, A. 2012. *Pengembangan dan Penggunaan Instrumen Diagnostik Two-Tier untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Siswa tentang Kepolaran dan Gaya Antarmolekul di SMAN 2 Jombang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.

Pinta Nisa Fitri, dkk_Pembelajaran Kimia

Upaya Mencegah Miskonsepsi Materi Stoikiometri dengan Strategi Pembelajaran *Problem Solving* pada Siswa Kelas X MIA SMA Negeri 1 Lawang

Pinta Nisa Fitri, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: endang.budiasih.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan strategi pembelajaran *Problem Solving* terhadap hasil belajar kognitif sebagai upaya mencegah miskonsepsi siswa pada materi stoikiometri. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimental semu (*Quasy Experimental Design*) dengan *posttest only control group design*. Populasi penelitian ini adalah siswa kelas X MIA SMA Negeri 1 Lawang semester genap tahun ajaran 2016/2017, terdiri dari 7 kelas MIA. Sampel yang terpilih adalah kelas X MIA 5 sebagai kelas kontrol dan kelas X MIA 6 sebagai kelas eksperimen. Teknik pengumpulan data menggunakan soal pilihan ganda *three-tier* yang diadopsi dari penelitian Aini (2014). Uji coba ulang soal diperoleh hasil 30 soal valid, rata-rata taraf kesukaran sebesar 0,35 dengan kriteria sedang, rata-rata daya beda sebesar 0,41 dengan kriteria baik, dan nilai reliabilitas sebesar 0,735 dengan kriteria tinggi. Analisis data penelitian ini menggunakan teknik persentase miskonsepsi dari hasil belajar kognitif siswa pada materi stoikiometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata persentase siswa yang mengalami miskonsepsi materi stoikiometri dengan pembelajaran strategi *Problem Solving* lebih sedikit (2,86%) daripada siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional (7,22%). Hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan strategi *Problem Solving* (83,26) lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional (76,67). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa upaya mencegah miskonsepsi siswa dapat dilakukan dengan menggunakan strategi pembelajaran *Problem Solving*.

Kata kunci: *problem solving*, stoikiometri, miskonsepsi

Abstract: This study aims to determine the effect of using *Problem Solving* teaching strategy on cognitive learning outcomes as an effort to prevent student misconception on stoichiometry material. This research used *quasy experimental design* with *post-test only control group design*. The population of this research were the students of class X MIA at *SMA Negeri 1 Lawang* in even semester of academic year 2016/2017, to consist of 7 MIA class. The selected sample was class X MIA 5 as control class and class X MIA 6 as experiment class. Data collection technique used was *three-tier* adopted from the study conducted by Aini (2014). From the re-test of the questions, there were 30 valid questions, the average level of difficulty amounted to 0,35 with moderate criteria, discriminating power amounted to 0,41 with good criteria, and reliability value amounted to 0,735 with high criteria. Data analysis of this research used misconception percentage technique of cognitive learning outcomes of students on stoichiometric material. The results show that the average percentage of students who experienced

misconception on stoichiometric material with Problem Solving learning strategy was less (2.86%) than the percentage of students taught by conventional learning strategy (7.22%). Students' cognitive learning outcomes with Problem Solving learning strategy (83.26) were higher than those taught by conventional learning (76.67). Therefore, it could be concluded that preventing students' misconception could be done by using Problem Solving learning strategy.

Keywords: problem solving, stoichiometry, misconception

Keberhasilan proses pembelajaran merupakan tujuan utama dari seluruh aktivitas yang dilakukan oleh guru dan siswa. Proses pembelajaran yang diinginkan adalah sebuah proses yang mampu menciptakan ketertarikan dalam diri siswa untuk memahami materi yang disampaikan oleh guru. Pembelajaran yang dilakukan di sekolah bukan hanya suatu proses mentransfer pengetahuan dari guru ke siswa, melainkan suatu proses membangun konsep-konsep atau gagasan-gagasan siswa dengan mengkaitkan atau menghubungkan dengan pengetahuan yang telah dimiliki siswa. Pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student centered learning*) dengan strategi pembelajaran yang inovatif dan konseling secara efektif, dapat menciptakan siswa yang aktif berfikir selama proses pembelajaran.

Kimia merupakan salah satu cabang ilmu yang berperan sangat esensial. Ilmu kimia merupakan salah satu ilmu pengetahuan yang memberikan bekal pengetahuan yang akan dibutuhkan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari. Kean & Middlecamp (1985:5-8) mengemukakan bahwa karakteristik ilmu kimia antara lain sebagian besar konsep kimia bersifat abstrak, konsep-konsep kimia pada umumnya merupakan penyederhanaan dari keadaan sebenarnya, dan konsep kimia saling berkaitan dan berurutan. Mengajarkan ilmu kimia harus jelas sekuensinya (berurutan), keluasannya, dan kedalamannya, agar tidak menimbulkan kesalahan konsep atau miskonsepsi. Kesulitan siswa memahami konsep-konsep kimia akan menyebabkan pemahaman yang salah dan jika terjadi secara terus-menerus maka dikatakan terjadi kesalahan konsep pada diri siswa (kesalahan konseptual) (Istiqomah, 2013).

Stoikiometri merupakan materi dasar kimia yang membutuhkan kecerdasan matematik dan kemampuan analisis. Materi stoikiometri memerlukan pemahaman konsep materi sebelumnya dan menjadi dasar bagi konsep materi lanjutan. Siswa sering mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal-soal perhitungan kimia. Hal ini mengakibatkan konsep tersebut menjadi konsep sukar bagi siswa yang terjadi secara terus-menerus (konsisten) dan dapat mengakibatkan siswa mengalami miskonsepsi. Berbagai penelitian sebelumnya menyebutkan pembelajaran yang selama ini terjadi di sekolah masih sering terpusat pada guru (*teacher centered learning*). Pembelajaran yang terpusat pada guru menyebabkan siswa mengalami kejenuhan, kurang minat dalam pembelajaran, dan pasif, sehingga hasil belajar kognitif siswa tidak mencapai KKM.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Indah (2013); Wahyuni (2010), Roikah (2013), Winarni dkk. (2013) menyebutkan beberapa miskonsepsi siswa pada materi stoikiometri. Aini (2014) dalam penelitian mengenai identifikasi

miskonsepsi siswa pada materi stoikiometri menyatakan bahwa, terdapat 14 miskonsepsi antara lain: (1) logam tersusun atas unsur-unsurnya, (2) jumlah ion total dalam 1 mol senyawa ionik sama dengan bilangan Avogadro, (3) senyawa ionik tersusun atas molekul, (4) untuk mengkonversikan jumlah mol zat menjadi massa digunakan Mr, (5) untuk mengkonversikan jumlah mol zat menjadi massa digunakan Ar, (6) Mr dan Ar memiliki satuan karena menyatakan massa zat dalam tiap mol, (7) rumus molekul dapat ditentukan dengan perbandingan massa atom penyusunnya, (8) dalam persenyawaan Na dengan golongan halida, semakin besar Mr senyawa maka semakin besar persen komposisi Na, (9) pada tekanan dan suhu tertentu, zat dengan volume yang sama akan memiliki massa yang sama, (10) jumlah mol produk tergantung pada reaktan dengan jumlah mol terkecil, (11) massa produk merupakan hasil penjumlahan massa reaktan, (12) massa sebanding dengan koefisien reaksi, (13) jika reaktan memiliki jumlah mol yang sama maka pereaksi pembatas merupakan reaktan dengan koefisien terkecil, dan (14) pereaksi pembatas merupakan reaktan dengan massa terkecil.

Banyak upaya yang dapat digunakan untuk mengatasi miskonsepsi pada siswa, salah satunya adalah pemilihan strategi pembelajaran. Strategi pembelajaran yang dipilih harus sesuai dengan karakteristik materi kimia tersebut. Karakteristik materi stoikiometri cenderung bersifat konseptual dan algoritmik. Pemahaman konseptual dan algoritmik sangat menentukan kemampuan memecahkan masalah. BouJaoude & Barakat (2003) menyatakan bahwa keberhasilan siswa dalam memecahkan masalah kimia hanya mungkin jika siswa mempunyai pemahaman konseptual dan algoritmik yang cukup. Terkait dengan penggunaan strategi pembelajaran yang sesuai, maka pembelajaran dengan strategi *Problem Solving* sesuai dengan karakteristik materi stoikiometri. *Problem Solving* merupakan salah satu dari kelompok pembelajaran berbasis masalah dimana guru membantu siswa untuk belajar memecahkan masalah melalui pengalaman-pengalaman pembelajaran (Ernawati, dkk., 2015). Strategi *Problem Solving* ini, siswa menjadi terlibat aktif dalam mengeksplor situasi baru, berpikir untuk menjawab pertanyaan dan memecahkan masalah yang realistik. Polya (1973: 5-6) menyatakan bahwa terdapat empat langkah dalam strategi *Problem Solving* yaitu: (1) memahami masalah, (2) merencanakan pemecahan masalah, (3) menyelesaikan masalah sesuai rencana, dan (4) memeriksa kembali hasil pemecahan masalah.

Penelitian yang dilakukan Carolin dkk. (2015:52); Damayanti dkk. (2014); Hartantia dkk. (2013); Wijayanti dkk. (2015) menyebutkan bahwa strategi *Problem Solving* dapat meningkatkan aktifitas dan prestasi belajar siswa. Oleh karena itu, strategi pembelajaran *Problem Solving* dirasa cocok untuk mencegah ataupun memperbaiki miskonsepsi siswa berbasis hasil belajar kognitif termasuk kemampuan menalar/berpikir logis yang tinggi.

METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimental semu (*Quasy Experimental Design*) dengan *posttest only control group design*. Populasi penelitian ini adalah siswa kelas X MIA SMA Negeri 1 Lawang semester genap

tahun ajaran 2016/2017. Pengambilan sampel dilakukan secara *cluster random sampling* dengan undian sebanyak 2 kali. Sampel yang terpilih adalah kelas X MIA 5 sebagai kelas kontrol yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional dengan jumlah siswa sebanyak 36 siswa, dan kelas X MIA 6 sebagai kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan strategi pembelajaran *Problem Solving* dengan jumlah siswa sebanyak 35 siswa. Kedua kelas tersebut mempunyai kemampuan awal yang sama, yang dibuktikan dengan uji kesamaan dua rata-rata dari kemampuan awal pada nilai hasil belajar kognitif materi redoks. Teknik pengumpulan data menggunakan soal pilihan ganda *three-tier* yang diadopsi dari penelitian Aini (2014). Uji coba ulang soal diperoleh hasil 30 soal valid, rata-rata taraf kesukaran sebesar 0,35 dengan kriteria sedang, rata-rata daya beda sebesar 0,41 dengan kriteria baik, dan nilai reliabilitas sebesar 0,735 dengan kriteria tinggi. Analisis data penelitian ini menggunakan teknik persentase miskonsepsi dari hasil belajar kognitif siswa pada materi stoikiometri. Uji hipotesis menggunakan uji-*t*. *Two-sample assuming equal variances* satu pihak sebagai data tambahan untuk mengetahui apakah hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan strategi pembelajaran *Problem Solving* lebih tinggi daripada hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan menggunakan strategi konvensional, yang sebelumnya telah dilakukan uji prasyarat analisis, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas.

HASIL

Hasil belajar kognitif siswa materi stoikiometri dianalisis untuk menghitung persentase miskonsepsi siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Perbandingan jumlah dan persentase siswa yang mengalami miskonsepsi pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Jumlah dan Persentase Siswa yang Mengalami Miskonsepsi pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Tipe	Jawaban Siswa		Skala Tingkat Keyakinan (Tier 3)	Kelas			
	Tier 1	Tier 2		Eksperimen		Kontrol	
				No Siswa	Persen	No Siswa	Persen
I	Benar	Salah	Yakin / Sangat Yakin	24, 7, 21, 30	11,43%	7, 18, 34, 3, 8, 27, 28, 9	22,22 %
II	Salah	Salah	Yakin / Sangat Yakin	24, 7, 25, 30	11,43%	20, 5, 7, 18, 34, 9	16,67 %
		Jumlah		24, 7, 21, 25, 30	14,28%	7, 18, 34, 3, 8, 27, 28, 9, 20, 5, 7, 34, 9	36,11 %

Tabel 1 menunjukkan bahwa persentase siswa yang mengalami miskonsepsi pada kelas eksperimen sebesar 14,28% dan pada kelas kontrol sebesar 38,90%. Data rata-rata persentase miskonsepsi siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Persentase Miskonsepsi Siswa Materi Stoikiometri pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Sub materi	Kelas					
	Eksperimen			Kontrol		
	Banyak Siswa	No Siswa	Persen	Banyak Siswa	No Siswa	Persen
Ar dan Mr	-	-	-	2	20, 7	5,56%
Konsep Mol	1	24	2,86%	4	5, 7, 18, 34	11,11%
Persen Massa	3	7, 21, 25	8,57%	4	3, 8, 9, 27	11,11%
Rumus Empiris dan Rumus Molekul	-	-	-	1	28	2,78%
Pereaksi Pembatas	1	30	2,86%	2	9, 34	5,56%
Jumlah		5	14,28%		13	36,11%
	Rata-rata		2,86%	Rata-rata		7,22%

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata persentase miskonsepsi siswa pada kelas eksperimen sebesar 2,86% dan rata-rata persentase miskonsepsi siswa pada kelas kontrol sebesar 7,22%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rata-rata miskonsepsi pada kelas eksperimen lebih sedikit daripada kelas kontrol, karena pada siswa yang dibelajarkan dengan strategi pembelajaran *Problem Solving* bersifat konstruktivistik, yakni pembelajaran terpusat pada siswa.

PEMBAHASAN

Penggunaan strategi pembelajaran *Problem Solving* sesuai dengan karakteristik materi stoikiometri yang bersifat konseptual dan algoritmik. Pembelajaran dengan menggunakan strategi *Problem Solving* dapat mencegah miskonsepsi pada siswa, karena siswa dapat memiliki kebiasaan dalam memecahkan setiap permasalahan yang dihadapinya dengan baik dan benar serta mampu menghubungkan antar konsep yang dimiliki. Strategi pembelajaran *Problem Solving* juga menekankan agar pembelajaran memberikan kemampuan bagaimana memecahkan masalah-masalah secara objektif dan tahu benar apa yang dihadapi. Siswa harus mampu mengidentifikasi masalah tersebut, yaitu apa masalahnya, dari mana masalah itu, bagaimana memecahkan masalah itu, dan untuk apa masalah itu dipecahkan. Hal serupa juga dikemukakan oleh BouJaoude & Barakat (2003) bahwa penggunaan strategi *Problem Solving* dapat membantu siswa memahami konsep kimia, sehingga pembelajaran kimia menjadi bermakna.

Langkah pertama dalam *Problem Solving* siswa diminta memahami masalah sampai tujuan dari masalah tersebut dapat teridentifikasi. Siswa belajar menemukan masalah sendiri, sehingga siswa diajarkan mandiri untuk memahami permasalahan yang ditemukan, selain itu siswa diminta pula menemukan maksud atau tujuan dari masalah yang teridentifikasi. Siswa juga dapat menemukan hal-hal apa saja yang menjadi kunci dari permasalahan seperti menemukan unsur-unsur yang penting dan data-data pendukung. *Langkah kedua*, siswa diminta menemukan cara, solusi atau pendekatan untuk memecahkan permasalahan yang ditemukan sebelumnya. Siswa bebas menggunakan cara apapun dalam penyelesaian masalahnya untuk menyelesaikan masalah. Dalam menentukan solusi menyelesaikan masalah, siswa dapat dengan membaca sumber-sumber materi di luar buku teks. *Langkah ketiga*, siswa dapat menyelesaikan permasalahan yang ditemukan dengan cara, solusi atau pendekatan yang telah disusun sebelumnya.

Langkah yang terakhir, siswa mengevaluasi hasil yang didapat. Siswa mengoreksi setiap penyelesaian apakah masuk akal atau tidak, apakah sesuai teori atau tidak. Langkah ini dapat membantu siswa mengidentifikasi konsep yang berhubungan dengan masalah, siswa juga dapat membuat kesimpulan dari masalah yang ada hingga menemukan tujuan dari masalah tersebut sampai menemukan cara untuk menyelesaikan sebuah permasalahan, sehingga strategi *Problem Solving* dapat membantu siswa dalam pembelajaran, karena siswa mampu menemukan masalah yang ada dengan mandiri hingga menemukan cara yang tepat dalam penyelesaiannya dengan cara yang lebih sistematis. Siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional lebih pasif dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan strategi pembelajaran *Problem Solving*, karena siswa hanya mendengarkan guru saat menjelaskan.

SIMPULAN DAN SARAN

Rata-rata persentase siswa yang mengalami miskonsepsi pada pembelajaran dengan strategi *Problem Solving* (2,86%) lebih sedikit daripada siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional (7,22%). Hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan strategi pembelajaran *Problem Solving* (83,26) lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional (76,67).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan strategi pembelajaran *Problem Solving* lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan strategi pembelajaran konvensional pada materi stoikiometri, sehingga diharapkan Guru bisa mencoba menerapkan strategi pembelajaran *Problem Solving* pada materi lain yang memiliki karakteristik materi yang hampir sama dengan materi stoikiometri. Penggunaan instrumen soal ulangan harian menggunakan soal pilihan ganda *three-tier* dapat membantu Guru untuk mengetahui apakah siswa mengalami miskonsepsi atau tidak, sehingga diharapkan instrumen soal yang seperti ini diterapkan pada materi lain untuk menemukan miskonsepsi pada siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Aini, R.G. 2014. *Identifikasi Miskonsepsi dalam Materi Stoikiometri pada Siswa Kelas X di SMA Negeri 1 Malang melalui Soal Diagnostik Three-Tier*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- BouJaoude, S. & Barakat H. 2003. Students' Problem Solving Strategies in Stoichiometry and their Relationships to Conceptual Understanding and Learning Approaches. *Electronic Journal of Science Education*, 7(3).
- Carolyn, Y., Saputro, S., & Saputro A.N.C. 2015. Penerapan Metode Pembelajaran *Problem Solving* dilengkapi LKS untuk Meningkatkan Aktivitas dan Prestasi Belajar pada Materi Hukum Dasar Kimia Siswa

Kelas X MIA 1 SMA Bhinneka Karya 2 Boyolali Tahun Pelajaran 2014/2015. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 4(4): 46-53.

- Damayanti, D.R., Saputro, A.N.C., & Yamtinah, S. 2014. Upaya Peningkatan Kreativitas dan Prestasi Belajar melalui Penerapan Model Pembelajaran *Problem Solving* disertai Hierarki Konsep pada Materi Hidrolisis Garam Siswa Kelas XI Semester Genap SMA Negeri 1 Ngemplak Tahun Pelajaran 2013/2014. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(4): 118-125.
- Ernawati, D., Ashadi, A. & Utami, B. 2015. Upaya Peningkatan Prestasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X MIA 7 dengan Menggunakan Metode Pembelajaran *Problem Solving* pada Materi Stoikiometri di SMA Negeri 1 Sukoharjo Tahun Pelajaran 2014/2015. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 4(4): 17-26.
- Hartantia, R.M., Hayus, E.S.V., & Saputro, A.N.C. 2013. Penerapan Model *Creative Problem Solving* (CPS) untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Kimia pada Materi Pokok Termokimia Siswa Kelas XI IA2 SMA Negeri Colomadu Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(2): 100-109.
- Istiqomah. 2013. *Diagnosis Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Stoikiometri dan Upaya Mengatasinya dengan Pembelajaran Problem Solving Kontekstual di SMA Negeri 1 Talun Blitar*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Kean, E. & Middlecamp, K. 1985. *A Survival Manual for General Chemistry (Panduan Belajar Kimia Dasar)*. Penerjemah: Dr. A. Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Gramedia.
- Indah, K. 2013. *Menggali Pemahaman Konsep Siswa Madrasah Aliyah tentang Stoikiometri dengan Menggunakan Instrumen Diagnostik Two-Tier*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Polya, G. 1973. *How to Solve it*. New Jersey: Princeton University Press.
- Roikah, R. 2013. *Identifikasi Persepsi Konsep Sukar dan Kesalahan Konsep Mol dan Tetapan Avogadro pada Siswa Kelas XI IPA SMA Negeri 2 Malang Tahun Ajaran 2012-2013*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Wahyuni, E. 2010. *Identifikasi Konsep Sukar dan Salah Konsep dalam Pokok Bahasan Perhitungan Kimia pada Siswa SMA Negeri 8 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Wijayanti, N.S., Haryono, & Saputro, A.N.C. 2015. Penerapan Pembelajaran *Problem Solving* untuk Meningkatkan Kreativitas dan Prestasi Belajar

pada Materi Pokok Larutan Penyangga Siswa Kelas XI MIA 3 Semester Genap SMA Batik 2 Surakarta Tahun Pelajaran 2014/2015. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 4(4): 132-138.

Winarni, S., Ismayani, A., & Fitriani. 2013. Kesalahan Konsep Materi Stoikiometri yang dialami Siswa SMA. *Jurnal Ilmiah Didaktika*, 14(1): 43-59.

Arum Setyaningsih, dkk_Pembelajaran Kimia

Mengembangkan Keterampilan Berargumentasi Siswa SMA dalam Materi Asam Basa melalui Isu-isu Sosiosaintifik

Arum Setyaningsih, Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh
Pascasarjana Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: sri.rahayu.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Tujuan pendidikan abad 21, adalah menciptakan masyarakat yang memiliki keterampilan literasi sains. Supaya tujuan tersebut tercapai maka perlu membelajarkan dan mengembangkan kompetensi-kompetensi keterampilan yang mendukung, salah satunya adalah keterampilan berargumentasi. Argumentasi ilmiah memiliki peran penting bagi siswa dalam mengkoordinasikan bukti-bukti ilmiah dengan dukungan teori-teori untuk mendukung atau menolak suatu kesimpulan/penjelasan, model dan atau prediksi yang sangat penting dalam proses epistemologi sains dan mengambil keputusan yang bijak terhadap suatu permasalahan. Permasalahan-permasalahan yang dapat menimbulkan suatu perdebatan dalam menyampaikan argumen biasanya permasalahan sosial yang berkaitan dengan sains yang lebih dikenal dengan isu-isu sosiosaintifik. Demikian pembelajaran keterampilan berargumentasi akan lebih bermakna jika menggunakan isu-isu sosiosaintifik yang relevan dengan materi yang dibelajarkan.

Kata kunci: keterampilan berargumentasi, isu-isu sosiosaintifik.

Abstract: The learning objective of education in the 21th century is to develop the societies which have scientific literacy skill. In order to achieve its objective, that is needed to learn and develop competencies which support it by applying the argumentation. Scientific argumentation is needed to coordinate the argumentations with any theories to agree or disagree toward certain the conclusion/explanation, model and/or prediction which is so important in science epistemology and to solve wisely the problems. Problem which creates a debating in argumentation usually is called as socio-scientific issues. Hence, the learning of argumentation will be more meaningful if it applies socioscientific issues which are relevant with learning materials.

Keywords: argumentation, socioscientific issues.

Pada abad 21 ini, terjadi pola perubahan dinamika sosial masyarakat yang lebih kompleks akibat perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Akibatnya timbullah permasalahan-permasalahan baru yang belum pernah terjadi pada abad sebelumnya (Wijaya, dkk., 2016) dan bersifat global, seperti permasalahan persaingan sumber daya manusia, pencemaran lingkungan, nuklir, kesehatan, keamanan pangan, pertanian, bioteknologi dan sebagainya.

Kondisi masyarakat abad 21 ini, menuntut adanya relevansi proses dan hasil pendidikan dengan dinamika sosial masyarakat dunia. Keadaan inilah yang mendasari perubahan tujuan pendidikan pada abad 21, yaitu menciptakan

masyarakat yang memiliki kompetensi kehidupan (*live competencies*) atau yang lebih sering dikenal dengan istilah keterampilan literasi sains (Schaefer, dalam Grabber, dkk., 2001, Sadler, 2007).

Keterampilan literasi sains merupakan keterampilan untuk memahami dan menjelaskan suatu fenomena dengan menggunakan keterampilan bahasa, membaca, dan menulis untuk mengevaluasi informasi dan mengkomunikasikan gagasan kepada masyarakat, serta menerapkan pengetahuan ilmiah, keterampilan bernalar, dan proses pengambilan keputusan untuk menghadapi permasalahan sehari-hari dalam kehidupan sosial (AAAS, 1993; Grabber, dkk., 2001; Hollbrok dan Ranikmmae, 2009; ODEC, 2013; Cidegmoglu, 2017). Munculnya istilah keterampilan literasi sains dalam sejarah pendidikan sains, memberikan pandangan baru bahwa mengajar bukanlah hanya sekedar membelajarkan siswa mengetahui apa itu pengetahuan (aspek ontologi pengetahuan), tetapi lebih kepada bagaimana kita memperoleh pengetahuan (aspek epistemologi pengetahuan), dan mengapa kita mempercayai pandangan saintifik serta bagaimana aplikasinya dalam masyarakat (aspek aksiologi pengetahuan) (Osborne, dkk., 2004). Sejalan dengan harapan pemerintah Indonesia yang tercantum dalam rasionalisasi pengembangan kurikulum 2013 revisi, bahwa membelajarkan sains bukanlah hanya sekedar transfer pengetahuan dan keterampilan saja tetapi lebih mengembangkan keterampilan berliterasi sains (kurikulum 2013 (revisi), 2016). Oleh sebab itu, perlu adanya pembaruan dalam proses pengimplementasian pembelajaran sains yang menekankan pada, (1) pemahaman terhadap bagaimana bukti-bukti ilmiah digunakan dalam sains untuk mengkonstruksi sebuah penjelasan yang menghubungkan data dan teori, (2) bagaimana mengembangkan pemahaman terhadap kriteria penilaian yang digunakan sains dalam mengevaluasi bukti-bukti dan konstruksi penjelasan. Keterampilan-keterampilan tersebut dikenal dengan keterampilan berargumentasi.

Argumentasi yang dibelajarkan dalam proses pembelajaran adalah argumentasi ilmiah. Argumentasi ilmiah merupakan proses dasar dalam mempelajari sains (Namdar & Shen, 2016). Argumentasi ilmiah memiliki peran penting bagi siswa dalam mengkoordinasikan bukti-bukti ilmiah dengan dukungan teori-teori untuk mendukung atau menolak suatu kesimpulan/penjelasan, model dan atau prediksi yang sangat penting dalam proses epistemologi sains (Osborne, dkk., 2004; Simon, dkk., 2006). Keterampilan berargumentasi ilmiah penting untuk diajarkan kepada siswa mengingat pola distribusi informasi dan tuntutan perkembangan iptek yang sangat pesat sehingga siswa harus dapat mengambil keputusan yang bijak terhadap situasi yang dialaminya.

Salah satu cara mengembangkan, dan meningkatkan keterampilan berargumentasi siswa adalah dengan membelajarkannya secara eksplisit dalam setiap proses pembelajaran sains di setiap jenjang pendidikan. Salah satu jenjang pendidikan di Indonesia adalah tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), yang diikuti oleh siswa dengan rentang usia 16 - 18 tahun.

Kurikulum SMA yang ditetapkan Indonesia, mencantumkan kimia sebagai salah satu mata pelajaran yang wajib diampu untuk siswa dalam kelompok peminatan sains. Pembelajaran kimia mengkaji tentang ilmu kimia. Ilmu kimia sebagai ontologi pengetahuan mengkaji tentang sifat-sifat zat, struktur zat, perubahan zat, hukum-hukum dan prinsip-prinsip yang menggambarkan perubahan zat, serta konsep-konsep, dan teori-teori yang menjelaskan perubahan zat (Effendy, 2016). Salah satu materi yang dikaji dan dibelajarkan pada siswa kelas XI adalah konsep asam basa. Konsep-konsep asam basa mempelajari tentang teori asam basa, cara menentukan pH berdasarkan percobaan maupun perhitungan, dan reaksi netralisasi. Konsep-konsep asam basa merupakan salah satu konsep kimia yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa. Dalam kehidupan nyata, siswa seringkali berkaitan dengan larutan yang bersifat asam atau basa, seperti konsumsi makanan, minuman, dan perlengkapan rumah tangga yang bersifat asam atau basa (konsumsi minuman bersoda, cuka sebagai penambah rasa makanan, sabun, dll). Selain itu, siswa juga seringkali menjumpai isu-isu yang terkait pencemaran air, tanah, udara yang melibatkan konsep asam basa, seperti pencemaran sungai akibat limbah tahu sehingga sungai bersifat asam (sindo.news), kebakaran hutan di Pontianak yang mengakibatkan terjadinya hujan asam. Berita yang berkaitan dengan permasalahan pencemaran mendapat beragam respon dari masyarakat.

Isu yang mengangkat tema pencemaran tersebut, memiliki karakter masalah sosial, kompleks, dapat menimbulkan dilema dan perdebatan argumen dalam pemecahan masalahnya, dan berkaitan dengan konsep sains. Karakter isu tersebut, mencakup ruang lingkup definisi dari isu-isu sosiosaintifik menurut Sadler (2004) dan Zeidler (2014). Dalam mencari solusi terkait permasalahan isu-isu tersebut, dapat diperoleh berdasarkan prinsip-prinsip sains, teori, dan data sehingga isu-isu sosiosaintifik dalam masyarakat dapat dipilih sebagai konteks pembelajaran yang relevan dengan kehidupan siswa.

Pemilihan konteks isu-isu sosiosaintifik dalam pembelajaran dirasa perlu dilakukan untuk menambah relevansi pembelajaran kimia dan mengembangkan keterampilan berargumentasi siswa. Siswa dalam masyarakat adalah manusia yang bertindak sebagai makhluk individu sekaligus sosial sehingga perlu untuk mengambil sebuah keputusan dalam menghadapi isu-isu yang berkembang atau isu-isu sosiosaintifik yang belum tentu kebenarannya dan dalam pengambilan keputusan tentunya akan memunculkan dilema yang juga berhubungan langsung dengan nilai moral dan etika dalam masyarakat. Untuk mengevaluasinya, maka dibutuhkan keterampilan dalam menentukan validitas dan realibilitasnya, membedakan hubungan sebab akibat, observasi, dan menilai resiko/dampak yang diperoleh (Osborne, dkk., 2001). Keterampilan-keterampilan tersebut merupakan bagian dari keterampilan argumentasi.

Pentingnya Pengembangan Keterampilan Berargumentasi di kelas Kimia

Dalam konteks sosial masyarakat, isu-isu sosiosaintifik semakin mendominasi masyarakat abad 21 sehingga ada kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kualitas pemuda-pemudi dalam melakukan evaluasi untuk menentukan validitas, membedakan hubungan sebab akibat, observasi, dan menilai resiko/dampak yang diperoleh (Osborne, dkk, 2001). Keterampilan-keterampilan tersebut merupakan bagian dari keterampilan berargumentasi.

Konsekuensinya, keterampilan berargumentasi sebaiknya diperkenalkan dan dikembangkan dalam pembelajaran secara eksplisit di kelas untuk membiasakan siswa memahami dan mempraktekkan cara yang baik dalam menyampaikan argumen dalam konteks ilmiah. Menurut Osborne, dkk. (2004), ada tiga alasan utama mengapa keterampilan berargumentasi penting dalam pembelajaran. Pertama, argumentasi sesuai dengan perspektif pendidikan modern (kontemporer) yang menekankan bahwa terbentuknya suatu teori bersifat terbuka dan dapat disanggah. Hal ini sesuai dengan hakikat sains bahwa pengetahuan bersifat tentatif. Sanggahan terhadap suatu teori tentunya harus didasarkan pada bukti-bukti yang akurat. Kedua, kegiatan berargumentasi tidak hanya melibatkan kegiatan kognitif saja, tetapi mampu mengarahkan siswa untuk berpikir diluar batas kognitifnya termasuk moral dan etika. Ketiga, pandangan sosiokultural yang terlibat dalam pembelajaran sebagai dampak dari perkembangan sains dalam masyarakat.

Jiménez-Aleixandra dan Erduran (2007) menambahkan bahwa ada lima potensi dari kontribusi pengenalan dan pengembangan keterampilan berargumentasi dalam pembelajaran, yaitu: (1) memotivasi siswa untuk mengembangkan proses kognitif dan meta kognitif yang merupakan karakter ilmuwan sehingga keterampilan berargumentasi merupakan pemodelan yang memungkinkan untuk dipahami siswa, (2) mendukung pengembangan kompetensi komunikasi dan keterampilan berpikir kritis, (3) mendukung tercapainya keterampilan literasi sains dan mengembangkan keterampilan siswa dalam berkomunikasi dan menulis dalam bahasa ilmiah, (4) mendukung enkulturasi dalam praktek budaya ilmiah dan pengembangan kriteria epistemik untuk mengevaluasi sains, (5) mendukung pengembangan penalaran, terutama dalam memilih teori dan atau kriteria ilmiah.

Oleh sebab itu, argumentasi memiliki peran penting dalam pembelajaran sains, terutama kimia bagi siswa dalam memahami epistemologi sains, bernalar, dan berkomunikasi sehingga perlu dibelajarkan secara eksplisit dalam proses pembelajaran. Selain itu, pentingnya argumentasi dalam memahami epistemologi sains terutama kimia berkaitan erat dengan awal perkembangan ilmu kimia yang didasarkan pada fakta-fakta/bukti-bukti kemudian diuji dan munculah konsep-konsep/teori-teori untuk menjelaskan suatu fenomena.

Isu-isu Sosiosaintifik sebagai Konteks Pembelajaran Kimia pada Materi Asam Basa

Perkembangan sains dan teknologi di abad 21 ini, memberikan dampak langsung terhadap berbagai aspek kehidupan masyarakat. Kimia sebagai salah satu cabang sains memiliki kontribusi dalam perkembangan saintek (Cigdemoglu & Geban, 2015), yang cukup besar dalam berbagai bidang, seperti penggunaan bahan bakar fosil untuk menggerakkan mesin, penggunaan perisa dan pewarna makanan sebagai hasil temuan dalam bidang sintesis senyawa, bioteknologi dalam bidang agrokultur, genetika, nuklir, dan sebagainya. Dampak lain dari sumbangan ilmu kimia adalah pencemaran lingkungan.

Ada beberapa isu-isu yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan menjadi pemberitaan dalam beberapa media ataupun bahan penulisan artikel penelitian, diantaranya adalah pencemaran Sungai Cibaduyut oleh limbah tahu yang mengandung asam setat (Hermansyah, 2016), pencemaran Sungai Surabaya oleh limbah cair pabrik kertas yang mengandung amonia (Riski, 2014), penelitian yang dilakukan oleh Budiwati menyatakan kontribusi kebakaran hutan di Pontianak sebagai salah satu faktor penyumbang hujan asam di Pontianak Kalimantan Barat (Budiawati, dkk., 2012).

Ketiga contoh isu-isu tersebut, apabila dipandang dari sudut pandang kimia, maka isu-isu tersebut berkaitan dengan tema konsep-konsep asam basa yang dibelajarkan pada siswa SMA kelas XI. Dari sudut pandang sosial, kita dapat menyatakan opini dan mengambil sikap/keputusan, serta mengkaji nilai moral dan etika terhadap isu tersebut. Demikian ketiga isu tersebut memiliki karakter masalah sosial, kompleks, dapat menimbulkan dilema dan perdebatan argumen dalam pemecahan masalahnya, dan berkaitan dengan konsep sains dan etika moral sehingga dapat disebut sebagai isu-isu sosiosaintifik.

Ratcliffe & Grace (2003) menegaskan, bahwa isu-isu sosiosaintifik memiliki karakter: (1)berdasarkan prinsip sains, (2)melibatkan argumen dan pengambilan keputusan pada tingkat personal maupun sosial, (3)isu-isu tersebut seringkali diberitakan di media dan pemberitaan dilakukan berdasarkan tujuan dari komunikator, (4)informasi yang disajikan kurang lengkap (*ill-structured*) sebab mengandung konflik dan pelaporan yang tidak lengkap, (5)mengarah pada dimensi lokal, nasional, global, dengan melibatkan kerangka politik dan sosial, (6)melibatkan penalaran, nilai moral, dan etika, (7)membutuhkan pemahaman mengenai berbagai kemungkinan dan resiko, (8)topik berkaitan dengan suatu kejadian.

Keunikan dari karakter isu-isu sosiosaintifik inilah yang apabila diterapkan sebagai konteks pembelajaran terutama pada materi asam basa dapat membantu siswa dalam mengonstruksi, mentransfer, dan mengaplikasikan konsep-konsep pengetahuannya serta menyatakan sikap moral pada masalah etika (Zeidler, 2014). Selain itu, melalui isu-isu sosiosaintifik siswa dapat mengembangkan keterampilan

berargumentasinya dalam melakukan evaluasi terhadap kebenaran dan solusi permasalahan tersebut.

Hal ini didukung oleh pernyataan Sadler (2004), bahwa integrasi isu-isu sosiosaintifik merupakan media untuk: (1) lebih merelevansi sains dengan kehidupan siswa, (2) meningkatkan pemahaman konsep siswa, (3) meningkatkan kemampuan berargumentasi siswa, (4) meningkatkan kemampuan mengevaluasi secara ilmiah. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Sadler, dkk. (2016) mengungkapkan bahwa pembelajaran berbasis isu-isu sosiosaintifik mendukung pemahaman konsep sains siswa secara signifikan.

Oleh sebab itu, pengintegrasian isu-isu sosiosaintifik dalam proses pembelajaran kimia pada materi asam basa dapat menarik perhatian dan motivasi untuk lebih memahami dan mengkonstruksi pemahaman konsep siswa serta mengembangkan keterampilan berargumentasinya.

PEMBAHASAN

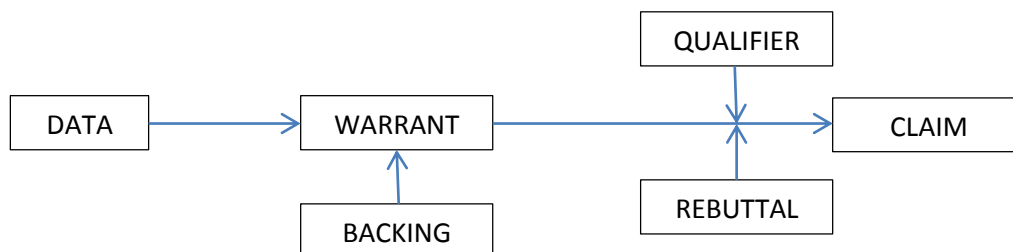
Dalam proses mengembangkan keterampilan berargumentasi siswa pada materi asam basa, maka fokus utamanya adalah mempelajari bagaimana siswa menyusun atau merangkai sebuah argumen ilmiah dalam konteks kimia melalui isu-isu sosiosaintifik terutama materi asam basa.

Untuk dapat merangkai sebuah argumentasi yang baik maka perlu dipahami struktur dari sebuah argumen. Toulmin (2003) menganalogikan argumen sebagai suatu organisme yang memiliki struktur anatomi dan fisiologi. Pola argumentasi Toulmin meliputi dua bagian yaitu, struktur dasar argumen (*data, claim, warrant*) dan bagian yang seringkali disertakan dalam argumen (*qualifier, backing, rebuttal*) yang sifatnya memperkuat atau menyanggah *claim*.

Menurut Toulmin, komponen utama dalam argumen adalah *claim*. *Claim* merupakan suatu pernyataan yang diajukan kepada orang lain agar dapat diterima sebagai sebuah kebenaran. Pengajuan *claim* harus didukung oleh data/fakta-fakta tertentu yang dapat mendukung *claim*. Untuk memberikan justifikasi hubungan antara data dan *claim*, maka diperlukan suatu pernyataan/alasan yang sifatnya sebagai jaminan (*warrant*). Biasanya jaminan/*warrant* digunakan untuk menjawab “mengapa data tersebut, dapat membenarkan *claim* Anda?”. Komponen *claim-data-warrant* merupakan struktur dasar dari sebuah argumen.

Komponen yang seringkali disertakan dalam sebuah argumen adalah *backing, qualifier, dan rebuttal*. *Backing* merupakan suatu pernyataan yang mendukung justifikasi dari sebuah *warrant*. *Backing* dapat dicirikan dengan kata-kata seperti, “menurut teori...”, “berdasarkan pengalaman saya...”. *Qualifier* menyatakan kekuatan data terhadap *warrant* sekaligus dapat membatasi *claim* universal. Pembatasan *claim* universal dapat diindikasikan dengan kata-kata seperti, “biasanya...”, “kadang-kadang...”, “selalu...”. Komponen terakhir adalah *rebuttal* atau sanggahan yang merupakan perlawanan terhadap suatu *claim, data, dan warrant* (komponen dalam suatu pernyataan sanggahan sebaiknya mengandung

komponen *data*, *claim*, *warrant* agar tidak diragukan kekuatannya dalam memberikan perlawanan terhadap suatu pernyataan). Berikut pola argumentasi Toulmin dapat dilihat pada Gambar 1.

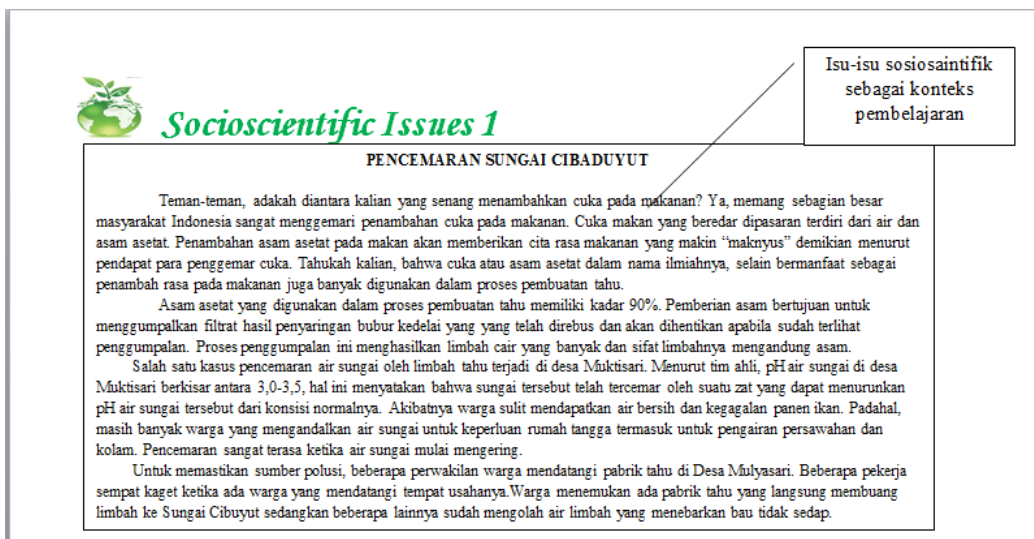


Gambar 1. Pola Argumentasi Toulmin
(Sumber : Toulmin, 2003: 94)

Aspek terpenting mengkonstruksi argumen adalah pemahaman terhadap struktur argumen dan penyajian bukti-bukti untuk memperkuat sebuah argumen. Bagi siswa, mengkonstruksi argumen yang baik merupakan suatu tugas yang tidak mudah sehingga membutuhkan bimbingan dan bantuan dalam membangun argumen. Salah satu caranya adalah dengan memasukkan konteks isu-isu sosiosaintifik (Sadler, 2004) yang berkaitan dengan materi asam basa dan menggunakan kerangka kerja *competeting theories-ideas and evidence* (Osborne, dkk., 2001) untuk membantu siswa dan memfasilitasi siswa dalam mengembangkan argumentasi di kelas. Kerangka kerja *competeting theories-ideas and evidence* menyajikan sebuah fenomena dan diberikan dua penjelasan yang berlawanan dan diberikan data-data, fakta-fakta yang mendukung salah satu pernyataan dan atau keduanya kemudian mereka harus menggunakan data-data atau fakta-fakta yang telah disajikan untuk menyusun sebuah argumentasi (Osborne, dkk., 2004:1002).

Untuk menerapkannya, maka perlu mengembangkan instrumen yang dibuat berdasarkan komponen-komponen yang mendukung aktivitas siswa untuk mengembangkan ketrampilan berargumentasinya. Komponen-komponen yang harus ada dalam instrumen tersebut, meliputi isu-isu sosiosaintifik sebagai konteks pembelajaran, kerangka kerja *competeting theories-ideas and evidence* sebagai alat bantu siswa untuk mengarahkan penyusunan argumen, pertanyaan-pertanyaan yang mendukung untuk siswa mengkonstruksi dan mentransfer pengetahuannya, serta sikap dan penilaian moral siswa terhadap isu-isu sosiosaintifik. Berikut contoh instrumentasi lembar kerja siswa submateri teori asam basa, yang dibuat dengan tujuan untuk mengembangkan keterampilan berargumentasi dalam materi asam basa.

Pada bagian awal lembar kerja siswa teori asam basa diberikan sebuah wacana tentang isu-isu sosiosaintifik yang berkaitan dengan materi asam basa., seperti isu tentang pencemaran sungai akibat limbah dari industri tahu.



Socioscientific Issues 1

PENCEMARAN SUNGAI CIBADUYUT

Temannya, adakah diantara kalian yang senang menambahkan cuka pada makanan? Ya, memang sebagian besar masyarakat Indonesia sangat menggemari penambahan cuka pada makanan. Cuka makan yang beredar dipasaran terdiri dari air dan asam asetat. Penambahan asam asetat pada makan akan memberikan cita rasa makanan yang makin "maknyus" demikian menurut pendapat para penggemar cuka. Tahukah kalian, bahwa cuka atau asam asetat dalam nama ilmiahnya, selain bermanfaat sebagai penambah rasa pada makanan juga banyak digunakan dalam proses pembuatan tahu.

Asam asetat yang digunakan dalam proses pembuatan tahu memiliki kadar 90%. Pemberian asam bertujuan untuk menggumpalkan filtrat hasil penyaringan bubur kedelai yang telah direbus dan akan dihentikan apabila sudah terlihat penggumpalan. Proses penggumpalan ini menghasilkan limbah cair yang banyak dan sifat limbahnya mengandung asam.

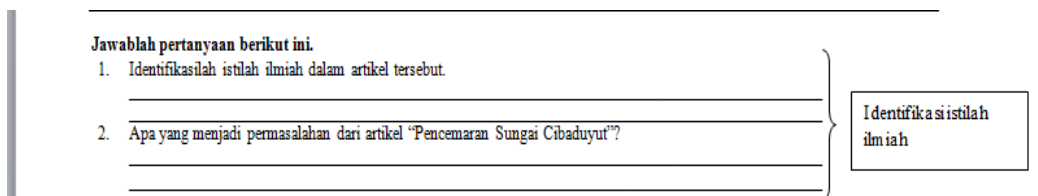
Salah satu kasus pencemaran air sungai oleh limbah tahu terjadi di desa Muktisari. Menurut tim ahli, pH air sungai di desa Muktisari berkisar antara 3,0-3,5, hal ini menyatakan bahwa sungai tersebut telah tercemar oleh suatu zat yang dapat menurunkan pH air sungai tersebut dari konsisi normalnya. Akibatnya warga sulit mendapatkan air bersih dan kegagalan panen ikan. Padahal, masih banyak warga yang mengandalkan air sungai untuk keperluan rumah tangga termasuk untuk pengairan persawahan dan kolam. Pencemaran sangat terasa ketika air sungai mulai mengering.

Untuk memastikan sumber polusi, beberapa perwakilan warga mendatangi pabrik tahu di Desa Mulyasari. Beberapa pekerja sempat kaget ketika ada warga yang mendatangi tempat usahanya. Warga menemukan ada pabrik tahu yang langsung membuang limbah ke Sungai Cibuyut sedangkan beberapa lainnya sudah mengolah air limbah yang menebar bau tidak sedap.

Isu-isu sosiosaintifik sebagai konteks pembelajaran

Gambar 2. Contoh Wacana Bagian Awal.

Selanjutnya, berdasarkan wacana tersebut disusunlah pertanyaan-pertanyaan yang mengarahkan siswa untuk: mengidentifikasi istilah ilmiah pada Gambar 3, mengkonstruksi dan mentransfer konsep teori-teori asam basa pada Gambar 4, menyusun sebuah argumen melalui pertanyaan dengan kerangka kerja *competeting teori-idea and evidence* pada Gambar 5.

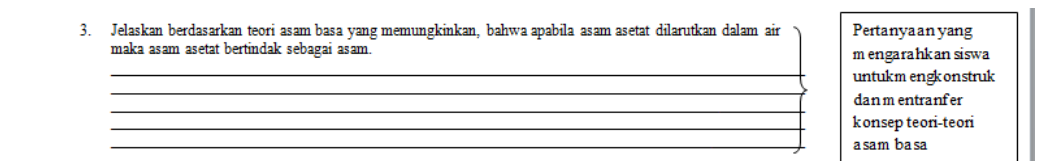


Jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Identifikasilah istilah ilmiah dalam artikel tersebut.

Identifikasi istilah ilmiah

Gambar 3. Contoh Pertanyaan Identifikasi Istilah Ilmiah.



3. Jelaskan berdasarkan teori asam basa yang memungkinkan, bahwa apabila asam asetat dilarutkan dalam air maka asam asetat bertindak sebagai asam.

Pertanyaan yang mengarahkan siswa untuk mengkonstruksi dan mentransfer konsep teori-teori asam basa

Gambar 4. Contoh Pertanyaan Mengkonstruksi dan Mentransfer Konsep Teori Asam Basa.

4. Pada saat jam istirahat, ada tiga orang siswa sedang berbincang dibawah rimbunnya pohon di taman sekolah. Mereka terlihat asik berbicara tentang kasus pencemaran sungai akibat pembuangan limbah industri tahu yang tertulis dalam suatu artikel.
Siswa A : apakah asam asetat selalu bertindak sebagai asam?
Kemudian siswa B dan C mengajukan jawabannya.
Siswa B : asam asetat selalu bertindak sebagai asam.
Siswa C : asam asetat dapat bertindak sebagai basa

Susunlah sebuah argumentasi dengan menggunakan fenomena-fenomena yang mendukung pendapat siswa A, B, atau keduanya atau tidak keduanya. Berikut alasan-alasan yang dapat kalian gunakan sebagai pembenaran.

- CH_3COOH dalam air bertindak sebagai asam
- CH_3COOH dalam amonia bertindak sebagai asam
- CH_3COOH dalam asam sulfat bertindak sebagai basa
- CH_3COOH dapat bertindak sebagai asam atau basa
- Berdasarkan konsep kekuatan asam reaktif, asam sulfat adalah asam yang lebih kuat dari pada asam asetat sehingga asam sulfat lebih mudah untuk mendonorkan proton atau ion H^+ . Demikian asam sulfat bertindak sebagai asam sedangkan asam setat bertindak sebagai basa
- Fenomena sifat asam asetat dalam air dapat dijelaskan berdasarkan teori asam basa Arrhenius, suatu zat dapat disebut sebagai asam jika dapat menghasilkan ion H^+ dalam air, sedangkan reaksi asam asetat dengan amonia dapat dijelaskan dengan teori asam basa Bronsted-Lowry, suatu zat disebut sebagai asam jika dapat mendonorkan proton atau ion H^+ dan akan disebut sebagai basa jika dapat menerima donor proton atau ion H^+ .

Argumentasi

Kerangka kerja *competeting theori-idea and evidence* yang berfungsi untuk mengarahkan siswa dalam menyusun sebuah argumen

Gambar 5. Contoh Kerangka Kerja *competeting theori-idea and evidence*.

Harapannya melalui wacana isu-isu sosiosaintifik dan kerangka kerja tersebut, siswa dapat menyusun sebuah agumentasi, mengkonstruk, dan mentransfer pengetahuannya. Berikut contoh susunan argumentasi yang mungkin dihasilkan oleh siswa untuk jawaban pertanyaan soal pada instrumen soal/pertanyaan tentang keterampilan argumentasi siswa: (1)argumentasi yang mencakup keseluruhan struktur argumen Toulmin “*Saya sependapat dengan siswa A bahwa penyebab polusi air di desa Muktisari adalah limbah cair hasil proses pembuatan tahu yang mengandung asam asetat (CH_3COOH) yang bersifat asam. (claim). Sebab dalam air CH_3COOH dapat melepaskan ion H^+ (data). Berikut persamaan reaksinya $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ (warrant). Perilaku asam asetat pada persamaan reaksi tersebut dapat dijelaskan dengan Teori Asam Basa Arrhenius bahwa suatu asam apabila dilarutkan dalam air maka akan menghasilkan ion H^+ . Pada persamaan reaksi tersebut nampak bahwa asam asetat adalah senyawa asam (backing). Namun, tidak hanya teori asam basa Arrhenius saja yang dapat menjelaskan perilaku asam asetat yang dapat bertindak sebagai asam (rebuttal). Ada Teori Asam Basa Brønsted Lowry yang juga dapat menjelaskan fenomena tersebut (data). Perilaku asam asetat pada persamaan reaksi tersebut yang dapat mendonorkan proton pada H_2O dapat dijelaskan dengan Teori Asam Basa Brønsted Lowry bahwa suatu senyawa dapat bertindak sebagai asam apabila dapat mendonorkan proton atau ion H^+ Berikut persamaan reaksinya $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ (warrant). Namun tidak menutup kemungkinan bahwa kadar asam asetat yang terlalu tinggi (90%) juga mempengaruhi (rebuttal) tetapi data-data yang mendukung hal ini masih kurang. Untuk membuktikan maka perlu dilakukan pengujian secara menyeluruh (data)”*

(2)argumentasi yang mencakup komponen dasar argumen (hanya mengandung *claim, data, warrant*). “*Saya sependapat dengan siswa A bahwa penyebab polusi air di desa Muktisari adalah limbah cair hasil proses pembuatan tahu yang mengandung asam asetat (CH_3COOH) yang bersifat asam. (claim). Sebab dalam air CH_3COOH dapat melepaskan ion H^+ (data). Berikut persamaan reaksinya $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$ (warrant)*”, (3)argumentasi yang tidak lengkap “*Saya sependapat dengan siswa A bahwa penyebab polusi air di desa Muktisari adalah limbah cair hasil proses pembuatan tahu yang mengandung asam asetat (CH_3COOH) yang bersifat asam (claim). Sebab dalam air CH_3COOH dapat melepaskan ion H^+ (data)*”.

SIMPULAN

Isu-isu sosiosaintifik yang semakin mendominasi masyarakat abad 21 mengakibatkan adanya kebutuhan mendesak terhadap peningkatan dan pengembangan keterampilan berargumentasi yang berfungsi sebagai bekal hidup siswa untuk melakukan evaluasi dan pemecahan masalah. Implementasi pengembangan keterampilan berargumentasi dapat dilakukan dengan memasukkan isu-isu sosiosaintifik sebagai konteks pembelajaran dan kerangka kerja *competeting theory* sebagai alat bantu siswa dalam mengkonstruksi argumen.

DAFTAR RUJUKAN

- American Association for the Advancement of Science (AAAS).1993. *Bechmarks for Science Literacy*. New York:Oxvord University Press.
- Budiawati, T., Styawati, W., & Indrawati, A. 2012. Analisis Tingkat Keasaman dan Komposisi Kimia Air Hujan Sebagai Dampak Kebakaran hutan di Pontianak (KALBAR). *Prosiding Sains Atmosfer dan Aplikasinya*: 392-400.
- Cigdemoglu, C. & Geban, O. 2015. Improving Students'Chemical Literacy Levels on Thermochemical and Thermodynamic Concepts through a Context – Based Approach. *Chemistry Education Research and Practice*, 15:302-317.
- Cigdemoglu, C. Arslan, H.O., & Cam, A. 2017. Argumentation to Foster Pre-Service Science Teachers' Knowledge, Competency, and Attitude on the Domains of Chemical Literacy of Acid Bases. *Chemistry Education Research and Practice*, 18: 288-303.
- Effendy. 2016. *Ilmu Kimia untuk Siswa SMA dan MA Kelas X jilid 1A*. Malang: Indonesian Academic Publishing.
- Gräber, W., Nentwig, P., Becker, H., Sumfleth, E., Pitton, A., Wollweber, K., & Jorde, D. 2001. Scientific Literacy: From Theory to Practice. Dalam H. Behrendt, dkk. (Eds). *Research in Science Education-Pasr, Present, and Future*, (hlm.61-70). Netherland: Kluwer Academic.

- Hermansyah, D. 2016. *Sungai Cibuyut Tercemar Limbah, Warga Datangi Kecamatan*,
(Online), (<https://daerah.sindonews.com/read/1131360/21/sungai-cibuyut-tercemar-limbah-warga-datangi-kecamatan-1471248667>, diakses 11 Juli 2017).
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. 2009. The Meaning of Science Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, (4)3:275-288.
- Inch, E. S., Warnick, B., & Endres, D. 2006. *Critical Thinking and Communication: The Uses of Reason in Argument*. Boston: Pearson Education Inc.
- Jiménez-Aleixandra, M. P. & Erduran, S. 2007. Argumentation in Science Education: An Overview. Dalam S. Erduran dan M. P. Jiménez-Aleixandra (Eds). *Argumentation in Science Education*, 3-28. London: Springer.
- Jiménez-Aleixandra, M. P. 2007. Designing Argumentation Learning Environments. Dalam S. Erduran dan M. P. Jiménez-Aleixandra (Eds). *Argumentation in Science Education*, 91-115. London: Springer.
- Kurikulum 2013 revisi. 2016. Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA) Kimia. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Namdar, B. & Shen, J. 2016. Intersection of Argumentation and the use of multiple representation in context of socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, (38)7:1100-1132.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). 2013. *PISA 2015 Draft Science Framework*. (Online), (<https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>, diakses pada 12 November 2016).
- Osborne, J., F., Erduran, S., & Simon, S. 2001. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *School Science Review*, 82 (301):63-94.
- Osborne, J., F., Erduran, S., & Simon, S. 2004. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of research in Science Teaching*, 41 (10):994-1020.
- Probosari, R. M., Ramli, M., Harlita, Indrowati, M., & Sajidan. 2016. Profil ketrampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP UNS pada Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan. *Bioedukasi*, 9(1):29-33.
- Rahayu, Sri. 2015. Meningkatkan profesionalisme guru Dalam mewujudkan literasi sains siswa Melalui pembelajaran kimia/ipa Berkonteks isu-isu

- sosiosaintifik (Socioscientific issues), (online)
(<https://www.researchgate.net/publication/283568309>, diakses 3 Desember 2016).
- Ratcliffe, M. & Greace, M. 2003. *Science Education for Citizenship: Teaching Socioscientific Issues*. Philadelphia: Open University press.
- Riski, P. 2014. *Ecoton Laporan Pencemaran Sungai Akibat Limbah Cair Tjiwi Kimia*, (Online), (<http://www.mongabay.co.id/2014/05/09/ecoton-laporkan-pencemaran-sungai-akibat-limbah-cair-tjiwi-kimia/>, diakses 11 Juli 2017).
- Sadler, T. D. & Donnelly, L.A. 2006. Socioscientific Argumentation: The Effects of Content Knowledge and Morality. *International Journal of Science education*, 28(12):1463-1488.
- Sadler, T.D. 2004. Moral and Ethical Dimension of Socioscientific Decisionmaking as Integral Components of Scientific Literacy. *Science Educators*, 13: 39-48.
- Sadler, T.D. 2007. The Aims of Science Education: Unifying the Fundamental and Derived Senses of Scientific Literacy. Paper presented at the Linnaeus Tercentenary 2007 Symposium Promoting Scientific Literacy, Uppsala University, Uppsala, Mei.
- Sadler, T.D., Romine, W.L., & Topcu, M.S. 2016. Learning Science Content Through Socio-Scientific Issues-Based Instruction: A Multi-Level Assessment Study. *International Journal of Science Education*, 38: 1-14.
- Toulmin, S. E. 2003. *The Uses of Argumen, Update Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., & Nyoto, A. 2016. Transformasi Pendidikan Abad 21 Sebagai Tuntutan Pengembangan Sumber Daya Manusia di Era Globalisasi. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Universitas Kanjuruhan Malang, (1):263-278.
- Zeidler, D. L. 2014. Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research and Practice. Dalam N. G. Lederman, & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research in Science Education* (Vol. 2). New York: Routledge.

Yuli Subekti, dkk._Pembelajaran Kimia

Kajian Keterampilan Argumentasi pada Pembelajaran Kimia Menggunakan *Argument Driven Inquiry* (ADI) Berbasis Konteks

Yuli Subekti, Suhadi Ibnu, Subandi
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: suhadi.ibnu2007@yahoo.com

Abstrak: Makalah ini mengkaji keterampilan argumentasi siswa menggunakan model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) berbasis konteks. Keterampilan argumentasi merupakan salah satu aspek penting untuk mengembangkan literasi sains siswa. Literasi sains harus dimiliki seseorang agar lebih peduli terhadap isu-isu yang berkembang dengan terlibat secara aktif dan kritis dalam pemecahan masalah. ADI merupakan model pembelajaran inkuiri yang berorientasi pada keterampilan argumentasi. Pembelajaran kontekstual merupakan contoh pembelajaran yang ideal untuk mendukung penerapan ADI sekaligus mengembangkan keterampilan argumentasi karena menampilkan masalah menggunakan fenomena nyata. Penerapan model ADI berbasis konteks pada pembelajaran kimia diharapkan dapat mendukung keterampilan argumentasi sebagai komponen penting literasi sains.

Kata kunci: keterampilan argumentasi, ADI, pembelajaran kontekstual, literasi sains

Abstract: This paper examined student's argumentation skills using a context-based *Argument Driven Inquiry* (ADI) learning model. Argumentation skills were an important aspect for developing student's science literacy. The science literacy must be owned by someone to be more concerned about issues that were developing by being actively involved and critical in problem solving. ADI is an inquiry-oriented learning model that is oriented to argumentation skills. Contextual learning is an ideal example of learning to support ADI implementation while developing argumentative skills because it presents problems using real phenomena. Application of context-based ADI model on chemistry learning was expected to support argumentation skills as an important component of science literacy.

Keywords: argumentation skills, ADI, contextual learning, science literacy

Latar belakang dari penulisan makalah ini didasarkan pada pentingnya mengembangkan keterampilan argumentasi siswa sebagai salah satu aspek penting dari literasi sains. Dalam kehidupan sehari-hari, argumentasi merupakan hal yang esensial. Hampir setiap pekerjaan ataupun segala hal memerlukan argumen (Keraf, 2007). Menurut Weston (2007), keesensialan argumentasi tersebut disandarkan pada dua alasan, yaitu: (1) argumentasi merupakan usaha mencari tahu pandangan

mana yang lebih baik dari yang lain, dan (2) argumentasi dijabarkan sebagai cara seseorang menjelaskan dan mempertahankan suatu gagasan.

Sementara itu, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) selain memberikan berbagai kemudahan juga memunculkan dampak negatif, seperti permasalahan sosial dan lingkungan. Literasi sains memiliki keterkaitan dengan masalah-masalah sosial dan lingkungan yang kompleks tersebut. Semua warga negara, tidak hanya ilmuwan, harus mampu menghadapi dampak ilmu pengetahuan (OECD, 2016: 7). Melalui pengembangan keterampilan argumentasi, siswa dapat lebih peduli terhadap isu-isu yang berkembang dalam masyarakat. Siswa dapat terlibat secara aktif dan kritis dalam upaya pemecahan masalah. Keterampilan argumentasi juga dapat membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna karena dihubungkan langsung dengan situasi dunia nyata. Autor & Price (2013) menyatakan bahwa keterampilan yang lebih dibutuhkan pada era globalisasi adalah keterampilan memecahkan masalah yang memerlukan daya pikir kritis. Pembelajaran sains di Indonesia juga diharapkan dapat menghantarkan peserta didik memenuhi keterampilan penting abad 21, seperti keterampilan berpikir kritis, berkomunikasi, dan memecahkan masalah (Kemdikbud, 2016).

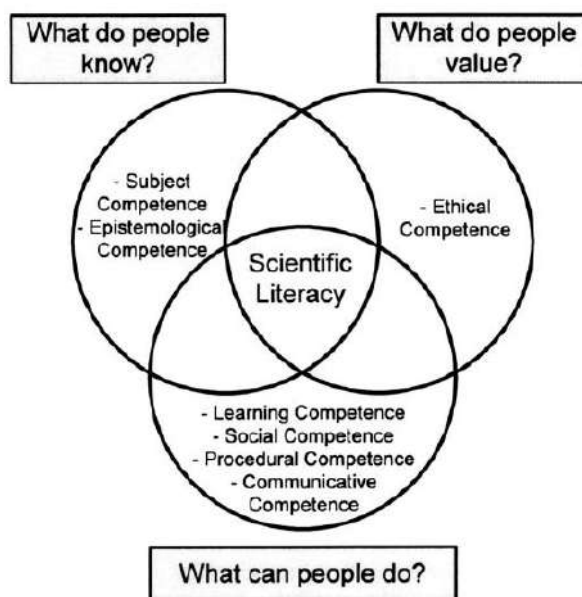
Meskipun keterampilan argumentasi dipandang begitu penting, namun faktanya kondisi pembelajaran kimia di Indonesia belum sepenuhnya memberi kesempatan kepada peserta didik untuk belajar bagaimana terlibat dalam argumentasi ilmiah. Hasil observasi salah satu sekolah di Yogyakarta menunjukkan bahwa siswa tidak terlibat secara aktif pada proses pembelajaran termokimia. Padahal, Kurikulum 2013 yang diterapkan saat ini memiliki paradigma konstruktivisme, dimana peserta didik dituntut untuk menemukan pengetahuan secara mandiri dari hasil interaksi mereka dengan lingkungan di dalam maupun luar sekolah. Namun, faktanya peserta didik cenderung pasif dan hanya menghafal materi sehingga pemahamannya tidak menyeluruh dan konsep-konsep fundamental menjadi tidak terbangun (Sozbilir, dkk., 2009). Hal tersebut menyebabkan pembelajaran menjadi kurang bermakna dan kurang dapat mengembangkan literasi sains peserta didik. Sebagai implikasinya, hasil tes berskala internasional seperti *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan tingkat literasi sains peserta didik Indonesia konsisten berada pada peringkat rendah dari tahun ke tahun.

Fakta tersebut menunjukkan kondisi memprihatinkan dunia pendidikan Indonesia. Sebagai salah satu aspek penyokong literasi sains, keterampilan argumentasi harus dilatihkan pada peserta didik. Salah satu cara menumbuhkan kembangkan keterampilan argumentasi adalah melalui implementasi metode pembelajaran yang tepat. Pada makalah ini akan dipaparkan pengembangan keterampilan argumentasi menggunakan model pembelajaran ADI berbasis konteks.

Peran Keterampilan Argumentasi dalam Meningkatkan Literasi Sains

Salah satu tujuan utama pendidikan sains adalah mewujudkan peserta didik yang berliterasi sains (NRC, 1996; Norris & Philips, 2003; Hidayat, 2007). Lederman dkk. (2013) juga menyatakan bahwa pada akhirnya, semua model pembelajaran sains dan kurikulum yang selama ini digunakan pun akan mengarah pada konstruksi literasi sains. Peserta didik yang berliterasi sains akan memiliki kemampuan untuk menggunakan pengetahuan sains, mengidentifikasi pertanyaan, dan mengambil kesimpulan berdasarkan bukti-bukti dalam rangka memahami serta membuat keputusan berkaitan dengan alam dan perubahannya akibat aktivitas manusia (OECD, 2003: 295). Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) terbaru tahun 2015 menunjukkan bahwa tingkat literasi sains peserta didik Indonesia masih rendah (OECD, 2016: 5).

Salah satu cara untuk membantu peserta didik mengembangkan literasi sains adalah memberikan mereka lebih banyak kesempatan untuk belajar mengenai argumentasi ilmiah. Meskipun terdapat banyak kompetensi yang menjadi aspek literasi sains, namun menurut Graber dkk. (2001), terdapat beberapa kompetensi spesifik yang lebih dibutuhkan seperti ditunjukkan Gambar 1. Berdasarkan model literasi Graber, keterampilan argumentasi termasuk dalam kompetensi berkomunikasi.



Gambar 1. Model Literasi Sains
Sumber: Graber dkk. (2001)

Inch dkk. (2006) mendefinisikan argumentasi sebagai bagian dari mengambil keputusan, mempertahankannya, dan mempengaruhi orang lain menurut data yang disertai dengan rasionalisasi. Melalui argumentasi, seseorang berusaha merangkai fakta-fakta sedemikian rupa, sehingga ia mampu menunjukkan apakah suatu pendapat tertentu benar atau tidak. Argumentasi sangat diperlukan dalam dunia sains karena ilmu sains bukanlah sekedar kumpulan fakta-fakta yang

terakumulasi secara sederhana, melainkan suatu konstruksi dari teori-teori yang berisi penjelasan beserta bukti-bukti yang mendukung penjelasan tersebut (Erduran, dkk., 2004). Oleh karena itu, Tippet (2009) menyebut argumentasi sebagai “bahasa sains”.

Argumentasi termasuk dalam aspek proses dari pembelajaran inkuiri yang sering dilupakan di kelas. Dalam sains, argumentasi bukanlah suatu perdebatan dengan lawan bicara untuk menentukan siapa yang menang dan yang kalah. Namun, argumentasi merupakan bentuk percakapan logis yang bertujuan untuk mempengaruhi orang lain dengan menggunakan hubungan antara ide dan bukti. Sebagai hasilnya, argumentasi memainkan peran penting dalam pengembangan, evaluasi, validasi pengetahuan serta merupakan praktek penting dalam sains yang membuat sains menjadi lebih bernilai (Sampson, dkk., 2011).

Keterampilan argumentasi juga diperlukan dalam dunia sains karena dapat meningkatkan pemahaman konsep (Erduran dkk., 2004; Tippet, 2009). Melalui keterampilan ini, siswa dapat memahami materi secara lebih mendalam melalui aplikasi fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Sampson dkk. (2011) mengemukakan bahwa pemahaman konsep peserta didik akan meningkat ketika ide-ide mereka diekspos satu sama lain. Masing-masing peserta didik dapat saling merespon dan berbagi argumen dengan memberi pertanyaan, menanggapi, serta mengevaluasi berbagai ide saat diskusi berlangsung. Porter dkk. (2000) juga berpendapat bahwa teknik belajar yang efektif bagi peserta didik adalah teknik belajar yang sesuai dengan cara kerja otak, yaitu melibatkan pikiran masing-masing peserta didik yang bersifat unik. Peserta didik dapat mengkonstruksi pengetahuannya secara mandiri sehingga pembelajarannya menjadi lebih bermakna dan dapat meningkatkan pemahaman konsep pada materi tersebut (Ausubel, 1977).

Analisis tentang kualitas argumentasi dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya kerangka kerja analitik Toulmin yang dikenal sebagai *Toulmin's Argumen Pattern* (TAP). Komponen TAP meliputi (1)*claim*, berupa pernyataan berupa kesimpulan; (2)*ground/data*, berupa bukti atau fakta untuk mendukung *claim*; (3)*warrant*, berupa alasan yang menghubungkan antara *data* dan *claim*; (4)*qualifier*, berupa asumsi dasar atau kondisi-kondisi yang perlu ada agar *claim* itu benar; (5)*backing*, berupa informasi, teori, atau fakta tambahan untuk membenarkan alasan (Cetin, 2014). Untuk mengakses kualitas argumentasi, Cetin (2014) mengembangkan TAP seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerangka Kerja Analitik (modifikasi dari Cetin, 2014)

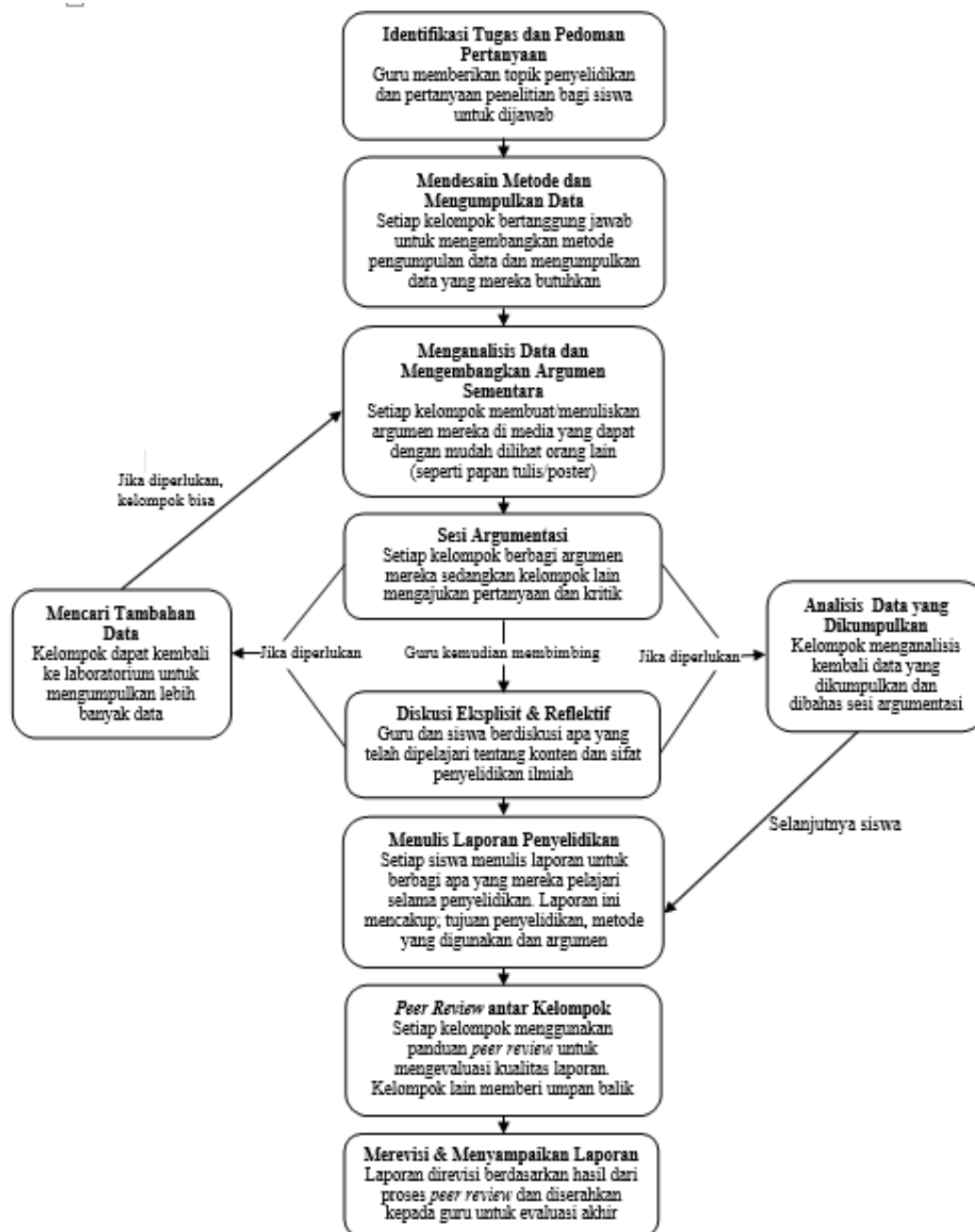
Kategori	Deskripsi
Level 1	Argumen hanya mengandung <i>claim</i> sederhana
Level 2	Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , dan/atau <i>warrant</i> a. Argumen mengandung <i>claim</i> dan <i>data</i> b. Argumen mengandung <i>claim</i> dan <i>warrant</i> c. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , dan <i>warrant</i>
Level 3	Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data/warrant</i> , <i>backing</i> atau <i>qualifier</i> a. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , dan <i>backing</i> b. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>warrant</i> , dan <i>backing</i> c. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , dan <i>qualifier</i> d. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>warrant</i> , dan <i>qualifier</i> e. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , dan <i>backing</i> f. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , dan <i>qualifier</i>
Level 4	Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data/warrant</i> , <i>backing</i> , dan <i>qualifier</i> a. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , <i>backing</i> , dan <i>qualifier</i> b. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>warrant</i> , <i>backing</i> , dan <i>qualifier</i> c. Argumen mengandung <i>claim</i> , <i>data</i> , <i>warrant</i> , <i>backing</i> , dan <i>qualifier</i>

Model Pembelajaran ADI

Keterampilan argumentasi dapat ditumbuhkembangkan melalui pemilihan metode pembelajaran yang tepat. *Argument Driven Inquiry* (ADI) merupakan contoh model pembelajaran yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. ADI merupakan pembelajaran inkuiri yang menekankan pada pengembangan keterampilan argumentasi melalui suatu kegiatan laboratorium (Sampson, 2009). Model ini sesuai dengan saran OECD yang didasarkan pada evaluasi hasil PISA 2015. Menurut OECD, pembelajaran sebaiknya didesain agar peserta didik memiliki kemampuan untuk *think like a scientist* yang merupakan karakteristik dari pembelajaran inkuiri (OECD, 2016: 1).

Model pembelajaran ADI dilaksanakan melalui delapan tahapan seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Setiap tahapan sama pentingnya untuk mencapai tujuan dan hasil dari proses pembelajaran (Sampson, dkk., 2011; Sampson & Gleim, 2009). Tujuan dari pelaksanaan tahapan ADI adalah untuk melibatkan peserta didik dalam kegiatan ilmiah, menimba pengalaman dalam praktik komunitas ilmiah, menerima umpan balik dari seluruh proses yang dilalui, dan memiliki kesempatan untuk belajar dari kesalahan (Sampson, dkk., 2011).

ADI dimaksudkan untuk menumbuhkan keterampilan argumentasi ilmiah yang otentik, realistis, dan edukatif (Sampson & Walker, 2012). ADI juga memberikan peserta didik kesempatan untuk mengembangkan keterampilan menulis di samping mereka juga belajar mengenai konsep dan praktek penting lain dalam sains (Sampson & Walker, 2012). Secara keseluruhan, model pembelajaran ini cocok digunakan oleh pendidik sains dalam mengintegrasikan sains dengan bidang lain, seperti membaca, menulis dan berdiskusi (Sampson & Gleim, 2009).



Gambar 2. Sintaks Model Pembelajaran ADI
 Sumber: Grooms dkk., (2014)

Beberapa penelitian terkait yang menunjukkan keefektifan model ADI adalah penelitian Sampson dkk. (2011) dan Sampson & Walker (2012). Hasil penelitian Sampson dkk. (2011) membuktikan bahwa ADI mempengaruhi cara peserta didik berpartisipasi dalam argumentasi ilmiah. Peserta didik menjadi lebih disiplin dan menghasilkan kualitas argumen yang lebih baik, terutama dalam argumen tertulis. Lebih lanjut, Sampson & Walker (2012) menyimpulkan bahwa model pembelajaran ADI membantu peserta didik belajar bagaimana terlibat dalam penyelidikan ilmiah dan memahami sifat penyelidikan ilmiah.

Pembelajaran Berbasis Konteks

Konteks pembelajaran meliputi segala sesuatu yang berada di lingkungan sekitar yang dapat berupa fisik, sosial, institusional dan personal yang mempengaruhi proses belajar mengajar (Rahayu, 2016). Menurut Firman (2007: 24), salah satu penyebab literasi sains Indonesia rendah adalah dikesampingkannya dimensi konteks dan hanya menekankan dimensi konten. Hal ini disebabkan soal-soal PISA mengukur kompetensi proses sains, pengetahuan, dan sikap sains yang terkait dengan konteks (OECD, 2016: 3). Pembelajaran berbasis konteks dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut (Shwartz, 2006).

Pembelajaran berbasis konteks merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk melibatkan peserta didik dalam pembelajaran melalui situasi dunia nyata (King, 2012). Pembelajaran berbasis konteks juga dapat membantu peserta didik memperoleh pemahaman mengenai bagaimana sains bekerja di luar kelas (Shwartz, 2006). Sebagai pendekatan yang menampilkan masalah menggunakan berbagai fenomena dalam kehidupan sehari-hari, pembelajaran berbasis konteks merupakan contoh pembelajaran yang ideal untuk mengembangkan keterampilan argumentasi (Shwartz, 2006; King, 2012). Peserta didik dapat menghasilkan argumen untuk menjustifikasi keputusan mereka secara lebih kompleks.

Shwartz (2006) mengungkapkan beberapa karakteristik dari pembelajaran kontekstual, yaitu: (1)diarahkan pada situasi dunia nyata; (2)perlu nya pengenalan fenomena, fakta, dan prinsip mengenai konteks yang diangkat; (3)adanya hubungan antara sains dan sosial; (4)menyangkut fenomena sains, metodologi, dan teori; (5)terintegrasi dalam kegiatan laboratorium dan tugas kelas; (6)menekankan diskusi dan kerja kelompok; (7)pembelajarannya berpusat pada siswa (*student-centred approach*); dan (8)berkaitan dengan pemecahan masalah dan berpikir kritis.

ADI Berbasis Konteks pada Pembelajaran Kimia



Termokimia merupakan salah satu materi kimia yang dapat mengenalkan peserta didik dengan berbagai isu sosial, teknologi, dan lingkungan, misalnya kelangkaan dan efisiensi bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Materi ini tergolong sulit sehingga sulit diperkenalkan kepada peserta didik (Sozibilir, dkk., 2009). Kesulitan dalam mempelajari termokimia dapat diatasi dengan mengawali materi yang dikenalkan secara makro lalu dilanjutkan secara mikro (Jong, 2006). Sebagai contoh, pembelajaran dapat dimulai dengan diskusi mengenai berbagai bahan bakar, kemudian diikuti dengan konsep perhitungan kalor yang dihasilkan menggunakan nilai kalor bakar untuk menentukan nilai efisiensi setiap bahan bakar.

Untuk mencapai tujuan ini, strategi belajar yang digunakan haruslah dapat membuat peserta didik terlibat aktif selama pembelajaran, misalnya dalam grup diskusi yang memerlukan keterampilan argumentasi dan berpikir kritis (Draper, 2004). Selama sesi diskusi, peserta didik dituntut untuk saling *sharing* dan melakukan *peer review* antar kelompok. Dengan demikian, masing-masing kelompok dapat memperoleh umpan balik (Draper, 2004). Melalui diskusi ini,

peserta didik juga dapat menyampaikan argumennya, mengakomodasi pengetahuan baru, serta mengkonstruksi pengetahuan yang lebih akurat (Walz & Kerr, 2007). Menurut Draper (2004), hasil diskusi sebaiknya dilaporkan secara tertulis dengan sebelumnya dilakukan presentasi terlebih dahulu. Pada akhir pembelajaran, refleksi sangat diperlukan. Oleh karena itu, model pembelajaran ADI diyakini cocok untuk diimplementasikan pada materi termokimia sehingga dapat melatih keterampilan argumentasi.

Model ADI akan berjalan lebih efektif apabila diintegrasikan dengan konteks yang tepat. Konteks dapat dieksplisitkan mulai dari awal tahap pembelajaran. Konteks yang diangkat berupa suatu permasalahan yang harus dipecahkan siswa. Konteks tersebut akan menjadi pokok bahasan sampai akhir pembelajaran untuk mengkonstruksi konsep. Berikut ini contoh tahapan pembelajaran ADI berbasis konteks pada LKS untuk mengembangkan keterampilan argumentasi pada materi termokimia: (1)identifikasi tugas dan pedoman pertanyaan yang ditunjukkan pada Gambar 3; (2)mendesain metode dan mengumpulkan data yang ditunjukkan pada Gambar 4; (3)menganalisis data dan mengembangkan argumen sementara yang ditunjukkan pada Gambar 5; (4)sesi argumentasi pada Gambar 6; (5)diskusi eksplisit dan reflektif pada Gambar 7; (6)menulis laporan penyelidikan pada Gambar 8; (7)peer review antar kelompok; dan (8)merevisi dan menyampaikan laporan.

Pendahuluan




Pada aktivitas sebelumnya, Anda telah mempelajari mengenai reaksi eksoterm dan endoterm beserta aplikasinya pada kantong penyeka portabel (*hot pack* dan *cold pack*) menggunakan prinsip reaksi-reaksi tersebut. Lalu kapan *hot pack* digunakan? Jantung kita terus memompa darah ke seluruh bagian tubuh, memasok nutrisi dan oksigen. Jika mengalami cedera, maka tubuh secara normal akan mensuplai darah tambahan dan nutrisi ke bagian yang cedera untuk melawan antibodi dan melakukan proses penyembuhan alami. Terapi panas menstimulasikan pembuluh darah dan membantu pembuluh darah terbuka lebih luas untuk meningkatkan sirkulasi darah di bagian cedera yang pada akhirnya mempercepat proses penyembuhan. Berbeda dengan *hot pack*, *cold pack* biasanya diterapkan pada cedera tiba-tiba atau akut. Hal ini disebabkan *cold pack* membantu dalam mengurangi pembengkakan atau pendarahan. *Cold pack* membatasi aliran darah di daerah cedera sehingga dapat mengurangi rasa sakit. Meskipun *hot pack* dan *cold pack* bekerja secara berbeda untuk setiap cedera atau peradangan, baik *hot pack* maupun *cold pack*, keduanya membantu dalam pemulihan.

Berdasarkan eksperimen yang Anda lakukan pada Aktivitas 2, Anda telah menentukan beberapa jenis garam yang berpotensi digunakan sebagai reaktan dalam *hot pack* dan *cold pack*. Garam-garam tersebut sering digunakan dalam industri farmasi untuk memproduksi kantong penyeka portabel. Dengan mempertimbangkan prinsip ekonomi, tentunya setiap perusahaan menginginkan keuntungan maksimal dengan pengeluaran seminimal mungkin. Begitu pula dengan perusahaan yang memproduksi kantong penyeka portabel. Dalam proses produksinya, perusahaan perlu memutuskan jenis garam apa yang paling ekonomis dan efektif untuk digunakan sebagai reaktan *hot pack* dan *cold pack*.

Permasalahan

Garam manakah yang lebih ekonomis dan efektif digunakan sebagai reaktan *hot & cold pack*?

Berikan argumen kelompok Anda dengan mengajukan ide atau gagasan yang disertai bukti-bukti pendukung. Untuk memperoleh bukti-bukti tersebut, kelompok Anda perlu melakukan penyelidikan. Kembangkan suatu metode penyelidikan menggunakan material-material yang tersedia di bawah ini!



Gambar 3. Contoh LKS Tahap Identifikasi Tugas dan Pedoman Pertanyaan

Desain Metode Penyelidikan

Kelompok _____ Materi _____

Rumusan Masalah
Apa yang akan kelompok kalian selidiki dalam eksperimen ini? Apa yang kelompok kalian cobatemukan?

Hipotesis
Menurut kelompok kalian, apa yang akan terjadi pada eksperimen tersebut? Mengapa kelompok kalian berpikir seperti itu?

Alat dan Bahan
Apa saja yang diperlukan untuk menemukan jawaban dari pertanyaan penyelidikan?

Prosedur Kerja
Bagaimana cara kelompok kalian melakukan penyelidikan menggunakan alat dan bahan tersebut?

Gambar 4. Contoh LKS Tahap Desain Metode dan Pengumpulan Data

Laporan Penyelidikan Sementara

Kelompok _____ Materi _____

Pertanyaan Penyelidikan	Pendapat
Bukti	Kesimpulan

Gambar 5. Contoh LKS Tahap Analisis Data dan Pengembangan Argumen Sementara

Diskusikan laporan penyelidikan ini bersama kelompok lain.

Gambar 6. Contoh LKS Tahap Sesi Argumentasi

Latihan Soal

Agar lebih memahami konten penentuan ΔH pada konteks lainnya, kerjakan soal-soal berikut!

1. Ke dalam kalorimeter sederhana direaksikan 25 mL larutan H_2SO_4 0,5 M dan 25 mL KOH 1,0 M pada suhu 23,5 °C. Ternyata, temperaturnya naik menjadi 30,17 °C. Hitunglah perubahan entalpi reaksi yang terjadi. (Anggaplah bahwa massa jenis larutan 1 g/mL dan kalor jenis larutan 4,2 J/g K)
2. Anda telah dijelaskan mengenai kalorimeter bom, yaitu kalorimeter yang lebih teliti daripada kalorimeter sederhana. Untuk mengukur kalor reaksi dalam kalorimeter bom, perlu diketahui terlebih dahulu kalor yang dipertukarkan dengan kalorimeter sebab pada saat terjadi reaksi, sejumlah kalor dipertukarkan antara sistem dengan lingkungan (kalorimeter dan media reaksi). Besarnya kalor yang diserap atau dilepaskan oleh kalorimeter dihitung dengan persamaan: $q_{\text{kalorimeter}} = C_k \cdot \Delta T$ dengan C_k adalah kapasitas kalor kalorimeter. Jika dalam suatu kalorimeter bom dituangkan 50 gram air dingin (25 °C) kemudian ditambahkan 75 gram air panas (60 °C) sehingga suhu campuran menjadi 35 °C serta suhu kalorimeter naik sebesar 7 °C, maka tentukan kapasitas kalor kalorimeter! Diketahui kalor jenis air = 4,18 Jg⁻¹°C⁻¹.
3. Dalam reaksi eksoterm pada suatu kalorimeter bom, kalor yang dilepaskan oleh sistem akan diserap oleh lingkungan (kalorimeter dan media reaksi). Dengan berdasarkan hukum kekekalan energi, maka secara matematis dapat dirumuskan $q_{\text{reaksi}} + q_{\text{larutan}} + q_{\text{kalorimeter}} = 0$. Jika dalam kalorimeter bom direaksikan 50 gram alkohol dan 3 gram logam natrium dengan suhu awal campuran 30 °C dan setelah reaksi suhunya 75 °C, tentukan perubahan entalpi reaksi! Diketahui kalor jenis larutan 3,65 Jg⁻¹°C⁻¹, kapasitas kalor kalorimeter 150 J°C⁻¹, dan suhu kalorimeter naik sebesar 10 °C.
4. Jelaskan perbedaan antara kalorimeter sederhana dan kalorimeter bom!

Gambar 7. Contoh LKS Tahap Diskusi Eksplisit dan Reflektif

Laporan Penyelidikan Akhir

(Kerjakan sebagai tugas rumah)

I

Format laporan akhir:

Pertanyaan Penyelidikan

Metode Penyelidikan

Argumentasi (disertai dengan data eksperimen, misal: grafik, tabel, diagram)

Tulis dalam 2 lembar folio (maksimal)

Laporan penyelidikan akhir bersifat individual!

Gambar 8. Contoh LKS Tahap Penulisan Laporan Penyelidikan

Lembar Peer Review Laporan Penelitian

Nama Reviewer :
 Kelompok :
 Hari/Tanggal :

Petunjuk:

Amatilah laporan penelitian teman Anda. Beri penilaian pada kolom yang telah disediakan dengan memberi tanda cek (✓) pada kolom pilihan yang sesuai.

Kriteria	Tidak	Cukup	Baik	Sangat Baik
Bagian 1: Tujuan				
Apakah penulis mendeskripsikan masalah yang harus dipecahkan?				
Apakah penulis membuat pertanyaan penelitian dan tujuan dari penyelidikan secara eksplisit?				
Apakah penulis menjelaskan manfaat dari kegiatan penyelidikan yang dilakukan?				
Jelaskan mengapa kelompok Anda memberikan tanda "Tidak" atau "Cukup" dalam ruang di samping ini:				
Bagian 2: Penyelidikan				
Apakah penulis memaparkan langkah-langkah penyelidikan?				
Apakah penulis menjelaskan alasan penyelidikan dilakukan dengan cara tersebut?				
Apakah penulis menggunakan istilah-istilah yang tepat untuk mendeskripsikan sifat penyelidikan?				
Jelaskan mengapa kelompok Anda memberikan tanda "Tidak" atau "Cukup" dalam ruang di samping ini:				
Bagian 3: Argumen				
Apakah penulis memberikan penjelasan atau pernyataan terhadap pertanyaan penelitian?				
Apakah penilaian penulis benar (data selanjutnya berkaitan)?				

Gambar 9. Contoh LKS Tahap Peer Review Antar Kelompok

SIMPULAN

Pembelajaran ADI berbasis konteks berpotensi dalam mengembangkan keterampilan argumentasi sebagai komponen penting literasi sains. Guru dapat mengimplementasikan pembelajaran ADI berbasis konteks sebagai salah satu alternatif dalam mendesain proses pembelajaran kimia di kelas.

DAFTAR RUJUKAN

- Anjarsari, P. 2014. *Literasi Sains Dalam Kurikulum Dan Pembelajaran IPA SMP*. Makalah disajikan pada Prosiding Semnas Pensa VI "Peran Literasi Sains", Surabaya, 20 Desember.
- Ausubel, D.P. 1977. The Facilitation of Meaningful Verbal Learning in The Classroom. *Educational Psychologist*, 12 (2): 162-178.
- Autor, D.H. & Price, B. 2013. *The Changing Task Composition of the US Labor Market: An Update of Autor, Levy, and Murnane (2003)*, (Online), (<https://economics.mit.edu>, diakses 10 Oktober 2017).
- Cetin, P.S. 2014. Explicit Argumentation Instruction to Facilitate Conceptual Understanding and Argumentation Skill. *Research in Science and Technological Education*, 32 (1): 1-20.

- Draper, A.K. 2004. The Principles and Application of Qualitative Research. Prosiding disajikan dalam *Proceedings of the Nutrition Society*, 63: 641–646.
- Draper, S.W. 2004. *From Active Learning to Interactive Teaching: Individual Activity and Interpersonal Interaction*. Artikel disajikan dalam Teaching and Learning Symposium 2004, The Hong Kong University of Science and Technology: 17 Mei.
- Erduran, S., Simone, S., & Osborne, J. 2004. TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Wiley Periodicals*, 88: 915-933.
- Firman, H., 2007. *Laporan Analisis Literasi Sains Berdasarkan Hasil PISA Nasional Tahun 2006*. Jakarta: Pusat Penelitian Pendidikan Balitbang Depdiknas.
- Graber, W., Nentwig, P., Becker, H.J, Sumfleth, E., Pitton, A., Wollweber, K., & Jorde, D. 2001. Scientific Literacy: From Theory to Practice. In H. Behrendt, et al (Eds). *Research in Science Education-Past, Present, and Future* (hlm. 61-70). Nederland: Kluwer Academic Publisher.
- Grooms, J., Sampson, V., & Golden, B. 2014. Comparing the Effectiveness of Verification and Inquiry Laboratories in Supporting Undergraduate Science Students in Constructing Arguments Around Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 36 (9): 1412-1433.
- Hidayat, I. 2007. Peranan Keyakinan Guru terhadap Hakikat dan Belajar Mengajar Sains terhadap Pengembangan Profesionalisme. *Cakrawala Pendidikan*, 27 (1): 63-82.
- Inch ES, Warnick B, & Endres D. 2006. *Critical Thinking and Communication: The Use of Reason in Argument* (Fifth Ed). Boston: Pearson Education.
- Jong, T.D. 2006. Technological Advances in Inquiry Learning. *Journal of Science*. 312: 532-533.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. 2016. *Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA)*. Jakarta: Kemdikbud.
- Keraf, G. 2007. *Argumentasi dan Narasi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- King, D. 2012. New Perspectives on Context-Based Chemistry Education: Using A Dialectical Sociocultural Approach to View Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 48 (1): 51-87.
- Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. 2013. Nature of Science and Scientific Inquiry as Contexts for the Learning of Science and Achievement of Scientific Literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science, Technology*, 1(3): 138-147.
- National Research Council. 1996. *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.

- Norris, S.P. & Phillips, L.M. 2003. How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. *Science Education*, 87: 224-240.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2003. *First Result PISA 2003 (Executive Summary)*. Paris: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2016. *PISA 2015 Result in Focus*. Paris: OECD.
- Porter D.B., Reradam, M. & Singger-Nourie, S. 2000. *Quantum Teaching*. Bandung: Kaifa.
- Rahayu, Sri. 2016. *Mengembangkan literasi sains anak Indonesia melalui pembelajaran berorientasi Nature of Science (NOS)*. Makalah disajikan pada Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam bidang Pendidikan Ilmu Pengetahuan atau Sains, Universitas Negeri Malang, Malang, 17 Maret.
- Sampson, V. & Gleim, L. 2009. Argument-Driven Inquiry to Promote the Understanding of Important Concepts & Practices in Biology. *The American Biology Teacher*, 71 (8): 465-472.
- Sampson, V. & Walker, J.P. 2012. Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Students Write to Learn by Learning to Write in Chemistry. *International Journal of Science Education*, 34 (10): 1443-1485.
- Sampson, V. 2009. *The Impact of Argument-Driven Inquiry on Three Scientific Practices*. Makalah disajikan pada The Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Garden Grove, CA.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. 2011. Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95 (2): 212-257.
- Shwartz Y., Ben-Zvi R., & Hofstein, A. 2006. The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (4), 203-225.
- Sozibilir, M., Pinarbasi, T., & Canpolat, N. 2009. Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of Chemical Thermodynamics and Kinetics *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(2): 111-120.
- Stolk, M.J., Bulte, A.M.W., Jong, O.D., & Pilot, A. 2009. Towards a Framework for a Professional Development Programme: Empowering Teachers for Context-Based Chemistry Education. *Chemistry Education Research and Practice*, 10: 164-175.
- Tippet, C. 2009. Argumentation: The Language of Science. *Journal of Elementary Science Education*, 21 (1): 17-25.

Walz, K.A. & Kerr, S.C. 2007. " Holes" in Student Understanding: Addressing Prevalent Misconceptions Regarding Atmospheric Environmental Chemistry. *J. Chem. Educ.*, 84(10): 1693-1696.

Weston, A. 2007. *Kaidah Berargumentasi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Angga Puspitaningrum, dkk_Pembelajaran Kimia

Kajian tentang Potensi Strategi *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa

Angga Puspitaningrum, Endang Budiasih, Yudhi Utomo
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang 65145
e-mail: endang.budiasih.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Kajian ini bertujuan untuk mendeskripsikan strategi *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) dan potensinya dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi laju reaksi berdasarkan hasil kajian literatur terhadap artikel-artikel terkait. Berdasarkan hasil kajian diketahui bahwa hasil belajar siswa pada materi laju reaksi masih tergolong rendah. Salah satu faktor penyebab adalah pemilihan strategi pembelajaran yang kurang tepat. Problematika tersebut dapat diatasi dengan suatu strategi pembelajaran aktif yang sesuai dengan karakteristik materi sehingga hasil belajar siswa pada materi laju reaksi dapat meningkat. Salah satu strategi pembelajaran tersebut adalah POGIL. Hasil kajian menunjukkan bahwa strategi POGIL mampu meningkatkan hasil belajar siswa.

Kata kunci: : POGIL, hasil belajar, laju reaksi

Abstract: The aims of this study were to describe the POGIL strategy and its potential in improving student's learning outcomes on reaction rate based on literature review of related articles. The student learning outcome on it was still relatively low. One of the crucial factors was the less appropriate selection of the learning strategy which was less appropriate. To overcome this problem, it needs an active learning strategy that was appropriate with the learning material characteristic so that students learning outcomes could be improved. One of the learning strategies was POGIL. The result of literature review indicates that POGIL strategy could be improve student learning outcomes.

Key words: POGIL, learning outcomes, reaction rate

Laju reaksi dan merupakan materi kimia yang dibelajarkan pada siswa kelas XI semester ganjil. Berdasarkan kompetensi inti dan kompetensi dasar Kurikulum 2013 revisi, materi laju reaksi meliputi: (a) konsep laju reaksi, (b) teori tumbukan (c) faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, dan (d) orde reaksi. Materi laju reaksi memiliki tiga representasi yaitu representasi makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. Konsep laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari tergolong pada aspek makroskopik sedangkan teori tumbukan termasuk pada aspek mikroskopik. Aspek simbolik pada materi laju reaksi mencakup persamaan reaksi dan grafik yang berkaitan dengan aspek makroskopik dan mikroskopik.

Penelitian menunjukkan bahwa beberapa konsep pada materi laju reaksi masih dianggap sulit oleh siswa. Konsep tersebut antara lain konsep katalis, efek

suhu, konsentrasi, dan luas permukaan terhadap laju reaksi (Kurt & Ayas, 2012; Van Driel, 2002). Penelitian lain menyebutkan bahwa sekitar 22% responden tidak bisa menggambarkan grafik hubungan laju reaksi dengan waktu (Kolomuc & Tekin, 2011; Cackmaci, dkk., 2006). Kesulitan dalam memahami materi laju reaksi juga dialami oleh siswa di salah satu SMA Negeri di Kota Malang. Berdasarkan wawancara terhadap guru mata pelajaran kimia kelas XI diketahui bahwa pada materi laju reaksi, siswa cenderung sulit menjelaskan kaitan antara faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dengan teori tumbukan. Siswa menganggap bahwa setiap tumbukan antar partikel reaktan selalu menghasilkan produk. Kesulitan lain yang dialami siswa adalah menjelaskan grafik energi potensial pada reaksi kimia yang menggunakan katalis dan tanpa menggunakan katalis.

Berdasarkan hasil wawancara guru dan observasi di lapangan, materi laju reaksi di salah satu SMA Negeri di Kota Malang tersebut diberikan dalam bentuk teori dan praktikum. Teori diberikan menggunakan strategi pembelajaran yang berpusat pada guru (*teacher centered*). Pemberian informasi dilakukan dengan metode ceramah yang dilanjutkan dengan kegiatan praktikum, menganalisis suatu demonstrasi, video animasi, fenomena-fenomena, serta latihan soal. Pada akhir pembelajaran siswa diinstruksikan untuk membuat kesimpulan apakah hasil kegiatan yang mereka lakukan sesuai dengan prinsip dan konsep yang ada. Kegiatan praktikum hanya dilakukan untuk membuktikan teori yang sudah dijelaskan sebelumnya. Setelah praktikum siswa diinstruksikan untuk membuat laporan praktikum dan mempresentasikannya.

Timbulnya kesulitan dalam mempelajari materi kimia tidak hanya disebabkan oleh karakteristik konsep kimia saja tetapi juga karena guru belum mampu menggunakan strategi pembelajaran yang tepat dan belum melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran. (Mackinnu, 1996). Berdasarkan pernyataan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kesulitan siswa dalam mempelajari materi laju reaksi selain disebabkan oleh karakteristik materi, kemungkinan juga disebabkan oleh strategi pembelajaran yang diterapkan selama ini kurang efektif.

Kesulitan siswa dalam memahami konsep kimia tersebut dapat dibantu dengan cara mengubah paradigma strategi pembelajaran yang semula berpusat pada guru (*teacher centered*) menjadi berpusat pada siswa (*student centered*) (Iskandar, 2011). Salah satu strategi pembelajaran yang diduga mampu mengatasi problematika dan menjawab tantangan seperti yang telah diuraikan di atas adalah strategi *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL). POGIL merupakan perkembangan dari inkuiri terbimbing yang menekankan pada dua aspek yaitu aspek materi dan aspek proses belajar (Hanson, 2005). Tujuan dari kajian pustaka ini adalah untuk mendeskripsikan strategi POGIL dan potensinya dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi laju reaksi.

Strategi POGIL dalam Pembelajaran Laju Reaksi

POGIL merupakan strategi pembelajaran yang berpusat pada siswa karena memiliki 3 karakteristik utama yaitu: (1) guru bertindak sebagai fasilitator pembelajaran dan bukan sebagai sumber informasi, (2) siswa dibimbing melalui kegiatan eksplorasi untuk membangun pengetahuan, dan (3) digunakan untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan proses yang meliputi pemrosesan informasi, berkomunikasi, berpikir kritis, memecahkan masalah, serta metakognisi (Moog, dkk., 2008).

Strategi pembelajaran POGIL berorientasi pada aspek materi dan proses. Aspek materi terkait dengan struktur ilmu pengetahuan yang perlu menghadirkan informasi sesuai dengan karakteristik materi laju reaksi. Aspek proses berkaitan dengan pengembangan keterampilan untuk mencari, mengaplikasikan dan mengeneralisasikan ilmu pengetahuan. Pembelajaran POGIL dirancang khusus melalui pembelajaran kooperatif dalam mengajarkan materi dan melibatkan siswa secara aktif dalam penyelidikan, berpikir analitis dan kerjasama tim (Simonson & Shadle, 2013:56).

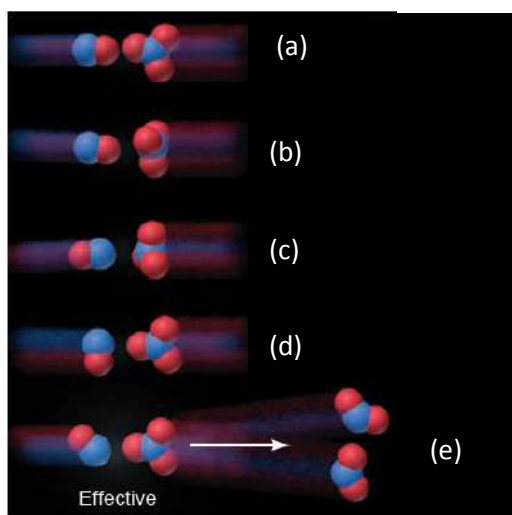
Strategi POGIL terdiri dari lima tahap pembelajaran yaitu *orientation*, *exploration*, *concept formation*, *application*, dan *closure* (Hanson, 2005). Penjelasan masing-masing tahap sebagai berikut:

Pada tahap *orientation* guru mempersiapkan siswa untuk belajar dengan cara memberikan motivasi untuk menciptakan ketertarikan, menimbulkan rasa ingin tahu dan membuat hubungan dengan pengetahuan sebelumnya. Sebagai hasilnya, siswa akan merasakan bahwa topik yang akan dibelajarkan penting dan bermanfaat sehingga siswa dapat membangun pemahaman secara eksplisit berdasarkan pengetahuan awalnya. Pada tahap ini juga disajikan tujuan pembelajaran, indikator keberhasilan yang harus dicapai siswa, latar belakang, pengetahuan prasyarat serta referensi yang diperlukan untuk belajar. Contoh pertanyaan yang disajikan pada tahap *orientation* di Lembar Kerja Siswa (LKS) pada konsep teori tumbukan adalah sebagai berikut:

“Menurut teori tumbukan, suatu reaksi dapat terjadi jika antar partikel reaktannya saling bertumbukan. Berdasarkan pernyataan tersebut, menurut kalian apakah setiap tumbukan antar partikel reaktan akan selalu menghasilkan produk reaksi?”

Pada tahap *exploration*, siswa diberi model dari suatu konsep dan serangkaian tugas untuk diselesaikan secara runtut demi mencapai tujuan pembelajaran. Model yang dimaksud dapat berupa informasi dalam bentuk gambar, diagram, grafik, tabel, persamaan-persamaan, demonstrasi, animasi, atau praktikum secara langsung. Siswa juga diberikan kesempatan untuk melakukan pengamatan, mendesain percobaan, mengumpulkan, memeriksa, menganalisa data atau informasi, menyelidiki hubungan, mengusulkan pertanyaan dan menguji hipotesis. Dalam melakukan serangkaian tugas tersebut siswa dibantu melalui pertanyaan-pertanyaan kritis dan analitis yang diberikan oleh guru. Contoh model dan pertanyaan yang disajikan pada tahap *exploration* di Lembar Kerja Siswa (LKS)

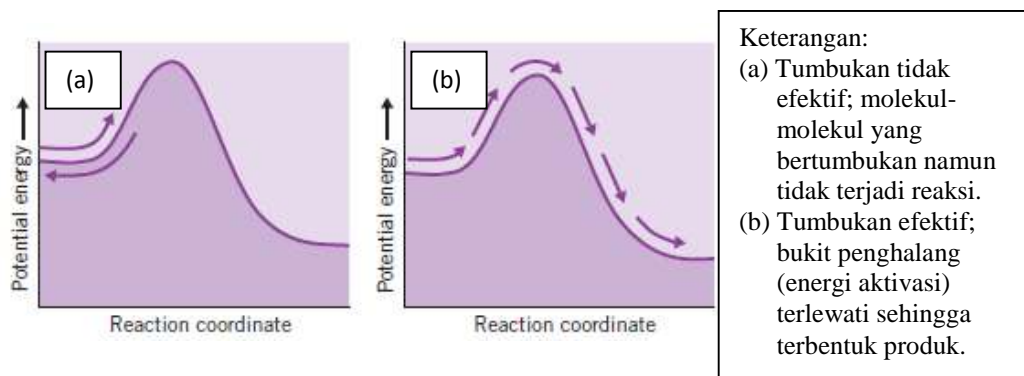
pada konsep teori tumbukan adalah sebagai berikut: gas nitrogen monoksida dan gas nitrogen trioksida bereaksi membentuk gas nitrogen dioksida berdasarkan persamaan: $\text{NO}(g) + \text{NO}_3(g) \rightarrow 2\text{NO}_2(g)$. Gambar 1. menunjukkan beberapa orientasi molekul yang mungkin untuk reaksi tersebut. Manakah orientasi molekul yang tepat untuk reaksi tersebut? Untuk mengetahui kebenaran jawaban kalian, coba amati Gambar 1 dan jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini:



Gambar 1. Beberapa Orientasi Molekul NO dan NO₃ (Silberberg, 2009:711)

- Berdasarkan Gambar 1., apakah setiap orientasi setiap molekul NO dan NO₃ menghasilkan molekul NO₂?
- Orientasi manakah yang dapat menghasilkan produk?
- Apa yang dapat kalian simpulkan?

Selain faktor orientasi molekul reaktan, berlangsungnya suatu reaksi juga dipengaruhi oleh energi minimum yang dimiliki oleh reaktan. Coba amati Gambar 2.



Gambar 2. Perbedaan antara Tumbukan yang Tidak Efektif dan Tumbukan Efektif diinjau dari tingkat energi (Brady, dkk, 2012:668)

d. Berdasarkan Gambar 2, apa yang dapat kalian simpulkan?

Setelah melakukan analisis dan menjawab pertanyaan-pertanyaan pada tahap *exploration*, siswa mengkonstruksi konsep pada tahap *concept formation*. Proses konstruksi konsep juga dibantu dengan menyediakan pertanyaan-pertanyaan yang menuntun siswa untuk berpikir kritis dan analitis sehingga siswa dapat menentukan hubungan dan menarik kesimpulan yang tepat mengenai konsep yang mereka pelajari. Contoh pertanyaan yang disajikan pada tahap *concept formation* di Lembar Kerja Siswa (LKS) pada konsep teori tumbukan adalah sebagai berikut: “Berdasarkan informasi yang telah kalian dapat pada tahap *exploration*, jawablah pertanyaan berikut: suatu reaksi dapat menghasilkan produk apabila terjadi tumbukan efektif. Syarat-syarat apakah yang harus dipenuhi agar menghasilkan tumbukan yang efektif? Jelaskan jawaban kalian”.

Pada tahap *application*, konsep yang telah dibangun pada tahap *concept formation* diperkuat dan diperluas. Siswa menerapkan pemahaman yang diperoleh ke dalam konteks yang berbeda dengan cara mengerjakan latihan soal dan memecahkan masalah yang diberikan guru. Contoh pertanyaan yang disajikan adalah sebagai berikut: “Aplikasikan pemahaman yang telah kalian dapat pada tahap *concept formation* untuk mengerjakan soal berikut:

- Coba gambarkan orientasi molekul yang mungkin menghasilkan produk menurut persamaan reaksi: $2\text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$.
- Berapakah energi yang harus dimiliki molekul HCl ketika bertumbukan agar dihasilkan produk? Bandingkan dengan energi aktivasinya.

Closure merupakan tahap terakhir dari pembelajaran POGIL. Pada tahap ini, siswa memvalidasi hasil belajarnya, merefleksi apa yang telah dipelajari dan menilai kinerja mereka sendiri. Validasi hasil belajar dapat dilakukan melalui presentasi hasil diskusi kelompok sehingga dapat memperoleh kritik serta saran mengenai isi dan kualitas hasil kerja kelompoknya. Refleksi terhadap apa yang telah dipelajari berfungsi untuk memperkuat konsep serta memberi kesadaran kepada siswa bahwa apa yang telah dipelajari bermanfaat. Penilaian kinerja siswa secara mandiri berfungsi untuk memberikan kesadaran dan melihat sejauh mana hasil belajar yang telah mereka capai sehingga dapat memotivasi siswa untuk meningkatkan kinerja mereka selanjutnya. Selain penarikan kesimpulan, siswa juga diinstruksikan untuk melakukan penilaian terhadap kinerjanya dalam menjawab soal pemahaman yang terdapat pada tahap *application* secara mandiri. Salah satu contoh implementasi tahap *closure* pada pembelajaran adalah penarikan kesimpulan mengenai materi yang dipelajari yaitu konsep teori tumbukan, seperti contoh berikut: “Berdasarkan apa yang telah kalian pelajari maka kesimpulan dari pembelajaran ini yaitu: (1) disebut apa tumbukan yang dapat menghasilkan produk? dan (2) apa syarat terjadinya tumbukan efektif? .

Potensi POGIL dalam Meningkatkan Hasil Belajar

POGIL merupakan suatu strategi pembelajaran berbasis konten dan proses (Hanson, 2005). Selain itu, strategi pembelajaran POGIL juga didesain dengan memasukkan unsur pembelajaran kooperatif. Hal ini terlihat dari proses pembelajaran POGIL yang menekankan pembelajaran kooperatif sehingga siswa harus bekerja di dalam tim yang terdiri dari 3-4 siswa (Hanson, 2006). Siswa yang terlibat aktif di dalam kegiatan diskusi tim memiliki pemahaman yang lebih baik daripada siswa yang bekerja secara individual (Moog, dkk., 2006). Selain itu motivasi siswa juga dapat ditingkatkan melalui pembelajaran kooperatif (Iskandar, 2011). Pemahaman yang baik dan peningkatan motivasi memungkinkan siswa memperoleh hasil belajar yang baik juga.

Strategi pembelajaran POGIL terdiri dari lima tahap yaitu yaitu *orientation*, *exploration*, *concept formation*, *application*, dan *closure* (Hanson, 2005). Setiap tahap pembelajaran POGIL dinilai dapat memberikan stimulus kepada siswa untuk meningkatkan hasil belajarnya. Tahap *orientation* memberikan fenomena-fenomena yang berkaitan dengan materi sehingga dapat mengembangkan motivasi siswa untuk mempelajari materi yang akan dibelajarkan. Adanya motivasi yang besar dapat meningkatkan pencapaian hasil belajar (Djamarah, 2008). Tahap *exploration* menyediakan kesempatan kepada siswa untuk merancang percobaan, melakukan pengamatan, menyusun data hasil percobaan, dan menganalisis data. Selain itu, siswa dapat juga diberi gambar, diagram, grafik, tabel, persamaan-persamaan dan animasi dari suatu konsep serta serangkaian pertanyaan yang menuntun siswa agar pengamatan yang dilakukan mengarah ke konsep yang dipelajari. Tahap *exploration* memungkinkan siswa untuk melibatkan panca indera dan menuntut siswa menggunakan struktur kognitif yang dimilikinya untuk menafsirkan model yang disediakan oleh guru (Iskandar, 2011).

Tahap *concept formation* menyediakan bantuan berupa pertanyaan-pertanyaan kepada siswa untuk membangun konsepnya sendiri melalui kegiatan yang sudah dilakukan pada tahap *exploration* sehingga pengetahuan yang dimilikinya akan menjadi lebih bermakna daripada hanya sekedar menghafal informasi yang diberikan oleh guru. Tahap *application* menyediakan pertanyaan-pertanyaan yang dapat digunakan siswa untuk memperkuat konsep yang telah didapatkan pada tahap *concept formation*. Langkah terakhir yaitu *closure* digunakan untuk merefleksi sejauh mana kinerja mereka sehingga mereka dapat meningkatkan kinerjanya dalam pembelajaran selanjutnya (Hanson, 2005).

Beberapa penelitian mengenai implementasi strategi POGIL dalam pembelajaran kimia dan dampaknya terhadap hasil belajar telah dilakukan. Implementasi POGIL dalam pembelajaran kimia di Perguruan Tinggi menunjukkan bahwa POGIL memberikan dampak positif terhadap hasil belajar pada materi kimia organik (Hein, 2012; Schroeder & Greenbowe, 2008) dan biokimia (Conway, 2014). Beberapa penelitian mengenai strategi POGIL juga dilakukan di Indonesia. Hasil penelitian di Sekolah Menengah Atas (SMA) menunjukkan bahwa penerapan

strategi pembelajaran POGIL berpengaruh positif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa materi larutan penyangga (Nurfitriyah, 2017), materi hidrokarbon (Tyasning, dkk, 2015), materi koloid (Annisa, 2016) dan kesetimbangan kimia (Mu'minin, 2017).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian pustaka dapat disimpulkan bahwa secara teoritis, stimulus dan *scaffolding* yang diberikan pada tahap-tahap strategi POGIL dapat membantu guru dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa pada materi laju reaksi.

DAFTAR RUJUKAN

- Annisa, K. 2016. *Keefektifan Pendekatan Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) terhadap Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Siswa pada Materi Koloid*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Brady, J.E., Jespersen, N.D., & Hyslop, A. 2012. *Chemistry 6th ed.* USA: John Wiley & Sons Inc.
- Cackmaci, G., Leach, J., & Donnelly, J. 2006. Students' Ideas about Reaction Rate and Its Relationship with Concentration or Pressure. *International Journal of Science Education*. 28(15): 1795 - 1815
- Conway, C.J. 2014. Effects of Guided Inquiry versus Lecture Instruction on Final Grade Distribution in a One Semester Organic and Biochemistry Course. *Journal of chemical Education*, 91(4); 480-483
- Djamarah, S.B. 2008. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta
- Hanson, D.M. 2005. Designing Process-Oriented Guided Inquiry Activities. *Faculty Guidebook-A Comprehensive Toll for Improving Faculty Performance*. 2nd ed. IL: Pacific Crest.
- Hein, S.M. 2012. Positive Impacts Using POGIL in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7): 860-864
- Iskandar, S.M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivistik*. Malang: Bayumedia.
- Kolomuc, A. & Tekin, S. 2011. Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *Eurasian Journal of Physic and Chemistry Education*, 3(2): 84-101
- Kurt, S. & Ayas, A. 2012. Improving Students; Understanding and Explaining Real Life Problems on Concepts of Reaction Rate by Using a Four Step Constructivist Approach. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(2):979-992

- Mackinnu. 1996. *Meningkatkan Kreativitas dan Keterampilan Proses Siswa Melalui Metode Sains Teknologi dan Masyarakat*. Malang: FMIPA IKIP Malang
- Moog, R.S., Creegan, F.J., Hanson, D.M., Spencer, J.N., Straumanis, A., Bunce, D.M., & Wolfskill, T. 2008. Process Oriented Guided Inquiry Learning. Dalam *ACS Symposium Series*, Vol.994
- Mu'minin, A.A. 2017. *Efektivitas POGIL pada Pembelajaran Kesetimbangan Kimia terhadap Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Siswa dengan Kemampuan Awal Berbeda*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang
- Nuritriyah, A. 2017. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran POGIL (Process-Oriented Guided Inquiry Learning) terhadap Hasil Belajar Kognitif dan Keterampilan Berfikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI SMA Negeri 10 Malang pada Materi Larutan Penyangga*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang
- Schroeder, J.D. & Greenbowe, T.J. 2008. Implementing POGIL in the Lecture and Science Writing Heuristic in the Laboratory- Students Perceptions and Performance in Undergraduate Organic Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2):149-156.
- Silberberg, M.S. 2009. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change* 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- Simonson, S.R. & Shadle, S.E. 2013. Implementing Process Oriented Guided Inquiry (POGIL) in Undergraduate Biomechanics: Lesson Learned by a Novice. *Journal of STEM Education: Innovation and Research*, 14(1): 56.
- Tyasning, D.M., Masykuri, M., & Mulyani, S. Pembelajaran Kimia menggunakan Model Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) dan Problem Based Learning (PBL) ditinjau dari Kemampuan Memori dan Kreativitas pada Materi Hidrokarbon. 2015. *Jurnal Paedagogia*, 18(2).
- Van Driel, J.H. 2002. Students' Corpuscular Conceptions in the Context of Chemical Equilibrium And Chemical Kinetics. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2): 201-213.

Fitri Aldresti, dkk_Pembelajaran Kimia

Mengembangkan Kemampuan *Scientific Explanation* melalui Pembelajaran Kimia dengan *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) Berkonteks *Socioscientific Issues* (SSI)

Fitri Aldresti, Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: sri.rahayu.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Makalah ini mengkaji kemampuan *scientific explanation* siswa dalam proses pembelajaran kimia dengan penerapan *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) berkonteks SSI. *Scientific explanation* merupakan kompetensi spesifik yang harus dimiliki seseorang berliterasi sains agar dapat memahami dan terlibat dalam diskusi kritis tentang isu-isu sains dan teknologi. POGIL merupakan desain pembelajaran inkuiri terbimbing yang berorientasi pada proses. *Socioscientific Issues* (SSI) sebagai konteks dalam pembelajaran kimia mengandung isu-isu sosial sains di masyarakat yang mendukung siswa untuk mengkonstruksi *scientific explanation* mengenai suatu fenomena sekaligus menunjang pengembangan literasi sains siswa. Penerapan model POGIL berkonteks SSI pada pembelajaran kimia di SMA diharapkan dapat mendukung *scientific explanation* dan literasi sains siswa.

Kata kunci: *scientific explanation*, POGIL, *socioscientific issues*, literasi sains

Abstract: This paper was examined the ability of student's scientific explanation in the process of learning chemistry by implementing Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) with SSI context. Scientific explanation is a specific competency that has to be owned by scientifically literate person in order to understand and engage in critical discussions on science and technology issues. POGIL is a process oriented guided inquiry learning design. Socioscientific Issues (SSI) as a context in learning chemistry contains social science issues in society that support students in constructing scientific explanation about the phenomena as well as supporting the development of student's scientific literacy. The implementation of POGIL based on SSI in learning chemistry in senior high school is expected to support student's scientific explanation and scientific literacy.

Keywords: scientific explanation, POGIL, socioscientific issues, scientific literacy

Perkembangan dan perubahan dunia begitu cepat yang didukung sains dan teknologi telah meningkatkan kualitas hidup manusia. Berbagai tantangan hidup mulai bermunculan dan membutuhkan solusi inovatif yang didasari pemikiran ilmiah dan penemuan sains (OECD, 2016a). Tidak hanya itu, perkembangan sains

dan teknologi ternyata juga menimbulkan permasalahan baru yang berkaitan dengan etika, moral, dan isu-isu global yang mengancam martabat keberlangsungan hidup manusia (Rahayu, 2016). Oleh sebab itu tiap individu memerlukan kompetensi untuk mengatasi permasalahan yang kompleks tersebut. Beberapa kompetensi tersebut dapat diperoleh dalam domain sains. Masyarakat yang memiliki literasi sains yang baik akan mampu menghadapi berbagai masalah global yang muncul seperti berkurangnya sumber energi atau munculnya berbagai bentuk polusi yang menimbulkan kekhawatiran masyarakat. Permasalahan-permasalahan tersebut hanya dapat diselesaikan melalui kolaborasi, komunikasi, dan kerja sama antara orang-orang yang merupakan bagian dari masyarakat global yang berliterasi sains (*scientific literacy*) (Choi, dkk, 2011).

Literasi sains menjadi subjek utama dalam penilaian PISA (*Programme for International Student Assessment*) 2015. Literasi sains didefinisikan PISA 2015 sebagai kemampuan untuk terlibat dalam permasalahan terkait sains, dan dengan gagasan-gagasan sains, sebagai warga negara yang reflektif. Orang yang berliterasi sains bersedia untuk terlibat dalam diskusi tentang sains dan teknologi yang membutuhkan kompetensi-kompetensi yaitu (1) menjelaskan fenomena secara ilmiah (*explain phenomena scientifically*): individu berliterasi sains mampu mengenali, mengajukan, dan mengevaluasi penjelasan-penjelasan berbagai fenomena alam dan teknologi; (2) mengevaluasi dan mendesain penemuan ilmiah (*evaluate and design scientific inquiry*): kemampuan menjelaskan dan menilai penyelidikan ilmiah serta mengusulkan cara menyampaikan permasalahan secara ilmiah merupakan kompetensi yang penting untuk dimiliki seseorang berliterasi sains; (3) menginterpretasi data dan bukti secara ilmiah (*interpret data and evidence scientifically*): untuk dapat terlibat dalam diskusi ilmiah maka individu berliterasi sains juga harus memiliki kemampuan menganalisis dan mengevaluasi data, klaim, berargumen dalam berbagai representasi dan menarik kesimpulan ilmiah yang tepat. (OECD, 2016a).

Untuk meningkatkan literasi sains siswa maka penting untuk menerapkan desain pembelajaran yang secara eksplisit dapat memaksimalkan potensi diri siswa (Rahayu, 2016). Firman (2016) melakukan analisis mendalam terhadap literasi sains siswa Indonesia berdasarkan hasil PISA 2012 dan diketahui bahwa siswa Indonesia masih memiliki banyak kelemahan pada domain literasi sains. Dari hasil analisis tersebut salah satu temuannya adalah siswa Indonesia masih memiliki keterbatasan dalam menyatakan *scientific explanation* secara jelas. Firman (2016) juga mengungkapkan bahwa perlu adanya peningkatan proses pembelajaran di kelas. Proses pembelajaran tersebut difokuskan pada kegiatan yang menstimulasi siswa agar dapat mengintegrasikan pengetahuan dalam menjelaskan fenomena dan menyelesaikan permasalahan yang kompleks.

Pembelajaran sains bertujuan agar siswa memiliki dasar pemikiran ilmiah terkait isu-isu sains yang teruji validitasnya, sehingga siswa mampu memahami dan menjelaskan fenomena terkait sains. Penelitian yang telah dilakukan oleh Braaten

dan Windschitl (2011) menunjukkan bahwa ketika diminta menjelaskan suatu fenomena siswa cenderung menjelaskan mengenai apa yang terjadi, seharusnya siswa juga menjelaskan bagaimana dan mengapa fenomena tersebut terjadi. Oleh sebab itu, kemampuan *scientific explanation* perlu dikembangkan untuk meningkatkan literasi sains siswa.

Sebagai salah satu kompetensi yang harus dimiliki oleh seseorang yang berliterasi sains, kemampuan *scientific* dapat dikembangkan melalui pembelajaran kimia dengan pendekatan inkuiri. Wang (2004:238) menyatakan bahwa pengembangan kemampuan mengkonstruksi *scientific explanation* merupakan sebuah proses yang kompleks dan menuntut kemampuan kognitif. Pembelajaran inkuiri merupakan proses pembelajaran yang mendukung konfigurasi pengetahuan pada siswa (Kong & Song, 2014) sehingga dapat menunjang pengembangan kemampuan *scientific explanation* siswa melalui proses pembelajaran di kelas.

Proses pembelajaran dengan pendekatan inkuiri juga sesuai dengan paradigma Kurikulum 2013 di Indonesia yang mengharuskan pembelajaran yang berpusat pada siswa. POGIL merupakan model pembelajaran dengan pendekatan inkuiri terbimbing dan berorientasi pada proses. Dari hasil penelitian sebelumnya ditemukan bahwa penerapan POGIL efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep materi kimia (Maulidiawati & Soeprodjo, 2014; Bailey, dkk., 2012; Zawadski, 2010; Geiger, 2010). Selain itu, relevansi antara konsep yang diperoleh siswa dengan fenomena yang sering mereka temui juga dapat mempengaruhi pemahaman konsep siswa. *Socioscientific Issues* (SSI) yang berisi masalah sosial yang bersifat kontroversial, kompleks, dan masih diperdebatkan, serta berdasarkan konsep dan/atau prosedur yang terkait dengan sains (Sadler, 2004 dan Zeidler, 2014) dapat digunakan sebagai konteks pembelajaran yang berorientasi pada peningkatan literasi sains siswa. Sadler (2004) menyatakan bahwa penyajian *Socioscientific Issues* (SSI) dapat menjadikan sains lebih relevan dengan fenomena di kehidupan sehingga meningkatkan pemahaman konsep siswa. Dalam makalah ini akan dibahas cara mengembangkan kemampuan *scientific explanation* siswa melalui pembelajaran kimia yang menerapkan model POGIL berkonteks *Socioscientific Issues* (SSI).

Peranan *Scientific Explanation* dalam Meningkatkan Literasi Sains

Scientific explanation didefinisikan sebagai penjelasan yang masuk akal mengenai suatu fenomena yang didasarkan pada fakta-fakta ilmiah dan membentuk suatu hubungan berdasarkan bukti dan penalaran logis (Berland & Reiser, 2008; Osborne & Patterson, 2011). Sejumlah penelitian dalam pendidikan sains mengenai keterlibatan guru dan siswa dalam mengembangkan kemampuan mengkonstruksi, menganalisis, dan mengevaluasi *scientific explanation* siswa telah banyak dilakukan (Berland & Reiser, 2008; McNeill, dkk., 2006; Wang, 2004). Namun masih banyak di antara penelitian tersebut yang tidak menyebutkan spesifikasi dan konseptualisasi yang jelas terhadap makna *scientific explanation*.

Beberapa penelitian mengkombinasikan istilah *scientific explanation* dengan kemampuan berargumentasi. Namun beberapa peneliti lainnya juga mengusulkan pentingnya membedakan *scientific explanation* dengan argumentasi (Berland & McNeill, 2012; Osborne & Patterson, 2011). Bagaimanapun juga argumentasi tetap memiliki keterkaitan dengan *scientific explanation* dalam praktik ilmiahnya (Puig & Jiménez-Aleixandre, 2011:202) Antara argumentasi dan *scientific explanation* memang terdapat perbedaan yang cukup jelas. *Explanation* berupaya untuk menjelaskan sebuah fenomena, sementara argumentasi berusaha untuk menjustifikasi dan memperdebatkan validitas dari *explanation*. Menurut Walker (2006) *explanation* memiliki fungsi mengklarifikasi dalam dialognya. Seseorang memiliki pemahaman yang lebih baik setelah mendapatkan sebuah *explanation*. Sedangkan argumentasi mengandung alasan-alasan agar seseorang menerima atau menolak suatu ide.

Osborne & Patterson (2011) mengungkapkan bahwa *scientific explanation* memiliki struktur yang tersusun atas dua komponen, yaitu *explanandum* dan *explanans*. *Explanation* dimulai dengan pernyataan *explanandum*, yakni sebuah fenomena yang akan dijelaskan dan merupakan sebuah fakta yang tidak terbantahkan. Sedangkan *explanans* adalah elemen yang menjadikan fakta tersebut dapat dipahami. Menurut Hempel (dalam Tamir & Zuzovsky, 1999), *explanans* harus mengandung hukum-hukum dasar hasil generalisasi secara empiris atau teori yang dapat diuji melalui eksperimen atau observasi, dan didasari oleh kalimat yang memang benar yang didukung oleh bukti-bukti.

Science Framework PISA 2015 menekankan pentingnya melibatkan siswa dalam kegiatan-kegiatan saintifik (OECD, 2016b). *Framework PISA* tersebut menyatakan secara eksplisit bahwa yang menjadi tujuan pembelajaran adalah untuk mengembangkan kemampuan siswa dalam membangun dan menginterpretasi *explanation* berbasis bukti-bukti dan *models of natural world*, dan untuk mengevaluasi *explanation* mereka ataupun orang lain melalui pertimbangan yang logis atau menghubungkan antara bukti dan kesimpulan. Aktivitas mengkonstruksi *scientific explanation* tersebut dapat meningkatkan literasi sains siswa (McNeill & Krajcik, 2007).

Braaten & Windschitl (2011) menyatakan bahwa ada tiga jenis *scientific explanation* yang biasa digunakan dalam praktik pendidikan sains. Ketiga jenis *scientific explanation* ditunjukkan pada Tabel 1.

Model Pembelajaran POGIL

Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) merupakan suatu desain pembelajaran inkuiri yang dikembangkan oleh Hanson (2005). Pada proses mengkonstruksi pengetahuan melalui pembelajaran inkuiri, pengetahuan tidak ditransmisikan secara langsung dari guru kepada siswa, namun dikembangkan secara aktif oleh siswa (Zion & Mendelovici, 2012). Oleh sebab itu aktivitas pembelajaran inkuiri POGIL memungkinkan siswa untuk memiliki pemahaman

konsep yang lebih baik. Hanson (2006) mengemukakan bahwa selain untuk mengembangkan pengetahuan, aktivitas POGIL merupakan suatu pembelajaran aktif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan analitis melalui pertanyaan, kemampuan pemecahan masalah, metakognisi, dan tanggung jawab individu. POGIL merupakan model pembelajaran inkuiri yang dapat meningkatkan kemampuan kognitif siswa dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyelesaikan permasalahan yang nyata dengan mengaplikasikan pengetahuan yang diperolehnya melalui pembelajaran (Kuhn, dkk., 2000). Peningkatan kemampuan kognitif tersebut akan menunjang kemampuan *scientific explanation* siswa.

Tabel 1. Penggunaan *Scientific Explanation* dalam Pembelajaran Sains

Penggunaan " <i>Explanation</i> " dalam Pembelajaran Sains	Karakteristik
<i>Explanation as Explication (Explanation sebagai kejelasan)</i>	Mendefinisikan suatu terminologi. Metakognisi mengenai penalaran/strategi <i>problem-solving</i> .
<i>Explanation as Simple Causation (Explanation sebagai hubungan sebab-akibat yang sederhana)</i>	Menekankan pada hubungan sebab-akibat untuk menjelaskan suatu peristiwa yang teramati.
<i>Explanation as Justification (Explanation sebagai pembenaran)</i>	Menekankan pada konstruksi argumen-seringkali dalam bentuk <i>claim-evidence-reasoning</i> . " <i>Explanation</i> " berarti mengajukan bukti dan alasan untuk mempercayai sebuah klaim.

Aktivitas dalam proses pembelajaran POGIL merupakan sebuah siklus belajar (*learning cycle*) yang diawali dengan kegiatan eksplorasi (*exploration*), dilanjutkan dengan penemuan konsep (*concept formation*), dan aplikasi konsep (*application*) (Straumanis, 2010). Pada tahap eksplorasi siswa mengamati dan menganalisis informasi berupa gambar, diagram, atau data hasil percobaan sehingga siswa dapat menemukan rumusan permasalahan dan menguji hipotesis. Hasil dari tahap eksplorasi adalah berupa penemuan konsep (*concept formation*). Proses penemuan konsep tersebut tidak terlepas dari peran guru sebagai fasilitator yang menyajikan pertanyaan-pertanyaan inkuiri sebagai penuntun. Pertanyaan inkuiri yang bersifat kritis menuntut siswa untuk memproses data dan menemukan pola sehingga siswa menemukan sendiri konsep yang menjadi tujuan pembelajaran.

Konsep yang telah diperoleh siswa diaplikasikan pada permasalahan terkait konsep tersebut. Fase aplikasi konsep ini membutuhkan ketrampilan penalaran deduktif karena ini berkaitan dengan konsep umum yang berasal dari fase sebelumnya terhadap situasi baru (Hanson, 2005). Penerapan pada situasi baru membangun kepercayaan peserta didik untuk memecahkan permasalahan yang nyata (Lombardi, 2007). Sehingga untuk mendukung aplikasi konsep yang telah

dimiliki siswa, pada tahap ini guru dapat memberikan permasalahan nyata dengan menyajikan konteks yang relevan.

Socioscientific Issues (SSI) sebagai Konteks Pembelajaran

Socioscientific Issues (SSI) adalah masalah sosial yang bersifat kontroversial, kompleks, dan masih diperdebatkan, serta berdasarkan konsep dan/atau prosedur yang terkait dengan sains (Sadler, 2004 dan Zeidler, 2014). Isu-isu tersebut berupa masalah yang bersifat *open-ended*, tanpa solusi yang jelas. Seringkali permasalahan-permasalahan tersebut cenderung memiliki banyak solusi yang logis. Solusi tersebut dapat diperoleh berdasarkan prinsip-prinsip sains, teori, dan data, tetapi permasalahan tersebut tidak sepenuhnya bisa diselesaikan dengan sains. Isu-isu beserta solusi yang berpotensi terkait permasalahan tersebut juga dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial termasuk politik, ekonomi, dan etika (Sadler, 2011:4).

Socioscientific Issues (SSI) memiliki beberapa karakteristik antara lain: (1)berdasarkan prinsip sains, (2)melibatkan pembuatan opini dan pengambilan keputusan pada tingkat personal maupun sosial, (3)isu-isu tersebut seringkali diberitakan di media dan pemberitaan dilakukan berdasarkan tujuan dari komunikator, (4)informasi yang disajikan kurang lengkap (*ill-structured*) karena mengandung konflik dan pelaporan yang tidak lengkap, (5)mengarah pada dimensi lokal, nasional, dan global dengan melibatkan kerangka politik dan sosial, (6)melibatkan penalaran, nilai, dan etika, (7)membutuhkan pemahaman mengenai berbagai kemungkinan dan resiko, dan (8)topik berkaitan dengan suatu kejadian (Ratcliffe & Grace, 2003). Selain itu Klosterman & Sadler (2010) juga menyatakan bahwa *socioscientific Issues* (SSI) memiliki ciri-ciri antara lain: (1)menggunakan isu-isu yang relevan dengan bahasan sosial sebagai tema utama dan bersifat kompleks, (2)melibatkan peserta didik dalam proses berpikir tingkat tinggi, dan (3)secara eksplisit memperhatikan dimensi sains dan sosial dari isu tersebut. Oleh sebab itu melibatkan siswa dalam proses pembelajaran kimia dengan *socioscientific Issues* (SSI) sebagai konteks pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan kualitas belajar siswa.

Pembelajaran POGIL berkonteks SSI pada Pembelajaran Kimia

Kimia adalah salah satu mata pelajaran yang diajarkan di SMA. Sebagai salah satu cabang sains, mata pelajaran kimia berperan dalam meningkatkan literasi sains siswa. Penting untuk mengeksplisitkan kompetensi-kompetensi yang diperlukan untuk meningkatkan literasi sains siswa melalui pembelajaran kimia. Salah satu kompetensi spesifik yang diperlukan adalah kemampuan *scientific explanation*. Melalui pembelajaran kimia dengan model POGIL berkonteks SSI, kemampuan *scientific explanation* siswa dapat dikembangkan. Tahapan pembelajaran POGIL berkonteks SSI untuk mengembangkan kemampuan *scientific explanation* siswa pada materi larutan penyangga yaitu (1)tahap orientasi, guru menyajikan fenomena yang familiar bagi siswa agar siswa termotivasi untuk

mempelajari konsep baru. Pada tahap ini juga diberikan pertanyaan yang dapat memicu siswa untuk memanggil kembali konsep yang sebelumnya telah dimiliki siswa. Contoh tahap orientasi pada LKS yang digunakan dalam pembelajaran materi Prinsip Larutan Penyangga menggunakan model POGIL berkonteks SSI ditunjukkan pada Gambar 1; (2) tahap eksplorasi, siswa diberikan tugas berupa data hasil percobaan larutan penyangga yang harus didiskusikan dan dianalisis secara berkelompok. Guru mengarahkan siswa untuk dapat mengidentifikasi perbedaan atau persamaan antara larutan yang diuji berdasarkan data yang disajikan. Contoh tahap eksplorasi pada LKS yang digunakan dalam pembelajaran materi Prinsip Larutan Penyangga menggunakan model POGIL berkonteks SSI ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3; (3) tahap pembentukan konsep, pada tahap ini siswa mengkonstruksi pemahaman konsep dengan bantuan pertanyaan-pertanyaan penuntun dari guru. Pertanyaan-pertanyaan inkuiri tersebut memicu siswa untuk berpikir kritis sehingga memperoleh konsep target. Contoh penerapan POGIL berkonteks SSI pada materi Larutan Penyangga diharapkan siswa dapat membangun konsep prinsip kerja larutan penyangga berdasarkan pengamatan dan analisis data di tahap eksplorasi; (4) tahap aplikasi, siswa mengaplikasikan pemahaman konsep yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya ke dalam situasi yang baru. Pada tahap ini guru dapat menyajikan isu-isu *socioscientific* yang berkaitan dengan konsep yang telah dimiliki siswa. Siswa diminta untuk memahami dan mampu memberikan penjelasan secara ilmiah (*scientific explanation*) mengenai fenomena yang terjadi di dalam isu tersebut. Guru tidak hanya menanyakan 'apa', tetapi juga memberikan pertanyaan 'mengapa' dan 'bagaimana' untuk memicu siswa menyatakan *scientific explanation* secara nyata. Berikut ini contoh tahap aplikasi pada LKS yang digunakan dalam pembelajaran materi Prinsip Larutan Penyangga menggunakan model POGIL berkonteks SSI; dan (5) tahap penutup, siswa membuat kesimpulan dan merangkum mengenai pembelajaran yang telah dilakukan.

ORIENTASI

Perhatikan gambar berikut ini!



Apakah kalian pernah menggunakan obat tetes mata? Pada saat diteteskan ke mata apakah terasa perih?

.....

.....

Gambar 2.1 Penggunaan Obat Tetes Mata

KOMPOSISI

Tamp 10 mL teronggembang	10 mg
Zat adjuvan	0,01 g
Dimetil hidrogenofosfat	0,01 g
Na hidroksidofosfat	0,01 g
Aqua sterilis p. s.	ad 10 mL

INDIKASI

Merangsang mata yang gatal, rasa terbakar, merah dan gatal pada mata.

KONTRAINDIKASI

Penderita yang mengalami glaukoma

DOSE DAN CARA PEMBERIAN

Teteskan 1-2 tetes, 3-4 kali sehari selama diperlukan.

PERINGATAN DAN PERHATIAN

Dianalisis pada mata pada larutan efek teratogenik pada janin. Tidak diberikan pada ibu hamil.

EFEK SAMPING

Efek teratogenik pada janin.

Obat tetes mata yang biasa beredar di pasaran biasanya mengandung campuran senyawa fosfat yaitu $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-} . Termasuk jenis larutan penyangga apakah campuran senyawa fosfat tersebut?

.....

.....

Gambar 2.2 Komposisi Obat Tetes Mata

Gambar 1. Contoh LKS Tahap Orientasi pada Pembelajaran POGIL Berkonteks SSI untuk Materi Prinsip Kerja Larutan Penyangga

EKSPLORASI

Perhatikan data hasil percobaan pH Larutan Penyangga berikut!
 (diketahui $K_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 10^{-5}$ dan $K_b \text{ NH}_3 = 10^{-5}$)

Larutan	pH Awal	pH Setelah Penambahan		
		1 mL HCl 0,1 M	1 mL NaOH 0,1 M	1 mL Akuades
Campuran larutan 50 mL CH_3COOH 0,1 M dan 50 mL CH_3COONa 0,1 M (Larutan A)	5	4,98	5,02	5
Campuran larutan 50 mL NH_3 0,1 M dan 50 mL NH_4Cl 0,1 M (Larutan B)	9	9,02	8,98	9

Identifikasilah perbedaan kedua Larutan Penyangga tersebut!

.....

Berdasarkan data tersebut, larutan penyangga asetat mempertahankan pH larutannya yang bersifat **asam** dan larutan penyangga amonia mempertahankan pH larutannya yang bersifat **basa**.

Menurut kalian, ada berapa jenis larutan penyangga berdasarkan rentang pH-nya?

.....

Larutan penyangga A terbuat dari campuran 50 mL CH_3COOH 0,1 M yang merupakan _____ dan 50 mL CH_3COONa 0,1 M yang merupakan **garam atau basa konjugasinya**. Coba tuliskan reaksi ionisasi masing-masing spesies penyusun larutan penyangga tersebut!

.....

Pada pembelajaran sebelumnya kalian telah menyusun definisi larutan penyangga. Larutan penyangga merupakan larutan yang dapat mempertahankan pH-nya apabila ditambahkan sedikit asam kuat, basa kuat, dan air.

Berdasarkan reaksi ionisasi masing-masing spesies penyusun larutan penyangga di atas:

Spesies apa yang bereaksi saat ditambahkan sedikit asam (H^+)? Tuliskan persamaan reaksinya!

.....

Gambar 2. Contoh Tahap Eksplorasi pada Pembelajaran POGIL Berkonteks SSI untuk Materi Prinsip Kerja Larutan Penyangga

- Firman, H. 2016. Diagnosing Weaknesses of Indonesian Students' Learning. Dalam L. M. Thien, dkk. (Eds), *What Can PISA 2012 Data Tell Us?* (hlm. 63-80). Rotterdam: Sense Publishers.
- Geiger, M. P. 2010. Implementing POGIL in Allied Health Chemistry Courses: Insights from Process Education. *International Journal of Process Education*, 2(1):19-34.
- Hanson, D. M. 2005. Designing Process-Oriented Guided-Inquiry Activities. Dalam S. W. Beyerlein & D. K. Apple (Eds.), *Faculty Guidebook-A Comprehensive Tool for Improving Faculty Performance*. (hlm. 381-384). Lisle, IL: Pacific Crest.
- Hanson, D. M. 2006. *Instructor's Guide to Process-oriented Guided-inquiry Learning*. Lisle, IL: Pacific Crest.
- Holbrook, J & Rannikmae, M. 2009. The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environment & Science Education*, 4(3): 275-288.
- Klosterman, M. K. & Sadler, T. D. 2010. Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues based Instruction. *International Journal of Science Education*, 32: 1017-1043.
- Kong, S. C. & Song, Y. 2014. The Impact of a Principle-Based Pedagogical Design on Inquiry-Based Learning in a Seamless Learning Environment in Hong Kong. *Educational Technology & Society*, 17(2): 127-141.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. 2000. The Development of Cognitive Skills to Support Inquiry Learning. *Cognition and Instruction*, 18(4): 495-523.
- Lombardi, M. M. 2007. Authentic Learning for The 21st Century: An overview. *Educause Learning Initiative*, (1): 1-12.
- Maulidiawati & Soeprodjo. 2014. Keefektifan Pembelajaran Kooperatif dengan Process Oriented Guided Inquiry Learning pada Hasil Belajar. *Chemistry in Education*. 3(2): 163-169.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. 2007. Middle School Students' Use of Appropriate and Inappropriate Evidence in Writing Scientific Explanations. Dalam M. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data: Proceedings of the 33rd carnegie symposium on cognition* (hlm. 233-265). New York: Taylor & Francis.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. 2006. Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2): 153-191.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2016a). *PISA 2015 Science Framework*. Paris: Author.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 2016b. PISA 2015 Science Framework. In OECD. *PISA 2015 Assessment and*

- Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- Osborne, J. F. & Patterson, A. 2011. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction?. *Science Education*, 95(4): 627-638.
- Puig, B. & Jimenez-Aleixandre, M. P. 2011. Different Music to the Same Score: Teaching about Genes, Environment, and Human Performances. Netherlands: Spinger.
- Rahayu, S. 2016. *Mengembangkan Keterampilan Tingkat Tinggi Siswa Melalui Pembelajaran Kimia Berkonteks Socioscientific Issues (SSI) dan Nature of Science (NOS)*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP), Universitas Negeri Malang, Malang, 27 November.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. 2003. *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-scientific Issues*. Philadelphia: Open University Press.
- Sadler, T. D. 2004. Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5):513-536.
- Straumanis, A. 2010. Classroom Implementation of Process Oriented Guided Inquiry Learning: A Practical Guide for Instructors POGI. Organic Chemistry A Guided Inquiry, Second Edition.
- Tamir, P. & Zuzovsky, R. 1999. Performance of Israeli 4th and 8th Grade Students on Science And Combined Science and Math Performance Assessment Tasks. *Studies in Educational Evaluation*, 25: 283-286.
- Walker, G.H. 2006. "Critical Thinking", Walker Center for Teaching and Learning, (Online), ([http://www.utc.edu/walker-center-teaching-learning/faculty development/ online-resources/ct-ps.php](http://www.utc.edu/walker-center-teaching-learning/faculty%20development/online-resources/ct-ps.php), diakses 20 Oktober 2017).
- Wang, C. Yu. 2004. Scaffolding Middle School Students' Construction of Scientific Explanations: Comparing a Cognitive Versus a Metacognitive Evaluation Approach. *International Journal of Science Education*, 37(2): 237-231.
- Zawadzki, R. (2010). Is Pro POGIL Suitable As A Teaching Method in Thailand's Higher Education?. *Asian Journal Education and Learning*, 1(2): 66-74.
- Zeidler, D. L. 2014. Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research and Practice. Dalam N. G. Lederman, & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research in Science Education (Vol. 2)*. New York: Routledge.
- Zion, M. & Mendelovici, R. 2012. Moving from Structured to Open Inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.

Hironimus Tangi_Pembelajaran Kimia

Hubungan Pemanfaatan Media *Screencast-O-Matic* melalui *Lesson Study Of Learning Community (LSLC)* untuk Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Mahasiswa PPL Pendidikan Kimia

Hironimus Tangi
Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP,
Universitas Widya Mandira
Jalan Jend. Achmad Yani No.50-52 Kupang - NTT
e-mail: hironkajong@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini difokuskan pada hubungan pemanfaatan media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem pembelajaran *Lesson Study Of Learning Community (LSLC)* untuk meningkatkan kompetensi pedagogik pada mahasiswa PPL Pendidikan Kimia di SMAN 06 dan SMAN 07 Kupang NTT tahun ajaran 2017/2018. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan pemanfaatan program *Screencast-O-Matic* terhadap kompetensi pedagogik pada mahasiswa PPL Pendidikan Kimia, hubungan sistem *LSLC* terhadap peningkatan kompetensi pedagogik pada mahasiswa PPL Pendidikan Kimia dan mengetahui hubungan pemanfaatan program *Screencast-O-Matic* dan *LSLC* terhadap peningkatan kompetensi pedagogik pada mahasiswa PPL Pendidikan Kimia. Pelaksanaan Penelitian ini, diawali dengan persiapan mahasiswa PPL (50 orang) Pendidikan Kimia di Kampus Unwira Kupang, selanjutnya mahasiswa dihadapkan dengan situasi nyata di lapangan dengan pendampingan peneliti dan guru pamong di sekolah. Peneliti fokus pada 24 mahasiswa yaitu 12 Orang di SMA N 06 dan 12 Orang SMAN 07 Kupang NTT. Teknik untuk mengumpulkan data penelitian yaitu: (1) untuk memperoleh data kemampuan mahasiswa dalam menggunakan media *Screencast-O-Matic* diukur dengan menggunakan lembar pengamatan media *Screencast-O-Matic* oleh dua orang pengamat, (2) untuk menilai pelaksanaan *LSLC* diukur dengan lembar pengamatan *LSLC*, (3) untuk melihat kemampuan pedagogik 24 orang mahasiswa PPL Pendidikan Kimia diukur dengan menggunakan tes Pedagogik. Teknik analisa data melalui analisis korelasi *produce moment*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan antara pemanfaatan media *Screencast-O-Matic* dengan Kemampuan pedagogik mahasiswa PPL yang ditunjukkan dengan nilai korelasi $r_{X_1Y} = 0,58$; ada hubungan yang antara Sistem Belajar *LSLC* dengan kemampuan pedagogik mahasiswa PPL yang ditunjukkan dengan nilai korelasi $r_{X_2Y} = 0,46$; ada hubungan yang signifikan antara pemanfaatan media *Screencast-O-Matic* dan *LSLC* dengan kemampuan pedagogik mahasiswa PPL yang ditunjukkan dengan nilai korelasi $R_{X_1X_2Y} = 0,77$. Maka dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan media *Screencast-O-Matic* dan Sistem Belajar *LSLC* memiliki hubungan yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Tahun ajaran 2017/2018.

Kata kunci: media *screencast-o-matic*, *lesson study of learning community (LSLC)* dan kemampuan pedagogik

Abstract: This research focused on the use of learning media of Omoric Screencast and Lesson Study Of Learning Community (LSLC) learning system to improve the Pedagogic competence of PPL Education students in SMAN 06 and SMAN 07 Kupang NTT in academic year 2017/2018. The purpose of this research were to know the relation of utilization of Screencast-O-Matic program to the competence of pedagogik on the student of PPL Chemistry Education, the correlation of LSLC system to increase the competence of pedagogik on the student of PPL Chemistry Education, the relation of utilization of Screencast-O-Matic program and LSLC to the enhancement of pendagogic competence in the student of PPL Chemistry Education. The implementation of this research, beginning with the preparation of PPL students (50 people) of Chemistry Education at Unwira Kupang Campus, then students were faced with real situation in the field with mentoring researcher and teacher pamong at school. Researchers focus on 24 students i.e. 12 People in SMAN 06 and 12 People SMAN 07 Kupang NTT. Techniques to collect research data i.e. (1) data for students' ability in using Omoric Screencast media was measured using Screencast-O-Matic media observation sheet done by two observers, (2) data for the implementation of Lesson Study of Learning Community (LSLC) was measured by a Lesson Study of Learning Community (LSLC) observation sheet, (3) data to see the pornographic ability of 24 PPL Chemistry Education students was measured using a Pedagogic test. Tehcnical analysis of data through correlation analysis produce moment statistical technique aims to determine the degree of relationship and the contribution of independent variables (X_1 and X_2) with the dependent variable Pedagogik (Y). The results showed that there is a significant correlation between Screencast-O-Matic media utilization with Pandemic Student Pedagogic ability shown by value $r_{X_1Y} = 0,58$; there is a significant correlation between Lesson Study of Learning Community Learning System (LSLC) with PGM student Pedagogic ability shown by value $r_{X_2Y} = 0,46$; there is a significant correlation between utilization of Screencast-O-Matic media and Lesson Study of Learning Community Learning System (LSLC) with PEGL student learning ability shown by value of $R_{X_1X_2Y} = 0,7$. By looking at the utilization of Screencast-O-Matic media and learning system of Lesson Study of Learning Community (LSLC) has a significant correlation to the ability of Student Pedagogik PPL FKIP Chemistry of the academic year 2017/2018.

Keywords: media screencast-o-matic, lesson study of learning community (LSLC) and pedagogic ability

Pengalaman setiap semester pada mata kuliah Praktek Pengalaman Lapangan (PPL) di SMA dan SMK, menunjukkan bahwa banyak calon guru kimia yang pintar tetapi belum dapat mentransfer ilmu dengan baik, kurang memahami siswa, belum maksimal mengelola kelas dan belum maksimal dalam membelajarkan siswa untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya. Hal inilah yang mengakibatkan motivasi belajar dari siswa SMA rendah terhadap pelajaran kimia. Namun beberapa mahasiswa pendidikan kimia yang PPL telah berhasil membelajarkan siswa dengan baik dan memiliki kompetensi seorang guru. Sebab menurut Uno (2007: 18-19), kompetensi dari guru adalah seperangkat

kemampuan yang harus dimiliki oleh guru agar dapat melaksanakan tugas mengajar. Selain itu perlu dikaji dari hasil evaluasi dan penilaian dari guru pamong di beberapa sekolah tempat PPL mahasiswa pendidikan kimia, menginformasikan bahwa mahasiswa perlu memahami kompetensi sebagai guru sehingga dapat meningkatkan motivasi siswa di kelas melalui kerjasama guru dan kemampuan pedagogik perlu ditingkatkan.

Berdasarkan informasi dari beberapa sekolah tersebut maka perlu dikembangkan kompetensi guru bagi mahasiswa calon guru kimia, terutama kompetensi pedagogik. Kompetensi pedagogik menurut Kemendikbud (2010) adalah kemampuan pemahaman terhadap peserta didik, perancangan dan pelaksanaan pembelajaran, evaluasi hasil belajar, dan pengembangan peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya.

Meningkatkan kompetensi pedagogik pada mahasiswa PPL Program studi pendidikan kimia sebagai calon guru kimia diharapkan dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa. Selain itu perlu memberdayakan mahasiswa PPL melalui pemanfaatan media dan sistem pembelajaran yang dapat mengembangkan kompetensi pedagogik dan meningkatkan motivasi serta hasil belajar siswa. Sebagai solusi melalui pemanfaatan media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem pembelajaran *Lesson Study of Learning Community* (LSLC).

Media pembelajaran *Screencast-O-Matic* merupakan media pembuatan video singkat yang dapat menjelaskan materi secara menarik dan siswa dapat menguasainya secara mandiri. Penggunaan Media *Visual Screencast-O-Matic* Sebagai Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Siswa arena siswa dapat menguasainya secara mandiri dan dapat mempelajarinya pada waktu di luar jam sekolah (Wardani, 2015). Hal senada ditegaskan oleh Suryanto (2014) bahwa dengan *Screencast-O-Matic* dapat meningkatkan minat belajar, serta mudah dalam penyerapan materi sehingga dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Dengan demikian, mahasiswa perlu diberdayakan dengan pemanfaatan media *Screencast-O-Matic* agar motivasi dan hasil belajar siswa dapat meningkat.

Selain media pembelajaran tersebut perlu menerapkan sistem LSLC, yaitu membentuk komunitas belajar bagi mahasiswa calon PPL dalam sistem belajar berkesinambungan dari perencanaan pembelajaran (*plan*), pelaksanaan (*do*), dan refleksi (*see*). Hal ini ditegaskan oleh Sudirtha (2017) bahwa *Lesson Study* merupakan salah satu upaya pembinaan untuk meningkatkan proses pembelajaran yang dilakukan secara berkesinambungan dalam tiga tahapan yaitu merencanakan (*plan*), melaksanakan (*do*), meng-observasi dan melaporkan hasil pembelajaran/refleksi (*see*).

Melalui media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC, diharapkan mahasiswa dapat mengembangkan kompetensi pedagogiknya. Kompetensi pedagogik adalah memiliki beberapa aspek yaitu kemampuan pemahaman terhadap peserta didik, perancangan dan pelaksanaan pembelajaran, evaluasi hasil belajar, dan pengembangan peserta didik untuk mengaktualisasikan

berbagai potensi yang dimilikinya (Sanjaya, 2006). Kemendikbud (2010) menjelaskan secara terperinci yaitu: (1) memahami peserta didik secara mendalam yang meliputi memahami peserta; (2) merancang pembelajaran, termasuk memahami landasan pendidikan untuk kepentingan pembelajaran yang meliputi memahami landasan pendidikan, menerapkan teori belajar dan pembelajaran, menentukan strategi pembelajaran berdasarkan karakteristik peserta didik, kompetensi yang ingin dicapai, dan materi ajar, serta menyusun rancangan pembelajaran berdasarkan strategi yang dipilih; (3) melaksanakan pembelajaran yang meliputi menata latar (*setting*) pembelajaran dan melaksanakan pembelajaran yang kondusif; (4) merancang dan melaksanakan evaluasi pembelajaran yang meliputi merancang dan melaksanakan evaluasi (*assessment*) proses dan hasil belajar secara berkesinambungan dengan berbagai metode, menganalisis hasil evaluasi proses dan hasil belajar untuk menentukan tingkat ketuntasan belajar (*mastery level*), dan memanfaatkan hasil penilaian pembelajaran untuk perbaikan kualitas program pembelajaran secara umum; (5) mengembangkan peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensinya meliputi memfasilitasi peserta didik untuk pengembangan berbagai potensi akademik, dan memfasilitasi peserta didik untuk mengembangkan berbagai potensi nonakademik.

Berdasarkan indikator kemampuan pengogik yang dikemukakan oleh Kemndikbud (2010) sangat cocok dengan usaha mahasiswa melalui pemberdayaan dalam pemanfaatan media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC.

METODE

Sebanyak 50 orang mahasiswa diberi pelatihan PPL dalam memanfaatkan media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC, sebelum turun ke lapangan tempat PPL. Pendampingan kelompok LSLC untuk merencanakan, menyusun RPP, membuat bahan ajar, membuat penilaian berdasarkan indikator dan melaksanakan KBM di kelompoknya. Selanjutnya dilakukan uji coba pertama pada masing-masing kelompok sesuai perencanaan kelompok dan proses evaluasinya. Pendampingan dalam membuat media pembelajaran *Screencast-O-Matic* untuk bahan ajar dan penilaian yang telah disepakati dalam kelompok.

Aspek yang dinilai ialah kemampuan mahasiswa dalam membuat media pembelajaran *Screencast-O-Matic* yang diukur dengan lembar validasi kelayakkan perangkat, dan LSLC diukur dengan lembar keterlaksanaan sistem LSLC. Uji pertama ini sebagai patokan dalam uji lapangan. Sampel dalam penelitian ini adalah 24 orang, berdasarkan kedekatan SMA tempat PPL mahasiswa Pendidikan kimia Unwira.

Data kelayakkan perangkat media pembelajaran *Screencast-O-Matic* (X_1) dan data LSLC (X_2) dan diuji hubungan dengan kemampuan pedagogik mahasiswa (Y). Selanjutnya dianalisis korelasi *pearson product moment* ini digunakan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan atau korelasi antara variabel

bebas (X_1) dengan variabel terikat (Y) dan variabel bebas (X_2) dengan variabel terikat (Y). Korelasi *pearson product moment* dilambangkan dengan (r).

HASIL

Analisis data hubungan antara Media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dengan Kompetensi pedagogik. Hubungan antara Media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dengan Kompetensi pedagogik diuji menggunakan uji korelasi. Sebelum melakukan uji korelasi terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan linearitas untuk mengetahui data berdistribusi normal dan berpola linear atau tidak. Hasil uji normalitas diperoleh $X_{hitung}^2 \leq X_{tabel}^2$ atau $6,5 \leq 9,5$ maka data berdistribusi normal. Hasil uji Linearitas diperoleh nilai $F_{hitung} = 0,6$. $F_{hitung}^2 \leq F_{tabel}^2$ atau $0,61 \leq 2,4$ maka data berpola linear. Korelasi *Pearson Product Moment* digunakan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan atau korelasi antara variabel bebas (X_1) dengan variabel terikat (Y) dan variabel bebas (X_2) dengan variabel terikat (Y). Korelasi *pearson product moment* dilambangkan dengan (r). diperoleh nilai; $r_{X_1Y} = 0,589$. Berdasarkan kriteria koefisien korelasi di atas berada pada kategori cukup kuat yang artinya media pembelajaran *Screencast-O-Matic* siswa memiliki hubungan yang cukup kuat dalam menentukan kompetensi pedagogik siswa dan setelah dilanjutkan uji signifikan dengan menggunakan rumus t_{hitung} diperoleh nilai $t_{hitung} = 3,4$ dan dengan tingkat kesalahan $\alpha = 0,05$ serta $dk = n - 2 = 24 - 2 = 22$. Maka nilai $t_{tabel} = 2,07$. Dengan membandingkan t_{hitung} dan t_{tabel} maka disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* terhadap Kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira karena $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ atau $3,4 \geq 2,07$.

Hubungan Sistem LSLC dengan kompetensi pedagogik. Diuji menggunakan uji korelasi dan diperoleh $X_{hitung}^2 = 4,5$ maka disimpulkan $X_{hitung}^2 \leq X_{tabel}^2$ atau $4,5 \leq 9,5$ maka data berdistribusi normal. Hasil uji linearitas sistem LSLC dengan kompetensi pedagogik didapat dengan nilai $F_{hitung} = 2,3$, dk pembilang = 14 dan dk penyebut = 12 untuk taraf signifikansi 5% maka didapat nilai $F_{tabel} = 2,3$. Dengan membandingkan F_{hitung}^2 dan F_{tabel}^2 maka disimpulkan $F_{hitung}^2 \leq F_{tabel}^2$ atau $2,3 \leq 2,3$. Dengan demikian data berpola linear. Analisis korelasi *pearson product moment* diperoleh nilai: $r_{X_2Y} = 0,45$. Berdasarkan kriteria koefisien korelasi di atas berada pada kategori cukup kuat yang artinya sistem LSLC memiliki hubungan yang cukup kuat dalam menentukan kompetensi pedagogik mahasiswa. Setelah itu, dilanjutkan uji signifikan dengan menggunakan rumus t_{hitung} , diperoleh nilai $t_{hitung} = 2,4$, dan dengan tingkat kesalahan $\alpha = 0,05$, serta $dk = n - 2 = 24 - 2 = 22$, diperoleh nilai $t_{tabel} = 2,07$. Dengan membandingkan t_{hitung} dan t_{tabel} maka disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara sistem LSLC dengan Kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira karena $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ atau $2,4 \geq 2,07$.

Hubungan Media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC dengan kompetensi pedagogik. Berdasarkan hasil analisis korelasi ganda antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC dengan Kompetensi

pedagogik diperoleh nilai $R_{X_1X_2Y} = 0,77$. Kriteria koefisien korelasi di atas berada pada kategori cukup kuat yang artinya media pembelajaran LSLC memiliki hubungan yang cukup kuat dalam menentukan kompetensi pedagogik siswa. Setelah itu dilanjutkan uji signifikan dengan menggunakan rumus F_{hitung} , diperoleh nilai $F_{hitung} = 15,567$ dan dengan tingkat kesalahan $\alpha = 0,05$, serta $F_{tabel} = F \{(1 - 0.05) dk = 2\}$, ($dk = 24 - 2 - 1 = 21$) $= F \{(0,95) (2,21)\}$, maka nilai $F_{tabel} = 3,47$. Dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan nilai F_{tabel} dengan tingkat kesalahan $\alpha = 0,05$ atau 5% dengan rumus $F_{tabel} = F \{(1 - 0.05) (dk = 2)\}$, ($dk = 24 - 2 - 1$) $= F \{(0,95) (2, 21)\}$, diperoleh $F_{tabel} = 3,47$. Karena $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ atau $15,567 \geq 3,47$ maka signifikan, sehingga H_a diterima yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC terhadap kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira

PEMBAHASAN

Hubungan Media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dengan kompetensi pedagogik mahasiswa dengan hasil perhitungan statistik korelasi *pearson product moment* diperoleh nilai $r_{X_1Y} = 0,6$. Dengan kategori cukup kuat yang berarti ada hubungan yang cukup kuat antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dengan kompetensi pedagogik mahasiswa. Ini menunjukkan bahwa variabel media pembelajaran *Screencast-O-Matic* memberikan sumbangan (kontribusi) terhadap kompetensi pedagogik sebesar 35%. Kemudian dilanjutkan dengan uji signifikan dan diperoleh $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ atau $3,4 \geq 2,07$, sehingga H_a diterima yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* terhadap Kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira 2017/2018. Hubungan sistem LSLC dengan kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira 2017/2018.

Hubungan sistem LSLC dengan kompetensi pedagogik mahasiswa yang hasil perhitungan statistik korelasi *pearson product moment* diperoleh nilai $r_{X_2Y} = 0,46$ hal ini termasuk kategori cukup kuat, yang berarti ada hubungan yang cukup kuat antara sistem LSLC dengan hasil belajar. Sumbangan (kontribusi) sistem LSLC terhadap Kompetensi pedagogik sebesar 21%. Kemudian dilanjutkan dengan uji signifikan dan diperoleh $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ atau $2,4 \geq 2,074$, sehingga H_a diterima yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara LSLC dengan Kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira 2017/2018.

Hubungan Media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC terhadap Kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira 2017/2018. Hasil perhitungan statistik korelasi ganda diperoleh nilai $R_{X_1X_2Y} = 0,7728$ hal ini termasuk kategori cukup kuat, yang berarti ada hubungan yang cukup kuat antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC secara simultan dengan kompetensi pedagogik mahasiswa. Sumbangan (kontribusi) media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC secara simultan dengan kompetensi pedagogik sebesar 59,72%. Kemudian dilanjutkan dengan uji signifikan dan

diperoleh $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ atau $15,567 \geq 3,47$, sehingga H_0 diterima yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC secara simultan terhadap kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira 2017/2018.

Media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC sangat membantu meningkatkan kompetensi pedagogik mahasiswa. Indikator ketercapaian kompetensi pedagogik mahasiswa dapat diuraikan sebagai: (1) memahami peserta didik secara mendalam yang meliputi memahami peserta didik dengan memanfaatkan prinsip-prinsip perkembangan kognitif, prinsip-prinsip kepribadian, dan mengidentifikasi bekal ajar awal peserta didik. Hal ini diwujudkan dalam pembuatan media video dimana mahasiswa menguraikan materi secara jelas dan terperinci. Selain itu dalam kelompok sistem LSLC sangat membantu bagi mahasiswa di mana hasil kesepakatan kelompok dalam membelajarkan siswa; (2) merancang pembelajaran, termasuk memahami landasan pendidikan untuk kepentingan pembelajaran yang meliputi memahami landasan pendidikan, menerapkan teori belajar dan pembelajaran, menentukan strategi pembelajaran berdasarkan karakteristik peserta didik, kompetensi yang ingin dicapai, dan materi ajar, serta menyusun rancangan pembelajaran berdasarkan strategi yang dipilih. Hal ini diwujudkan dalam media yang dirancang mahasiswa berdasarkan kepentingan pembelajaran, karakteristik siswa SMA dan menggunakan strategi yang menarik perhatian siswa. Dalam kelompok LSLC secara bersama merancang pembelajaran dari persiapan, pelaksanaan dan refleksi sehingga saling memperbaiki antara mahasiswa; (3) melaksanakan pembelajaran yang meliputi menata latar (*setting*) pembelajaran dan melaksanakan pembelajaran yang kondusif. Dalam media yang dirancang mahasiswa bersama dalam LSLC sehingga dalam pelaksanaan pun telah diperhitungkan kondisi siswa di kelas; (4) merancang dan melaksanakan evaluasi pembelajaran yang meliputi merancang dan melaksanakan evaluasi (*assessment*) proses dan hasil belajar secara berkesinambungan dengan berbagai metode menganalisis hasil evaluasi proses dan hasil belajar untuk menentukan tingkat ketuntasan belajar (*mastery level*), dan memanfaatkan hasil penilaian pembelajaran untuk perbaikan kualitas program pembelajaran secara umum. Evaluasi yang dilakukan di kelas berdasarkan kesepakatan dalam kelompok LSLC dan ditayangkan dalam media pembelajaran sehingga siswa setelah belajar mandiri maka dapat meningkatkan hasil belajarnya; (5) mengembangkan peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensinya meliputi memfasilitasi peserta didik untuk pengembangan berbagai potensi akademik, dan memfasilitasi peserta didik untuk mengembangkan berbagai potensi nonakademik. Hal telah direncanakan oleh kelompok LSLC mahasiswa dalam membelajarkan siswa sehingga tertuang dalam video media pembelajaran. Dengan demikian siswa telah diinformasikan melalui media pembelajaran dan diwujudkan bersama guru (mahasiswa PPL).

Berdasarkan data dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC secara simultan terhadap kompetensi pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Unwira 2017/2018 dan indikator kompetensi pedagogik terpenuhi dari media pembelajaran *Screencast-O-Matic* dan sistem LSLC.

SIMPULAN DAN SARAN

Terdapat hubungan yang signifikan antara pemanfaatan media *Screencast-O-Matic* dengan kemampuan pedagogik mahasiswa PPL yang ditunjukkan dengan nilai $r_{X_1Y} = 0,589$. Ada hubungan yang signifikan antara sistem belajar LSLC dengan kemampuan pedagogik mahasiswa PPL yang ditunjukkan dengan nilai $r_{X_2Y} = 0,456$. Ada hubungan yang signifikan antara pemanfaatan media *Screencast-O-Matic* dan sistem belajar LSLC dengan kemampuan pedagogik mahasiswa PPL yang ditunjukkan dengan nilai dari $R_{X_1X_2Y} = 0,7728$. Dengan melihat bahwa pemanfaatan media *Screencast-O-Matic* dan sistem belajar LSLC memiliki hubungan yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan pedagogik mahasiswa PPL FKIP Kimia Tahun ajaran 2017/2018.

Bagi pembaca dapat meneliti hubungan media pembelajaran dengan peningkatan kompetensi yang lain pada guru atau mahasiswa. Sistem belajar LSLC perlu dikembangkan di sekolah demi peningkatan kemampuan guru atau calon guru maupun mengoptimalkan dalam membelajarkan siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Dirjen Belmawa. 2017. Materi Sosialisasi LSLC dan Panduan Penyusunan Proposal Peningkatan Mutu Pembelajaran Melalui *Lesson Study For Learning Community*, (Online), (<http://belmawa.ristekdikti.go.id/2017/04/01/lesson-study-for-learning-community/>, diakses 20 Oktober 2017).
- Ghozali, I. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 19 (edisi kelima)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hamalik. 2003. *Perencanaan Pengajaran Berdasarkan Pendekatan Sistem*. Jakarta: Bumi Aksara
- Hendayana, S. 2006. *Lesson Study Suatu Strategi Untuk Meningkatkan Keprofesionalan Pendidik (Pengalaman IMSTEP-JICA)*. Bandung: UPI Press.
- Mulyasa. 2007. *Menjadi Guru Profesional, Menciptakan Pembelajaran Kreatif dan Menyenangkan*. Bandung: Rosdakarya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 19 Tentang Standar Nasional Pendidikan*. 2005. Jakarta.

- Permendikbud RI No 65 Tentang Standar Proses Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2013. Jakarta: Mendikbud.
- Sadiman, A.S., Raharjo, R., Anung, H., & Rahardjito. 2009. *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Sanjaya, W. 2006. *Strategi Pembelajaran*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Sudirtha, I.G. 2017. Membangun *Learning Community* dan Peningkatkan Kompetensi Melalui Lesson Study. *Jurnal Pendidikan Indonesia P-ISSN: 2303-288X E-ISSN: 2541-7207*. 6(1).
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suryanto, H. 2014. Pengembangan Multimedia E-Learning Berbasis Screencast-O-Matic dalam Pembelajaran Matematika dengan *Screencast-O-Matic* dapat Meningkatkan Minat Belajar, serta Mudah dalam Penyerapan Materi Sehingga dapat Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pelajaran Matematika Kelas VIII SMP. *Jurnal Edupedia*, 1(1): 15-20.
- Syamsuri, I. & Ibrohim. 2008. *Lesson Study (Studi Pembelajaran) Model Pembinaan Pendidik Secara Kolaboratif dan Berkelanjutan; dipetik dari Program SISTTEMS-JICA di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur (2006-2008)*. Malang: FMIPA UM.
- Uno, H.B. 2007. *Model Pembelajaran Menciptakan Proses Belajar Mengajar yang Kreatif dan Efektif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Wardani, A.Y. 2015. *Penggunaan Media Audio-Visual Screencast-O-Matic Sebagai Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Sejarah Indonesia Kelas XI IIS 3 SMA Negeri 7 Malang*. Skripsi, Jurusan Sejarah, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang.

Indira W. A., dkk_Pembelajaran Kimia

***Community of Inquiry* dalam *Blended Learning* untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Kimia**

Indira Wahyu Alfaterra, Surjani Wonorahardjo, Suharti
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: indira.alfaterra@gmail.com

Abstrak: Pembelajaran bertujuan untuk meningkatkan pemahaman materi siswa. Topik pembelajaran yang kompleks membutuhkan *engagement* yang mendalam. *Engagement* siswa dapat ditingkatkan dengan cara mendorong siswa untuk berinteraksi satu sama lain (Decristofaro, dkk., 2014). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa interaksi dapat meningkatkan pemahaman materi. Interaksi sosial cenderung efektif untuk mendorong adanya kolaborasi dan membangun komunitas pada pembelajaran online maupun *blended* (Agosto, dkk., 2013). *Blended learning* menggabungkan antara unsur penyampaian tatap muka dan online. Pada akhirnya *blended learning* ini membentuk suatu komunitas di lingkungan online untuk melakukan pembelajaran. Proses pembelajaran yang dilakukan membentuk *community of inquiry* yang mendukung adanya koneksi dan kolaborasi antara peserta didik. Tiga unsur dalam kerangka *Community of Inquiry* adalah kehadiran sosial, kehadiran kognitif, dan kehadiran pengajaran. Fokus dalam *Community of Inquiry* dalam *Blended Learning* adalah siswa mampu mengkonstruksi pengetahuannya sendiri melalui interaksi dengan guru, teman, dan materi pembelajaran. Tahap pembelajaran *Community of Inquiry* dalam *Blended Learning* terdiri dari *triggering event*, *exploration*, *integration*, dan *application*.

Kata kunci: *community of inquiry*, *blended learning*, pemahaman konsep

Abstract: Learning is purposed to increase student's understanding. Complex topic needs deeper engagement. Engagement can be increased by motivating student to interact with others (Decristofaro, *et al.*, 2014). Many researchs showed that interaction could increase student's understanding. Social technology tends to motivate collaboration and build community between student in blended learning and online learning effectively (Agosto, *et al.*, 2013). Blended learning is a combination between online and offline learning. Blended learning can build a new community who learn, it can be called Community of Inquiry. Community of Inquiry encourages interaction and collaboration. Three elements of Community of Inquiry are social presence, cognitive presence, and teaching presence. Focus of Community of Inquiry in blended learning is student can construct their concept via meaningful interaction with other students, teacher, and learning content. Community of Inquiry steps are triggering event, exploration, integration, and elimination.

Keywords: community of inquiry, blended learning, students understanding

Materi kimia saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Kesalahan konsep pada satu materi kimia dapat menimbulkan kesalahan konsep pada materi berikutnya. Materi kimia perlu dibelajarkan pada siswa dengan benar dan menyeluruh. Hal tersebut menunjukkan bahwa materi kimia merupakan salah satu topik yang kompleks dalam pembelajaran.

Topik yang kompleks membutuhkan *engagement* siswa yang mendalam (Garrison & Vaughan, 2008). *Engagement* dalam hal ini diartikan sebagai keikutsertaan siswa. Keikutsertaan siswa tidak hanya berupa keikutsertaan fisik, namun tentunya keikutsertaan mental dalam pembelajaran. *Engagement* siswa dapat ditingkatkan dengan berbagai macam cara. Salah satu cara untuk meningkatkan *engagement* siswa adalah dengan mendorong siswa untuk berinteraksi dengan siswa lainnya (Decristofaro, dkk., 2014).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa interaksi dapat meningkatkan pemahaman konsep. Penelitian oleh Zach & Agosto (2009) menunjukkan bahwa kenaikan interaksi siswa menimbulkan kenaikan *engagement* serta kemampuan berpikir kritis. Selain itu, materi pembelajaran bisa lebih dipahami oleh siswa dengan adanya pembelajaran kolaboratif dan interaksi (Pallof & Pratt, 2007). Hal ini menyebabkan pembelajaran yang dilakukan mulai memperhatikan adanya pengaruh interaksi untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.

Interaksi dalam pembelajaran umumnya hanya terbatas di dalam kelas. Namun dengan adanya perkembangan teknologi, interaksi antar siswa dapat dilakukan di luar pembelajaran. Perkembangan teknologi yang membantu adanya interaksi berupa penggunaan fasilitas *online learning* maupun sosial media. Penggunaan fasilitas ini memiliki kelebihan yaitu waktu dan tempat yang fleksibel.

Penggunaan *online learning* dalam pembelajaran sudah sering dilakukan. Di antaranya adalah dengan menggabungkan pembelajaran online dan pembelajaran tatap muka. Pembelajaran dengan jenis semacam ini disebut *blended learning*.

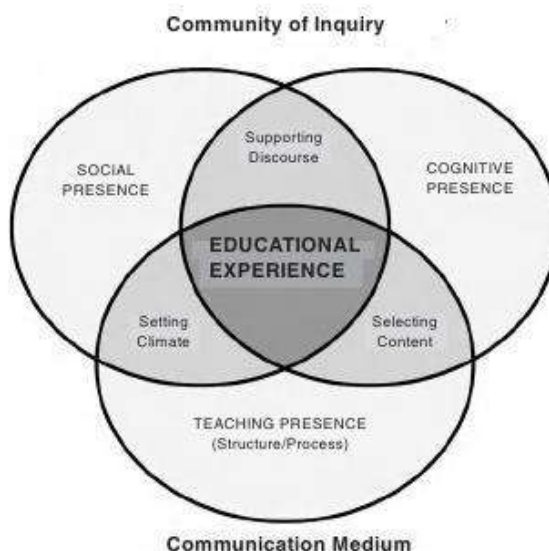
Blended learning memiliki karakteristik dari pembelajaran online yaitu mendukung adanya *self-regulated learning* dan karakteristik pembelajaran tatap muka yaitu meningkatkan adanya interaksi sehingga sesuai dengan paradigma pembelajaran kolaboratif (Agosto, dkk., 2013). Kelebihan dari pembelajaran *blended learning* adalah memberikan suatu pembelajaran yang fleksibel dalam waktu dan tempatnya pada guru dan siswa (Aharony, 2011).

Berdasarkan penelitian oleh Arbaugh (2000), interaksi siswa meningkat pada kelas online meningkat dibandingkan kelas tradisional. Siswa belajar mengkonstruksi konsepnya sendiri dengan cara berinteraksi. Interaksi antar siswa ini menyebabkan terbentuknya suatu komunitas. Komunitas ini terbentuk karena kesamaan tujuan yaitu untuk melakukan pembelajaran.

Inti dari proses pembelajaran adalah membentuk *community of inquiry* yang mendukung adanya koneksi dan kolaborasi antara peserta didik dan membangun lingkungan belajar yang mengintegrasikan elemen sosial, kognitif, dan pengajaran dengan suatu cara yang akan menimbulkan pemikiran kritis dan percakapan secara terus menerus (Garrison & Vaughan, 2008). *Community of inquiry* pada hakikatnya bersifat sosial

konstruktivistik, menyangkut pembelajaran yang dalam dan bermakna melalui interaksi antar siswa maupun siswa dan pendidik dengan menggunakan komputer (Joksimovic, dkk., 2015).

Pada *Community of Inquiry*, satu unsur saling mendukung unsur lainnya. Tiga unsur dalam kerangka *Community of Inquiry* adalah kehadiran sosial, kehadiran kognitif, dan kehadiran pengajaran. Unsur-unsur tersebut membentuk pengalaman belajar bagi siswa yang bertujuan agar siswa mampu memahami materi. Hubungan antara ketiga kerangka tersebut digambarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Kehadiran Sosial, Kehadiran Kognitif, dan Kehadiran Pengajaran dalam Community of Inquiry
(Sumber: Garrison & Vaughan, 2008)

Unsur-Unsur *Community of Inquiry* dalam *Blended Learning*

Kehadiran sosial menekankan bahwa siswa harus membina hubungan sosial atau berinteraksi dengan siswa lainnya. Siswa harus merasa bebas mengekspresikan dirinya secara terbuka. Mereka harus mampu mengembangkan hubungan pribadi mencapai tujuan akademik, dan meningkatkan rasa ikut serta dalam komunitas. Interaksi sosial saja kurang memadai untuk menjaga adanya *Community of Inquiry* dan mencapai tujuan pembelajaran. Interaksi sosial yang dimaksud merupakan interaksi bermakna yang membantu siswa mengkonstruksi konsep.

Blended learning dalam hal ini merupakan fasilitas untuk meningkatkan adanya interaksi antar siswa. *Blended learning* membantu siswa untuk berinteraksi baik di dalam pembelajaran tatap muka maupun pembelajaran online.

Kehadiran kognitif dalam *Community of Inquiry* adalah tahapan pembelajaran yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman kognitif siswa. Tahapan pembelajaran *Community of Inquiry* merupakan tahapan pembelajaran yang pada dasarnya adalah siklus pembelajaran inkuiri. Siswa diminta mengkonstruksi konsep yang dibelajarkan mulai dari tahap *triggering event* hingga *application*. Hal ini merupakan inti dari proses kognitif dan merupakan kunci penting dalam kerangka *Community of Inquiry*.

Kehadiran pengajaran dapat menyatukan unsur lainnya dan memastikan bahwa suatu komunitas bersifat produktif (Garrison & Vaughan, 2008). Hal ini merupakan tantangan dalam menciptakan dan memperkuat *Community of Inquiry*. Kehadiran pengajaran digunakan dalam menyusun kurikulum, pendekatan, dan metode. Kehadiran pengajaran memadukan kehadiran sosial dan kehadiran kognitif agar lebih efektif dan efisien. Kehadiran pengajaran diperlukan dalam menciptakan dan menjaga *Community of Inquiry* dalam pembelajaran tatap muka maupun pembelajaran online.

Tahapan Pembelajaran *Community of Inquiry* dalam Blended Learning

Tahapan pembelajaran *Community of Inquiry* dalam *blended learning* terdiri dari *triggering event*, *exploration*, *integration*, dan *application*.

Triggering event dapat berupa pertanyaan pemicu agar siswa termotivasi untuk melakukan pembelajaran. Pertanyaan yang diberikan merupakan pertanyaan yang mendorong siswa untuk berdiskusi. Guru berperan dalam merancang pertanyaan yang membangkitkan keingintahuan siswa.

Pada tahap *exploration*, siswa diminta mengeksplorasi sumber belajar yang ada untuk menjawab pertanyaan yang diajukan sebelumnya. Sumber belajar yang digunakan dapat berupa sumber belajar fisik maupun *online*. Adanya *blended learning* menambah variasi sumber belajar yang digunakan

Pemahaman yang telah dimiliki oleh siswa perlu dipresentasikan melalui diskusi pada tahap *integration*. Siswa mengajukan ide atau pemahaman untuk selanjutnya didiskusikan bersama siswa lain maupun dengan guru. Siswa mengetahui mana pemahaman yang benar dan salah sekaligus menambah pemahaman yang telah dimiliki.

Tahap *application* ini berisi tentang implementasi dan evaluasi dari pemahaman yang dimiliki. Tahap ini sering diletakkan pada akhir pembelajaran setelah siswa menyelesaikan seluruh materi.

SIMPULAN

Community of Inquiry ini menekankan pada interaksi bermakna yang dapat meningkatkan pemahaman kognitif siswa. Perkembangan teknologi membantu adanya interaksi dalam pembelajaran dengan tempat dan waktu yang fleksibel. Salah satu jenis pembelajaran yang digunakan adalah *blended learning*. *Blended learning* menggabungkan kelebihan antara pembelajaran tatap muka dan pembelajaran online. *Community of Inquiry* dalam *blended learning* merupakan salah satu metode yang patut diperhitungkan untuk digunakan dalam pembelajaran.

DAFTAR RUJUKAN

- Agosto, D.E., Copeland, A.J., & Zach, L. 2013. Testing the Benefits of Blended Education: Using Social Technology to Foster Collaboration and Knowledge Sharing in Face-To-Face LIS Courses. *Journal of Education for Library and Information Science*, 54(2): 94-107.
- Aharony, N. 2011. Library and Information Science Students Feedback in an Online Course. *Journal of Education for Library and Information Science*: 305-319.
- Arbaugh, J.B. 2000. Virtual Classroom Characteristics and Student Satisfaction with Internet-Based MBA Courses. *Journal of Management Education*, 24(1): 32-54.

- DeCristofaro, C., Murphy, P.F., Herron, T., & Klein, E. 2014. Using Guided Response to Stimulate Student Engagement in The Online Asynchronous Discussion Board. *International Journal of Arts & Sciences*: 45-57
- Garrison, D.R. & Vaughan, N.D. 2008. *Blended Learning in Higher Education: Framework, Principles, and Guidelines*. San Fransisco: John Wiley and Sons.
- Joksimovic, S., Gasevic, D., Kovanovic, V., Riecke, B.E., & Hatala, M. 2015. Social Presence in Online Discussions as a Process Predictor of Academic Performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31: 638–654.
- Palloff, R.M. & Pratt, K. 2007. *Building Online Learning Communities: Effective Strategies for The Virtual Classroom*. San Fransisco: John Wiley and Sons.
- Zach, L. & Agosto, D.E. 2009. Using The Online Learning Environment to Develop Real-Life Collaboration and Knowledge Sharing Skills: A Theoretical Discussion and Framework for Online Course Design. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 5(4): 590-599.

Qory Laila Rusda, dkk_Pembelajaran Kimia

Efektifitas Strategi Inkuiri Terbimbing, *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) dan Verifikasi dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Keseimbangan Kimia

Qory Laila Rusda, Suhadi Ibnu, Nazriati
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: suhadi_ibnu2007@yahoo.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keefektifan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing, *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL), dan verifikasi. Inkuiri terbimbing dan POGIL adalah strategi pembelajaran berbasis konstruktivis dengan tahap pembelajaran yang berbeda. Fase pada inkuiri terbimbing yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep adalah merumuskan masalah, merancang hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan membuat kesimpulan. Fase strategi POGIL yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep adalah fase *exploration* dan *concept formation*. Verifikasi adalah pendekatan pembelajaran *teacher-centered* di mana guru berperan aktif memberikan pemahaman kepada siswa. Melalui pembelajaran inkuiri terbimbing dan POGIL diharapkan siswa lebih mudah mengkonstruksi konsep karena siswa terlibat aktif dalam pembelajaran.

Kata kunci: POGIL, inkuiri terbimbing, pemahaman konsep, keseimbangan kimia

Abstract: This study was to compare the effectiveness of guided inquiry learning, process oriented guided inquiry learning (POGIL) and verification strategy. Guided inquiry and POGIL are constructivist learning strategies with different phases. The effective phases to enhance conceptual understanding in guided inquiry are problem formulation, hypothesis formulation, collect data, testing hypothesis and making conclusion. The effective phases of POGIL to enhance conceptual understanding are exploration and concept formation. Verification is a teacher centered learning approach in which teacher have an active role. Through guided inquiry and POGIL, student expected to construct the concept easier because student is engaged in learning process.

Keywords: POGIL, guided inquiry, conceptual understanding, chemical equilibrium

Salah satu materi yang diajarkan pada ilmu kimia adalah keseimbangan kimia. Keseimbangan kimia bersifat konseptual dan sebagian besar konsepnya bersifat abstrak, misalnya konsep keseimbangan dinamis (Taber, 2009). Konsep keseimbangan dinamis bersifat abstrak karena tidak dapat diamati secara langsung. Jika diamati secara makroskopik, tidak terdapat ciri perubahan kimia pada sistem

yang setimbang. Namun secara submikroskopik, reaksi ke arah produk dan ke arah reaktan terus berlangsung dengan laju yang sama. Konsep-konsep pada kesetimbangan kimia perlu dipelajari dengan baik karena kesetimbangan kimia adalah konsep dasar bagi pembelajaran selanjutnya seperti oksidasi-reduksi, asam basa, dan kesetimbangan kelarutan (Yildirim, dkk., 2011).

Selain bersifat konseptual, kesetimbangan kimia juga bersifat algoritmik. Aspek algoritmik pada kesetimbangan melibatkan perhitungan konsentrasi zat untuk menentukan konstanta kesetimbangan konsentrasi (K_c), kuosien reaksi (Q_c), konstanta kesetimbangan tekanan parsial (K_p), serta hubungan antara K_p dan K_c . Sifat algoritmik dan konseptual yang dimiliki oleh kesetimbangan membuat kesetimbangan kimia menjadi konsep yang kompleks.

Pembelajaran konsep kesetimbangan di kelas pada umumnya hanya melibatkan kegiatan ceramah dan dilakukan dalam waktu yang cukup singkat. Guru menjelaskan konsep kesetimbangan secara garis besar tanpa melibatkan pebelajar untuk ikut berpikir secara aktif. Guru lebih menekankan pada aspek algoritmik dibandingkan konseptual sehingga pebelajar menyelesaikan soal-soal kesetimbangan dengan rumus dan cara yang sudah diajarkan di kelas tanpa memberikan alasan yang tepat. Siswa hanya mengingat konsep berdasarkan hafalan tanpa memahami konsep secara mendalam serta menghafalkan rumus-rumus yang diajarkan oleh guru. Hal ini menyebabkan pebelajar hanya mahir dalam menyelesaikan soal algoritmik, namun gagal dalam menjawab pertanyaan yang bersifat konseptual (Yildirim, dkk., 2011; Akkus, dkk., 2010).

Penelitian tentang pemahaman pebelajar pada materi kesetimbangan kimia menunjukkan bahwa kesetimbangan adalah konsep yang sulit. Hal ini ditunjukkan oleh rendahnya persentase pebelajar yang memahami konsep kesetimbangan. Hasil penelitian secara Hasrat (2015) menunjukkan bahwa 14,60% pebelajar paham konsep kesetimbangan, 22,27% pebelajar tidak paham konsep dan 63,13% pebelajar mengalami miskonsepsi.

Berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan pemahaman konsep pada materi kesetimbangan, misalnya dengan menggunakan strategi inkuiri terbimbing (Hein & Jeannot, 2001; Sen & Oskay, 2017; Lunford, 2007; Yildirim, 2017). Hasil penelitian Lunsford (2007) menunjukkan bahwa 65% pebelajar yang mempelajari konsep kesetimbangan melalui strategi inkuiri mengalami peningkatan pemahaman konsep. Hasil penelitian Sen & Oskay (2017) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar antara kelas yang diajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing dan konvensional pada materi kesetimbangan. Yildirim dkk. (2011) menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pretes dan postes kelas yang diajarkan dengan strategi inkuiri terbimbing dan kelas konvensional.

Strategi pembelajaran lain yang terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep pebelajar adalah strategi pembelajaran POGIL. Penelitian tentang pembelajaran dengan menggunakan strategi POGIL banyak dilakukan pada

tingkat universitas. Hasil penelitian Hanson & Troy (2000) pada pebelajar *undergraduate level* pada mata kuliah kimia dasar di Stony Brook University menunjukkan bahwa 20% pebelajar mengalami perubahan skor hasil belajar dari skor di bawah 50% menjadi skor di atas 50%. Chase dkk. (2013) melakukan penelitian pada 182 pebelajar semester 1 kimia organik dan 271 pebelajar semester 1 kimia dasar di universitas dengan waktu tempuh 4 tahun di Amerika. Hasil belajar pada kelas POGIL lebih baik dibandingkan kelas kontrol.

Pada jenjang sekolah menengah atas, khususnya pada materi kesetimbangan, penelitian tentang efektifitas strategi POGIL terhadap kesetimbangan kimia dilakukan oleh Pratiwi (2015). Penelitian tersebut menggunakan strategi POGIL dan verifikasi untuk mengetahui pemahaman konseptual, grafik, dan algoritmik pada materi kesetimbangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa POGIL menghasilkan pemahaman konseptual dan grafik yang lebih tinggi daripada pendekatan verifikasi, tetapi memberikan hasil yang tidak berbeda untuk pemahaman algoritmik.

Telaah dilakukan untuk mendalami proses pembentukan konsep menggunakan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing, POGIL, dan verifikasi pada materi kesetimbangan. Strategi pembelajaran inkuiri memiliki keunggulan dalam konstruksi konsep melalui fase merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, serta merumuskan kesimpulan. Pada strategi POGIL, pebelajar mengonstruksi konsepnya melalui dua fase pembelajaran, yakni *exploration* dan *concept formation*. Sementara strategi verifikasi adalah strategi pembelajaran berbasis *teacher centered* dimana guru lebih berperan aktif terhadap pebelajar.

Strategi Inkuiri Terbimbing, POGIL dan Verifikasi dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Kesetimbangan Dinamis

Kesetimbangan dinamis tergolong sebagai konsep yang bersifat abstrak karena fenomena kesetimbangan dinamis adalah fenomena yang tidak dapat diamati dengan pancaindera. Pada kesetimbangan, besar laju reaksi ke arah produk sama dengan laju reaksi ke arah reaktan. Konsentrasi reaktan dan produk juga tidak mengalami perubahan sepanjang waktu. Hal ini menyebabkan sistem kesetimbangan tidak menampilkan ciri-ciri perubahan kimia. Keadaan ini membuat pebelajar mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi kesetimbangan dinamis. Konsep kesetimbangan dinamis lebih mudah dijelaskan menggunakan data hasil penelitian melalui analisis grafik atau data pada tabel hasil percobaan. Kegiatan menganalisis membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi sehingga membutuhkan peran guru dalam membimbing pebelajar melalui pertanyaan-pertanyaan yang mengarah kepada kesimpulan.

Kegiatan pembelajaran di sekolah pada umumnya masih menggunakan strategi verifikasi. Guru melakukan metode ceramah tentang konsep yang diajarkan. Pada saat itu, pebelajar mendengarkan dan mencatat materi yang dipelajari tanpa ikut aktif berpikir. Guru memberikan rumus-rumus dan

memberikan contoh soal untuk dapat diikuti oleh siswa dalam menyelesaikan permasalahan. Pebelajar akhirnya menghafalkan catatan yang diberikan oleh guru tanpa pemahaman yang mendalam. Hal ini menyebabkan pebelajar memiliki retensi yang rendah dan kesulitan dalam menjawab pertanyaan tentang konsep yang dipelajari apabila pertanyaan tidak sesuai dengan catatan yang diberikan oleh guru.

Kurikulum 2013 sudah mulai beralih dari pembelajaran berpusat pada guru menjadi pembelajaran berpusat pada siswa melalui kegiatan saintifik. Salah satu strategi pembelajaran berbasis saintifik adalah strategi pembelajaran inkuiri terbimbing. Pembelajaran inkuiri terbimbing cocok digunakan untuk mempelajari kesetimbangan kimia karena inkuiri terbimbing memfasilitasi pebelajar untuk berpikir secara kritis dan analitis melalui bimbingan guru. Pebelajar berusaha mencari jawaban dari pertanyaan yang diberikan oleh guru seperti seorang saintis yang mempelajari tentang alam dengan melakukan aktivitas investigasi seperti menyusun hipotesis, mengumpulkan informasi, menguji hipotesis, dan menyimpulkan (Keselman, 2003). Misalnya, pada saat setimbang, sistem kesetimbangan $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ tidak lagi mengalami perubahan warna. Guru memberikan sebuah permasalahan kepada pebelajar mengenai keberlangsungan reaksi kimia pada sistem $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ tersebut. Pebelajar diminta untuk memprediksi apakah NO_2 dan N_2O_4 tetap bereaksi secara bolak-balik atau berhenti bereaksi. Pebelajar melakukan diskusi singkat dengan kelompoknya atau membaca literatur untuk mencari jawaban sementara tentang pertanyaan yang diberikan oleh guru. Dalam hal ini, pebelajar berusaha untuk menghubungkan pengetahuan prasyarat yang dimilikinya dengan pengetahuan baru yang akan dipelajari. Pebelajar yang melakukan aktivitas memprediksi sebelum memulai investigasi lebih siap untuk mengikuti pembelajaran selanjutnya karena pengetahuan mengenai konsep yang akan dipelajari menjadi lebih terstruktur (Pedaste, dkk., 2015).

Fase penting selanjutnya pada pembelajaran inkuiri terbimbing yang berperan dalam pembentukan konsep adalah mengumpulkan data. Guru membimbing pebelajar mengumpulkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang diberikan oleh guru. Guru meminta siswa untuk mencari grafik tentang perubahan konsentrasi terhadap waktu dan perubahan laju reaksi terhadap waktu pada kesetimbangan. Setelah itu, pebelajar melakukan kegiatan analisis melalui serangkaian pertanyaan berpikir kritis yang diberikan oleh guru. Pebelajar mengidentifikasi ciri tercapainya kesetimbangan melalui konsentrasi dan laju reaksi reaktan dan produk yang digambarkan pada grafik. Dengan demikian, pebelajar dapat menemukan sendiri jawaban dari pertanyaan tentang keberlangsungan reaksi pada kesetimbangan. Pemahaman konsep yang lebih baik dapat diperoleh dari aktivitas pebelajar menemukan jawabannya sendiri dibandingkan hanya menunggu respon dari guru. Selain itu, pengalaman belajar mengkonstruksi konsep yang dipelajari dapat meningkatkan retensi dalam mengingat konsep kesetimbangan dinamis (Hanson, 2006). Mengumpulkan data adalah proses mental yang sangat penting pada dalam pengembangan intelektual. Aktivitas mengumpulkan data adalah

aktifitas yang bermakna bagi pebelajar karena pebelajar mengamati secara langsung fakta-fakta terkait konsep yang akan dipelajari (Bybee, 2006).

Setelah mengumpulkan data terkait ciri kesetimbangan dinamis, pebelajar melihat kembali hipotesis yang telah dibuatnya. Pebelajar menentukan apakah hipotesis tersebut dapat diterima atau tidak. Aktivitas ini memperkuat konsep tentang kesetimbangan dinamis di mana pebelajar dapat mengevaluasi hasil pemikirannya terdahulu. Tahap ini dapat mengembangkan kemampuan berpikir rasional. Pebelajar kemudian menyimpulkan tentang konsep yang telah dipelajari melalui serangkaian kegiatan saintifik. Aktivitas menyimpulkan adalah aktivitas menggeneralisasikan tentang materi yang telah dipelajari.

Strategi inkuiri terbimbing diperluas dengan adanya strategi POGIL. Fase penting bagi proses pembentukan konsep pada strategi POGIL hanya melibatkan dua fase, yaitu *exploration* dan *concept formation*. Ciri khas dari POGIL adalah diberikannya sebuah model yang dapat dianalisis oleh pebelajar pada fase eksplorasi. POGIL tidak harus diawali dengan rumusan masalah masalah seperti pada inkuiri terbimbing. Dengan demikian, POGIL memberikan fitur yang lebih luas dalam melatih pebelajar untuk memahami konsep. Pembelajaran POGIL pada kesetimbangan dinamis dimulai dari analisis grafik yang diberikan oleh guru. Aktivitas yang dilakukan pebelajar pada tahap ini sama seperti pada tahap mengumpulkan data pada strategi inkuiri terbimbing. Pebelajar menganalisis grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu dan perubahan laju reaksi terhadap waktu untuk mempelajari apa yang terjadi pada keadaan setimbang. Aktivitas ini meningkatkan keterampilan proses berupa keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Concept formation adalah fase pada POGIL dimana pebelajar melakukan generalisasi terhadap konsep yang dipelajarinya. Pada fase ini diperkenalkan beberapa istilah baru tentang konsep. Misalnya, jika kata dinamis merujuk pada sesuatu yang terjadi secara terus menerus, pebelajar diminta untuk menerapkan kata dinamis pada konteks kesetimbangan dinamis. Strategi POGIL tidak hanya menekankan pada pemerolehan konsep. Oleh karena itu, fase pemerolehan konsep pada strategi POGIL dilakukan hanya pada dua fase pembelajaran namun dilakukan secara efektif. Pedaste dkk. (2015) menyatakan bahwa pembelajaran inkuiri adalah pembelajaran yang rumit bagi pebelajar. Oleh karena itu, semakin panjang fase pembelajaran pada strategi inkuiri belum tentu efektif dalam pembentukan konsep. Semakin panjang fase pembelajaran pada inkuiri membuat pebelajar terkonsentrasi pada pembelajaran, bukan pada konten pembelajaran.

SIMPULAN

Strategi pembelajaran yang baik akan tetap memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan strategi pembelajaran manapun. Melalui strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dan POGIL, diharapkan pebelajar dapat memahami konsep kesetimbangan yang dipelajari dengan lebih mudah. Inkuiri terbimbing dan POGIL membantu siswa memahami konsep dengan aktivitas

penemuan konsep yang bermakna bagi siswa. Inkuiri terbimbing dan POGIL memiliki fase pembelajaran yang berbeda dalam membantu siswa memahami konsep kesetimbangan. Strategi pembelajaran inkuiri memiliki keunggulan dalam konstruksi konsep melalui fase merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, serta merumuskan kesimpulan. Sementara itu, pada strategi POGIL pebelajar mengonstruksi konsepnya melalui dua fase pembelajaran, yakni *exploration* dan *concept formation*.

DAFTAR RUJUKAN

- Akkus, H., Hakki, K., Basri, A., Omer, G. 2010. Effectiveness of Instruction Based on the Constructivist Approach on Understanding Chemical Equilibrium Concepts. *Research in Science & Technological Education*, 21(2):210-227.
- Bybee, R.W. 2006. Scientific Inquiry and Science Teaching. *Scientific Inquiry and Nature of Science*.1-14.
- Chase A., Deblina P., & Marilyn S. 2013. Implementing Process-Oriented, Guided Inquiry Learning for the First Time: Adaptations and Short-Term Impacts on Students' Attitude and Performance. *Journal of Chemical Education*, 90: 409-416.
- Hanson, D. 2006. *Instructor's Guide to Process Oriented Guided Inquiry Learning*, (Online), (www.pcrest.com/research/POGIL_Instructor_Guide2014.pdf, diakses 3 Oktober 2017)
- Hanson, D. & Troy W. 2000. Process Workshops-A New Model for Instruction. *Journal of Chemical Education*, 77 (1): 120-130.
- Hasrat, I.E. 2015. *Identifikasi Pemahaman Konsep Siswa Terhadap Materi Kesetimbangan Kimia Menggunakan Instrumen Tes Three-tier Multiple Choice Diagnostic*. Skripsi tidak diterbitkan. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- Hein, J. & Jeannot, M. 2001. Drug Distribution: A Guided-Inquiry Laboratory Experiment in Coupled Homogeneous and Heterogeneous Equilibria. *J. Chem. Educ.*, 78(2): 224-225.
- Hoefstein, A. & Vincent, N.L. 2003. *The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century*, (Online), (<http://gpquae.iqm.unicamp.br/gtexperimentacao.pdf>, diakses 2 Oktober 2017).
- Holsterman, N, Grube, D., & Bogeholz, S. 2010. Hands-on Activities and Their Influence on Students' Interest. *Research Science Education*.40:743-757.
- Keselman, A. 2003. Supporting Inquiry Learning by Promoting Normative Understanding of Multivariable Causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9): 898-921.

- Lunsford, S.K., Nedunuri, K.V., & Sandy, M. 2007. *Teaching Chemical Equilibrium Using Field-Lab Experiences In A MultiDisciplinary Integrated Environment*, (online), (http://www.asdlib.org/onlineArticles/elabware/lunsford/Lunsford_ASDL_Equilibrium_2007.pdf, diakses 20 Oktober 2017)
- Pedaste, M, Maeots, M., Siiman, L.A., De-Jong, A.J.M., Riesen, S.V., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C., & Tsourlidaki, E. 2015. Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions And The Inquiry Cycle. *Education Research Review*.14:47-61.
- Pratiwi, G.S. 2015. Pengaruh Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) vs Pendekatan Verifikasi dan Keterampilan Penalaran Ilmiah terhadap Pemahaman Konseptual, Algoritmik, dan Grafik dalam Materi Kesetimbangan Kimia Siswa SMA Kelas XI IPA. Tesis. tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Sen, S. & Oskay, O.O. 2017. The Effects of 5E Inquiry Learning Activities on Achievement and Attitude toward Chemistry. *Journal of Education and Learning*, 6(1): 1-9.
- Taber, K.S. 2009. Challenging Misconceptions in the Chemistry Classroom: Resources to Support Teachers. *Educacio Quimica*, 4:13-20.
- Yildirim, N., Sevil K., Alipasa A. 2011. The Effect Of The Worksheets On Students' Achievement In Chemical Equilibrium. *Journal of Turkey Science Education*, 8(3):44-58.

Teguh Hendri A., dkk. _Pembelajaran Kimia

Keyakinan Pedagogik Guru Kimia Madrasah Aliyah dalam Menerapkan Pembelajaran Literasi Sains

Teguh Hendri Ariyanto, Sri Rahayu, Yahmin
Pendidikan Kimia, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: sri.rahayu.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan keyakinan pedagogik guru kimia madrasah aliyah dalam menerapkan pembelajaran berbasis literasi sains. Penelitian ini merupakan penelitian survei dengan menggunakan instrumen kuisioner yang diadaptasi dari perangkat TALIS (*Teaching and Learning International Survey*) yang dikembangkan oleh *Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)* pada tahun 2009. Hasil penelitian merupakan deskripsi dari data hasil survei terhadap 17 orang guru kimia madrasah aliyah di salah satu wilayah kabupaten dan kota di Jawa Timur yang meliputi aspek keyakinan guru dan praktik pembelajaran kimia di kelas yang mengakomodasi perspektif literasi sains, pengembangan profesionalitas guru, supervisi/ penilaian kinerja dan umpan baliknya, serta berbagai masalah terkait lingkungan kerjanya.

Kata kunci: *keyakinan pedagogik, guru kimia madrasah, literasi sains*

Abstract: This study aims to describe the pedagogical beliefs of madrasah aliyah chemistry teachers in applying science-based literacy learning. This study was a survey study using a questionnaire instrument adapted from the TALIS (*Teaching and Learning International Survey*) tool developed by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) in 2009. The results were descriptions of the survey data of 17 chemistry teachers of madrasah aliyah in one of the districts in East Java covering aspects of teachers' beliefs and classroom chemistry teaching practices that accommodate science literacy perspectives, teacher professional development, supervision/ performance appraisal and feedback, as well as issues related to the work environment.

Keywords: pedagogical belief, chemistry teachers of madrasah, science literacy

Kurikulum telah direvisi dan diterapkan dalam rangka mengubah paradigma pendidikan termasuk pendekatan mengajar oleh guru. Sudah banyak rekomendasi strategi dan metode mengajar modern berbasis paradigma konstruktivistik yang dipublikasikan dan dilatihkan kepada para guru. Akan tetapi beberapa penelitian menunjukkan resistensi yang cukup kuat terkait keyakinan guru dalam mengajar dengan metode tradisional (Mansour, 2008; Bakir, 2016). Keyakinan terbentuk oleh pengalaman, serangkaian peristiwa, dan kesempatan yang diberikan

kepada seseorang, bersifat pribadi, tidak terpengaruh oleh argumen orang lain, serta sulit didefinisikan dan dilakukan penilaian terhadapnya (Pajares, 1992). Pajares (1992) juga mengungkapkan fakta bahwa ketika seorang guru dihadapkan pada situasi yang kompleks, kemampuan kognitif yang menyangkut proses pengolahan pengetahuan tidak bekerja serta ia tidak mampu mengakses skemata yang tepat untuk menghadapi situasi tersebut sehingga muncullah keraguan untuk mengambil keputusan terkait pengetahuan mana dan tindakan apa yang tepat untuk dilakukan. Dalam situasi seperti ini, ketika struktur pengetahuan dan strategi kognitif tidak memadai, guru menggunakan keyakinan dan sistem yang menyusun keyakinannya tersebut.

Secara internasional telah diakui bahwa penelitian yang berfokus pada guru sangatlah kurang (Robinson & McMillan, 2006). Padahal guru yang selalu berada di sekolah sedangkan siswa senantiasa silih berganti dengan karakter dan latar belakang yang kompleks. Keyakinan guru sangat berpengaruh terhadap cara pandang dan praktik mereka dalam mengajar. Pengalaman hidup yang senantiasa dinamis dan penuh perubahan mempunyai kontribusi dalam membentuk keyakinan. Keyakinan inilah yang dianggap memiliki kontribusi besar dalam menentukan mudah tidaknya seorang guru menerima perubahan paradigma baik kurikulum maupun strategi dalam melaksanakannya (Mansour, 2008; Raus & Falkenberg, 2014; Bakir, 2016; Al-Abdulkareem, 2016).

Penelitian ini difokuskan pada keyakinan pedagogik guru kimia madrasah aliyah dalam kaitannya dengan pembelajaran literasi sains. Penguasaan guru terhadap materi kimia akan memengaruhi tingkat keyakinan guru dalam mengajar dan membelajarkan kimia kepada siswa. Di samping itu, untuk mengidentifikasi keyakinan pedagogik dalam pembelajaran literasi sains perlu digali penguasaan guru terhadap model-model pembelajaran yang mendukung antara lain inkuiri, *problem based learning*, dan lain-lain yang tujuannya melatih kemandirian siswa, ketrampilan belajar, berpikir kritis, kreatif, dan ketrampilan memecahkan masalah (Rahayu, 2016). Di samping itu, aspek yang mendukung pembentukan keyakinan pedagogik guru dan perubahan paradigma pada diri guru seiring kehadiran perubahan kurikulum saat ini meliputi pengalaman yang ditanamkan pelatih/diklat, fungsi monev atau supervisi kepala madrasah dan guru senior, kelompok kerja guru/teman sebaya, serta dukungan sarana prasarana lingkungan kerja.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kombinasi (*mix method*) model *sequential explanatory*. Model penelitian *sequential explanatory*

dicirikan dengan dua tahap penelitian yaitu melakukan pengumpulan data dan analisis data kuantitatif pada tahap pertama dan diikuti dengan pengumpulan dan analisis data kualitatif pada tahap kedua, dengan penekanan pada tahap kedua (Creswell, 2015). Teknik pengumpulan data pada tahap pertama dilakukan dengan teknik survei menggunakan instrumen kuisioner. Kuisioner diadaptasi dari TALIS (*Teaching and Learning International Survey*) yang dikembangkan oleh *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD) pada tahun 2009. Kuisioner ini berisi 36 pertanyaan survei semi terbuka dan tertutup.

Survei ini diikuti oleh 17 orang guru kimia madrasah aliyah di salah satu wilayah kabupaten dan kota di Jawa Timur. Kuisioner berisi pertanyaan-pertanyaan terkait kebijakan pendidikan di madrasah, keyakinan guru dan praktik pembelajaran kimia, penerapan strategi pembelajaran yang mengakomodasi perspektif literasi sains, pengembangan profesionalitas guru, *review* karya guru dan umpan baliknya, pengakuan yang guru terima tentang profesi mereka, berbagai masalah kepemimpinan, manajemen lingkungan kerja, dan lainnya.

HASIL

Secara garis besar, temuan dalam survei ini dirangkum dalam Tabel 1. Data disesuaikan dengan kebutuhan yang merujuk pada aspek keyakinan pedagogik guru kimia dalam praktik pembelajaran literasi sains. Dalam kuisioner, literasi sains dicerminkan pada pertanyaan-pertanyaan yang menyangkut kegiatan inkuiri siswa. Hal ini bukan berarti menyamakan antara literasi sains dan inkuiri. Inkuiri hanya merupakan salah satu metode atau model pembelajaran yang mengakomodasi praktik pembelajaran literasi sains.

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisa data pada Tabel 1, aspek pendukung keyakinan pedagogik guru kimia yaitu latar belakang guru dan pengembangan profesi menunjukkan nilai positif. Sekitar 50% responden menunjukkan kematangan usia, pengalaman mengajar, dan standar minimal kualifikasi akademik. 70% guru telah tersertifikasi dan hampir semuanya pernah mengikuti kegiatan pengembangan diri dalam 18 bulan terakhir yang meliputi diklat, *workshop*, seminar, forum ilmiah, MGMP, dan kegiatan *lesson study*. Semua responden merasa sangat perlu terhadap kebutuhan peningkatan ketrampilan mengajar berbasis TIK, penguasaan model-model pembelajaran terbaru yang efektif, administrasi pembelajaran, standar kinerja dan penilaian. Hal ini menunjukkan indikasi modal yang positif bagi pembentukan keyakinan dan perubahan paradigma dari pembelajaran konvensional menuju pembelajaran modern yang efektif dan efisien.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Kuosioner

No	Aspek	Indikator	Persentase
1.	Latar Belakang Guru	Usia	50% < 40 tahun
		Kualifikasi Akademik	65% S1
		Pengalaman Mengajar	50% > 20 tahun
		Rincian Waktu Efektif Pelaksanaan Tugas	40% dalam 1 minggu
2.	Pengembangan Profesi	Status profesi	70% guru tersertifikasi
		Jenis kegiatan pengembangan diri yang dilakukan dalam 18 bulan terakhir	100% pernah mengikuti kegiatan pengembangan diri (diklat, workshop)
		Prioritas jenis pengetahuan dan ketrampilan yang perlu dikembangkan	Standar kinerja 50% Standar penilaian 90%
			Administrasi pembelajaran 100% Pembelajaran berbasis TIK 100% Model-model pembelajaran 100% Biaya mahal 50% Waktu longgar kurang 70%
		Faktor-faktor penghambat partisipasi pengembangan diri dan profesi	70% tidak berdampak/ dampak sangat kecil
	Dampak kegiatan pengembangan diri pada profesionalitas kerja		
3.	Penilaian Kinerja Guru dan Umpan Baliknya	Ada tidaknya penilaian kinerja/ supervisi	90% ada supervisi
		Dampak penilaian terhadap perubahan diri/ kinerja guru	80% berdampak pada tertib administrasi 20% berdampak pada profesionalitas kerja
4.	Praktik Mengajar, Keyakinan, dan Perspektif Literasi Sains	Keyakinan pedagogik (perencanaan, pelaksanaan, evaluasi) guru kimia	70% RPP guru mengakomodasi model pembelajaran siswa aktif seperti inkuiri, PBL, <i>Discovery</i> , dll.
		Praktik mengajar dan manajemen kelas	100% setuju bahwa profesi guru sebagai fasilitator
		Penerapan strategi mengajar yang mengakomodasi perspektif literasi sains	70% setuju siswa bekerja dalam kelompok untuk memecahkan masalah
		Lingkungan belajar/ manajemen madrasah	70% menghendaki situasi kelas yang tenang dan terkendali 70% puas atas kinerjanya dan yakin akan membuat perubahan bagi siswanya 60% merancang tema agar materi cepat terselesaikan 30% ada tugas proyek dalam RPPnya 80% setuju proses berpikir dan berargumen lebih penting daripada hasil tes 70% mengeluh sarpras belum memadai 30% sering meminta siswa menganalisa suatu isu sosial dan mengaitkannya dengan berbagai disiplin ilmu 30% melibatkan siswa dalam merancang suatu prosedur percobaan

Fungsi supervisi terhadap kinerja guru telah terlaksana sekitar 90% dari responden. Tetapi dampak adanya supervisi belum maksimal bagi peningkatan kinerja guru terbukti dengan jawaban 80% responden yang mengatakan bahwa dampak supervisi hanya pada ketertiban administrasi guru saja belum diikuti

dengan peningkatan profesionalitas kinerja secara nyata di kelas. Berdasarkan analisa kasar terhadap data kuosioner, keyakinan pedagogik guru kimia dalam kaitannya dengan praktik pembelajaran literasi sains menunjukkan tren yang positif. Rata-rata di atas 50%, semua responden mengakomodasi pembelajaran yang mendukung kemampuan literasi sains antara lain model-model yang digunakan dalam RPP adalah model pembelajaran berpusat pada siswa seperti inkuiri, *problem based learning*, *discovery learning*, dan lain-lain. Semua responden setuju bahwa fungsi guru adalah fasilitator bukan narasumber dalam pembelajaran. Rata-rata di atas 50%, pembelajaran di kelas mengakomodasi kelompok diskusi untuk pemecahan masalah, pemberian wacana berkonteks isu-isu sosial, memberikan kesempatan siswa mengasah kemampuan berkomunikasi dan berargumentasi, berpikir kritis, tugas proyek, nilai didasarkan pada proses bukan tes saja.

Namun ada beberapa data yang kontradiktif dengan keyakinan pedagogik yang cenderung positif yaitu kecenderungan responden yang menghendaki situasi kelas tenang (70%), merancang tema agar materi cepat terselesaikan (60%), dan keluhan terhadap sarana prasarana sekolah yang kurang memadai (70%). Pembelajaran yang mengutamakan proses agar siswa mampu mengembangkan kemandirian dan literasi sains yang baik menuntut kondisi kelas yang aktif dan dinamis, bukannya tenang yang cenderung pasif. Di sisi lain, rancangan tema agar pembelajaran cepat selesai masih terpengaruh paradigma konvensional dimana pembelajaran tuntas materi tetapi siswa tidak paham dan mengabaikan penguasaan ketrampilan proses belajar, berpikir kritis, dan pemecahan masalah. Keluhan-keluhan guru terhadap sarana prasarana (70%) merupakan indikator bahwa yang bersangkutan tidak merintis pembelajaran yang kreatif. Siswa diharapkan terampil dan kreatif sedangkan guru tidak memulai dari dirinya sendiri untuk berkreasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Secara implisit, melalui pengisian kuosioner, keyakinan pedagogik guru-guru kimia madrasah aliyah dalam menerapkan pembelajaran literasi sains di salah satu kabupaten dan kota di Jawa Timur ini menunjukkan tren yang positif. Daya dukung yang meliputi latar belakang guru, pengembangan profesi, penilaian kinerja/ fungsi supervisi cukup meyakinkan dalam rangka pembentukan keyakinan dan perubahan paradigma guru-guru ke arah pembelajaran yang melatih kemandirian dan literasi sains siswa. Namun ada beberapa temuan yang kontradiktif sehingga memerlukan tindak lanjut dalam tahap penelitian selanjutnya, tahap kualitatif, yaitu melalui observasi, wawancara, dan studi dokumentasi untuk menggali lebih dalam fakta eksplisit yang bisa menjelaskan fenomena kontradiktif antara keyakinan dan praktik mengajar guru sebenarnya di lapangan.

Diharapkan temuan studi ini bermanfaat untuk menambah masukan bagi para pakar pendidikan di Indonesia untuk memecahkan masalah dalam proses pendidikan yang saat ini seolah-olah hanya berjalan di tempat meskipun inovasi-

inovasi termasuk revisi kurikulum telah dilakukan. Pola diklat dan pengembangan profesi bagi para guru dapat disusun dengan model yang efektif agar visi misi untuk meningkatkan sumber daya manusia Indonesia yang memiliki kemampuan kompetensi abad 21 yaitu mandiri, kreatif, terampil memecahkan masalah, dan berliterasi dapat terwujud di masa depan. Supervisi yang meliputi *monitoring*, *evaluation*, dan *reward/promosi* guru hendaknya dilakukan secara berkala dan ada tindak lanjut agar guru selaku pelaksana kurikulum di lapangan senantiasa berbenah dan memperbaiki kualitas mengajarnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Abdulkareem, S.A.M. 2016. The Impact of Science Teachers' Beliefs on Teaching Science: The Case of Saudi Science Teachers. *Journal of Education and Learning*, (2): 233-249.
- Bakır, S. 2016. What are Their Beliefs? What is Their Approach in Practice? What is the Profile of Their Science Teachers and Professors?. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11 (5): 587-602.
- Creswell, J.W. 2015. *Educational Research, Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research Fifth Edition*. Boston: Pearson Education Inc.
- Mansour, N. 2008. Science Teachers' Beliefs and Practices: Issues, Implications and Research Agenda. *International Journal of Environmental & Science Education (IJESE)*, 4(1): 25-48.
- OECD. 2009. *Creating Effective Teaching and Learning Environments. First Results from TALIS*. Paris: OECD Publications
- OECD. 2009. *TALIS User Guide for International Database*. Paris: OECD Publications.
- Pajares, M. F. 1992. Teachers' beliefs and education research: Cleaning up a messy construct. *Review of Education Research*, 62: 307-332.
- Rahayu, S. 2016. *Mengembangkan Keterampilan Tingkat Tinggi Siswa Melalui Pembelajaran Kimia Berkonteks Socioscientific Issues (SSI) dan Nature Of Science (NOS)*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya, Universitas Negeri Malang, Malang, 27 November 2016.
- Raus, R. & Falkenberg, T. 2014. The Journey towards a Teachers Ecological Self: A Case Study of a Student Teacher. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 16(2): 103-114.
- Robinson, M. & McMillan, W. 2006. Who Teaches the Teachers? Identity, Discourse and Policy in Teacher Education. *Teaching and Teacher Education*, 22: 327-336.

Trining Puji Astutik, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengaruh Urutan Penyajian Representasi dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Hasil Belajar Siswa

Trining Puji Astutik¹, Suhadi Ibnu², Effendy³

¹Tadris Kimia UIN Antasari,

Jalan A.Yani KM 45 Banjarmasin Kalimantan Selatan

^{2,3}Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang

Jalan Semarang 5, Malang 65145

e-mail: trining-p.astutik@uin-antasari.ac.id

Abstrak: Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh urutan penyajian representasi yang berbeda dalam pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar siswa. Jenis penelitian adalah eksperimen semu. Subjek penelitian terdiri dari dua kelompok yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing dengan urutan penyajian representasi (1) makroskopik-mikroskopik-simbolik (Ma-Mi-Sim) dan (2) makroskopik-simbolik-mikroskopik (Ma-Sim-Mi). Setiap kelompok terdiri dari 16 siswa. Skor hasil belajar dikumpulkan dari tes materi (a) larutan elektrolit yang berbentuk esai terdiri dari 23 soal dan (b) reaksi redoks berbentuk esai sebanyak 10 soal dan pilihan ganda dengan tiga alternatif pilihan jawaban sebanyak 2 soal. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan siswa yang dibelajarkan dengan urutan penyajian representasi Ma-Mi-Sim dalam pembelajaran inkuiri terbimbing memiliki hasil belajar lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan urutan penyajian Ma-Sim-Mi.

Kata kunci: inkuiri terbimbing, urutan penyajian representasi, hasil belajar

Abstract: The aims of this study was to identify the effect of different order of representation in guided inquiry learning on students' achievement. This research was quasy experiment. Participants consist of two groups were taught using guided inquiry learning with viewing order of representation (1) macroscopic-symbolic-microscopic (Ma-Sym-Mi) dan (2) macroscopic-microscopic-symbolic (Ma-Mi-Sym). Each group consist of 16 studensts. The students' learning achievement was collected from (a) electrolyte solution was in the form of essay which consisted of 23 items and (b) redox reaction topic tests was in the form of essay which consisted of 10 items and multiple choice with three alternative answers which consisted of 2 items. The data was analyzed using ANOVA. The results of this study showed that students who were taught using Ma-Mi-Sym viewing order had better achievement than the students who were taught using Ma-Sym-Mi viewing order.

Keywords: guided inquiry, viewing order of representation, students' achievement

Pembelajaran ilmu kimia mencakup tiga level representasi yaitu makroskopik, mikroskopik, dan simbolik (Johnstone, 1993:701). Representasi makroskopik merupakan level konkrit yang mendeskripsikan pengamatan terhadap fenomena kimia yang terjadi, baik melalui percobaan atau fenomena yang terjadi pada kehidupan sehari-hari. Fenomena yang diamati dapat berupa perubahan warna, timbulnya bau, pembentukan gas, dan terbentuknya endapan dalam reaksi kimia. Representasi mikroskopik merupakan level abstrak yang menjelaskan fenomena makroskopik. Representasi mikroskopik menjelaskan pada level partikel dimana materi digambarkan sebagai susunan atom-atom, molekul-molekul, dan ion-ion. Selanjutnya representasi simbolik digunakan untuk merepresentasikan fenomena makroskopik dengan menggunakan persamaan kimia, persamaan matematika, grafik, mekanisme reaksi, dan analogi-analogi (Johnstone, 2010:22).

Materi larutan elektrolit dan reaksi redoks merupakan materi kimia yang dapat dipelajari dengan melibatkan ketiga representasi. Pada larutan elektrolit, representasi makroskopik dapat diperoleh melalui percobaan di laboratorium yaitu pengamatan terhadap nyala lampu saat dimasukkan alat uji elektrolit ke dalam larutan. Nyala lampu yang teramati menunjukkan adanya aliran arus listrik di dalam larutan elektrolit. Fenomena makroskopik tersebut dapat dikomunikasikan secara simbolik melalui persamaan reaksi, serta dijelaskan dengan representasi mikroskopik melalui penggambaran secara molekuler spesi-spesi yang terbentuk di dalam larutan.

Pada reaksi redoks, representasi makroskopik sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari yaitu perkaratan besi atau melalui percobaan di laboratorium seperti terbentuknya gas hidrogen pada reaksi logam Zn dan larutan HCl (McMurry & Fay, 2004:120). Fenomena tersebut dapat direpresentasikan secara simbolik melalui persamaan reaksi redoks, dan secara molekuler melalui gambaran mikroskopik berupa peristiwa penggabungan dan pelepasan oksigen serta serah terima elektron dari satu atom ke atom yang lain.

Penyajian konsep larutan elektrolit dan reaksi redoks di sekolah pada umumnya melibatkan representasi makroskopik dan simbolik saja (Kelly, dkk., 2010:113), sedangkan representasi mikroskopik cenderung diabaikan. Kondisi tersebut menyebabkan siswa kesulitan dalam mempelajari larutan elektrolit dan reaksi redoks pada representasi mikroskopik (Devetak, 2009:281). Langitasari (2014) melaporkan hasil penelitiannya bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam membuat gambar mikroskopik larutan elektrolit. Garnett & Treagust (1992:121) memaparkan kesalahan konsep reaksi redoks yakni reaksi redoks terjadi secara terpisah dan tidak bersamaan dan reaksi autoredox merupakan reaksi yang oksidator dan reduktornya adalah zat yang berbeda.

Berdasarkan hasil penelitian pada larutan elektrolit dan reaksi redoks di atas, dapat disimpulkan bahwa konsep larutan elektrolit dan reaksi redoks merupakan materi yang melibatkan konsep abstrak dan sering terjadi kesalahan konsep. Oleh karena itu, pembelajaran kedua materi tersebut dibutuhkan penjelasan sampai pada

representasi mikroskopik. Tasker & Dalton (2006:141) mengemukakan bahwa banyak kesalahan konsep yang terjadi dalam kimia berasal dari ketidakmampuan untuk memvisualisasikan struktur dan proses pada representasi mikroskopik.

Berdasarkan beberapa fakta kesulitan siswa dalam mempelajari larutan elektrolit dan reaksi redoks pada level mikroskopik, maka diperlukan suatu strategi untuk mengajarkan materi larutan elektrolit dan reaksi redoks sampai pada representasi mikroskopik. Inkuiri merupakan model pembelajaran yang diprediksi dapat diterapkan pada materi larutan elektrolit dan reaksi redoks. Beberapa alasan digunakan inkuiri yaitu: (1)melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran, (2)memberikan kesempatan sebesar-besarnya untuk memperoleh pemahaman, dan (3)siswa mampu menyelesaikan masalah secara mandiri (Sund & Trowbridge, 1973:65-67).

Sund & Trowbridge (1973:67) membagi dua pembelajaran inkuiri berdasarkan petunjuk yang disediakan oleh pengajar yakni inkuiri terbuka dan inkuiri terbimbing. Dalam inkuiri terbimbing guru menyediakan bimbingan dan petunjuk yang luas kepada siswa selama aktivitas pembelajaran. Dalam inkuiri terbuka siswa secara mandiri mengidentifikasi dan merumuskan masalah serta menentukan cara untuk menyelesaikan masalah. Inkuiri terbimbing dirasa lebih tepat diterapkan untuk siswa SMA yang masih belum memiliki bekal pengetahuan yang cukup dalam melaksanakan pembelajaran inkuiri. Menurut Pavelich & Abraham (1977:23) bahwa mahasiswa tingkat satu belum memiliki bekal yang cukup berupa konsep-konsep maupun teknik-teknik kerja di laboratorium untuk melaksanakan inkuiri terbuka. Berdasarkan hasil penelitian di atas, untuk melaksanakan pembelajaran materi larutan elektrolit dan reaksi redoks masih memerlukan bimbingan dari pengajar sehingga digunakan inkuiri terbimbing. Inkuiri terbimbing memiliki beberapa versi, salah satunya yakni *Process-Oriented Guided-Inquiry Learning* (POGIL) dikembangkan oleh Hanson (2005:1). Aktivitas inkuiri terbimbing yang digunakan mengadopsi aktivitas POGIL terdiri lima langkah yaitu: (1)*orientation*, (2)*exploration*, (3)*concept formation*, (4)*application*, dan (5) *closure*.

Yousefzaden dkk. (2007:396) melaporkan pembelajaran inkuiri terbimbing dengan melibatkan kegiatan laboratorium dapat meningkatkan pemahaman dan pengetahuan konseptual kimia. Langitasari (2014:98) melaporkan pembelajaran larutan elektrolit dan reaksi redoks dengan inkuiri terbimbing dengan dipadu animasi statik dan dinamik menunjukkan siswa yang diajar dengan media animasi dinamik memiliki pemahaman representasi makroskopik, simbolik dan mikroskopik lebih tinggi dibandingkan siswa yang diajar media animasi statik.

Berdasarkan temuan di atas, diketahui pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis animasi dapat membantu siswa memahami materi larutan elektrolit dan reaksi redoks dibandingkan inkuiri terbimbing berbasis laboratorium. Pada pembelajaran inkuiri berbasis laboratorium siswa hanya mendapatkan penggambaran melalui percobaan, sedangkan representasi mikroskopik hanya

diperoleh melalui tulisan atau penjelasan. Hal ini tentunya membuat siswa kesulitan membuat hubungan antara konsep representasi makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. Oleh karena itu, jika pembelajaran inkuiri terbimbing dipadu dengan percobaan secara langsung di laboratorium dan animasi video akan memudahkan siswa memahami dan membuat hubungan antara representasi makroskopik, simbolik, dan mikroskopik.

Menurut Johnstone (2010:22) bahwa dari ketiga representasi, representasi makroskopik merupakan kegiatan awal yang harus dilakukan siswa dan bisa bertahan lebih lama pada *long term memory* dan dilanjutkan pada kedua representasi yang lain. Dengan demikian berdasarkan urutan penyajiannya ada dua jalur pembelajaran yaitu representasi simbolik terlebih dahulu baru dilanjutkan representasi mikroskopik (Ma-Sim-Mi) atau representasi mikroskopik terlebih dahulu baru dilanjutkan representasi simbolik (Ma-Mi-Sim). Pada aktivitas POGIL tahap *exploration*, diberikan pembelajaran yang melibatkan representasi makroskopik. Tahap *concept formation* diberikan pembelajaran yang melibatkan representasi mikroskopik dan simbolik.

Pada pembelajaran dengan urutan Ma-Sim-Mi, pembelajaran dimulai dengan melakukan praktikum, menyelesaikan pertanyaan-pertanyaan representasi simbolik dengan mengkomunikasikan fenomena tersebut melalui simbol kimia dan matematika, kemudian dilanjutkan memahami gambaran mikroskopik secara partikulat dari fenomena yang diamati. Pada urutan penyajian Ma-Mi-Sim, pembelajaran dimulai dari percobaan di laboratorium, dilanjutkan mengamati gambaran mikroskopik secara partikulat, dan dikomunikasikan secara simbolik melalui persamaan simbol kimia dan matematika.

Johnstone (2010:22) menyarankan pembelajaran kimia harus melibatkan ketiga representasi atau tiga serangkai dengan urutan representasi Ma-Mi-Sim karena dapat membantu siswa memahami konsep kimia dengan baik. Hal ini sejalan dengan penelitian Tan dkk. (2009:137) yang melaporkan hasil penelitiannya bahwa dengan urutan penyajian representasi Ma-Mi-Sim dapat membantu siswa dalam memahami proses pengendapan. Oleh karena itu, melalui pembelajaran inkuiri terbimbing dipadu urutan penyajian representasi berbeda, diperkirakan memberikan hasil yang berbeda pula, yang ditunjukkan dalam hasil belajar siswa. Berdasarkan uraian di atas, penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh urutan penyajian representasi dalam inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar siswa.

METODE

Jenis penelitian adalah eksperimen semu. Subjek penelitian terdiri dari dua kelompok yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing dengan urutan penyajian representasi makroskopik-mikroskopik-simbolik (Ma-Mi-Sim) dan makroskopik-simbolik-mikroskopik (Ma-Sim-Mi). Setiap kelompok terdiri dari 16 siswa. Skor hasil belajar dikumpulkan dari tes materi larutan elektrolit yang berbentuk esai terdiri dari 23 soal dan reaksi redoks berbentuk esai sebanyak 10 soal dan pilihan

ganda dengan tiga alternatif pilihan jawaban sebanyak 2 soal. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA.

HASIL

Skor rata-rata hasil belajar siswa dalam materi larutan elektrolit dan reaksi redoks siswa kelas Ma-Sim-Mi dan Ma-Mi-Sim disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Belajar Larutan Elektrolit dan Reaksi Redoks Siswa Kelas Ma-Sim-Mi dan Ma-Mi-Sim

Materi		Kelas	
		Ma-Sim-Mi	Ma-Mi-Sim
Larutan Elektrolit	N	16	16
	Rata-rata	73,3	75,3
	SD	14,3	14,8
Reaksi Redoks	N	16	16
	Rata-rata	78,3	80,3
	SD	12,0	14,4

Hasil analisis pengaruh penyajian urutan representasi yang berbeda dalam pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Urutan Penyajian Representasi Berbeda dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Hasil Belajar Siswa

Source	Sig. Dependent Variable	Keputusan Ho
Urutan Penyajian Representasi Berbeda dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap hasil belajar	0,036	Ditolak

PEMBAHASAN

Hasil analisis yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa ada pengaruh urutan penyajian representasi yang berbeda dalam pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar siswa. Dalam hal ini urutan penyajian representasi Ma-Sim-Mi dan Ma-Mi-Sim dalam pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan pengaruh berbeda terhadap hasil belajar siswa pada materi larutan elektrolit dan reaksi redoks, didukung data pada Tabel 1. Diketahui bahwa siswa kelas Ma-Mi-Sim memiliki rata-rata skor hasil belajar lebih tinggi dibandingkan siswa kelas Ma-Sim-Mi. Urutan penyajian representasi Ma-Mi-Sim memberikan hasil belajar yang tinggi dibandingkan dengan urutan penyajian representasi Ma-Sim-Mi. Johnstone (2010:22) bahwa pada kedua kelas pembelajaran dimulai dengan penyajian representasi makroskopik bertujuan agar dapat bertahan lebih lama pada *long term memory*. Penyebabnya yaitu adanya perbedaan penyajian representasi mikroskopik dan simbolik.

Penyajian representasi mikroskopik, siswa mengamati animasi mikroskopik percobaan yang telah dilakukan. Penyajian representasi mikroskopik, membantu siswa dalam menjawab rasa ingin tahu siswa, “mengapa larutan elektrolit dapat

menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan nonelektrolit tidak dapat menghantarkan arus listrik?”. Dari pengamatan animasi mikroskopik siswa dapat mengamati secara langsung dan menyimpulkan, bahwa pada proses pelarutan larutan elektrolit terjadi ionisasi, di dalam larutan elektrolit terdapat ion-ion penyusunnya, sedangkan pada larutan nonelektrolit tidak terjadi ionisasi, di dalam larutan masih tetap dalam bentuk molekul-molekul. Adanya pergerakan ion-ion inilah yang menyebabkan larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik. Sesuai mengamati animasi mikroskopik, siswa diberikan pertanyaan, misalnya “apakah kalian mengerti, apa yang terjadi pada percobaan tersebut?”, dan membimbing siswa untuk membuat gambar mikroskopik pada LKS yang disediakan. Produk dari aktivitas representasi mikroskopik yaitu siswa mampu memahami bahwa ada atau tidak adanya ion-ion yang menyebabkan suatu larutan menghantarkan arus listrik dan mampu menggambarkan gambar mikroskopik dari fenomena makroskopik.

Produk penyajian representasi mikroskopik sejalan dengan beberapa hasil penelitian yang dilakukan oleh Tasker & Dalton (2006:143) memaparkan bahwa animasi mikroskopik merupakan media yang efektif untuk membantu siswa mengkonstruksi dan menggunakan kemampuannya dalam menginterpretasikan fenomena makroskopik. Kelly dkk. (2004:184) yang melaporkan hasil penelitiannya bahwa penggunaan animasi mikroskopik dalam menggambarkan proses kimia dapat membantu siswa memahami pada representasi makroskopik, simbolik, dan mikroskopik.

Pembelajaran terakhir dilanjutkan dengan penyajian representasi simbolik, siswa dibimbing untuk membuat hubungan antara percobaan yang telah dilakukan dengan video animasi mikroskopik yang telah diamati dalam bentuk representasi simbolik, seperti menuliskan persamaan reaksi dan menentukan spesi-spesi di dalam larutan. Siswa kelas Ma-Mi-Sim mampu mengkomunikasikan representasi makroskopik dan mikroskopik dalam bentuk menuliskan persamaan reaksi larutan elektrolit dengan tepat. Hal ini sesuai yang telah dipaparkan oleh Johnstone (2010:22) bahwa representasi simbolik berfungsi sebagai penghubung berupa *natural language* dan *a natural bridge* antara representasi makroskopik dan mikroskopik.

Johnstone (1991:75) mengemukakan bahwa pada hakikatnya ilmu kimia adalah salah satu pelajaran yang kompleks karena melibatkan observasi fenomena, yang diperoleh dari kejadian-kejadian di sekitar kita atau diperoleh dari pengamatan langsung yang konkrit dan melibatkan panca indera (representasi makroskopik). Taber (2013) mengungkapkan bahwa ketiga representasi harus diajarkan, dan tidak ada satu representasi yang superior, tetapi setiap representasi saling melengkapi. Menurut Tuysuz dkk. (2011:152) penggunaan tiga representasi pada pembelajaran kimia sangatlah penting karena dapat membantu siswa belajar kimia dengan lebih lengkap dan mengingat konsep-konsep kimia dengan mudah.

Dalam penelitian ini bahwa urutan penyajian representasi Ma-Mi-Sim dalam pembelajaran inkuiri terbimbing merupakan urutan yang efektif dalam

membantu siswa untuk memahami dan menjelaskan materi larutan elektrolit dan reaksi redoks. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan Tan dkk. (2009:137) yang melaporkan bahwa penyajian urutan representasi makroskopik-mikroskopik-simbolik dapat membantu siswa memahami proses pengendapan siswa kelas 10 pada matapelajaran analisis kualitatif anorganik di Singapura.

Pada urutan penyajian representasi Ma-Sim-Mi, pembelajaran dimulai dengan melakukan percobaan. Produk dari aktivitas representasi makroskopik siswa mampu menggolongkan larutan tersebut ke dalam elektrolit kuat, elektrolit lemah, dan nonelektrolit. Aktivitas representasi simbolik dilakukan dengan menjawab soal-soal yang berkaitan representasi simbolik seperti penulisan persamaan reaksi dan terakhir ditutup kegiatan representasi mikroskopik yaitu mengamati video animasi. Dalam hal ini siswa kelas Ma-Sim-Mi seolah-olah memperoleh informasi yang terpotong, karena setelah praktikum dilanjutkan mengerjakan soal simbolik baru mengamati video animasi mikroskopik. Pembelajaran seperti ini akan menyebabkan siswa kesulitan dalam memahami dan menuliskan persamaan reaksi yang dihubungkan dengan keadaan molekulernya. Hasilnya siswa tidak tepat dalam membuat gambar mikroskopiknya. Kelly dkk. (2010:113) memaparkan bahwa pembelajaran yang hanya menfokuskan pada pembelajaran makroskopik dan simbolik menyebabkan siswa tidak mampu menggambarkan secara mikroskopik dari fenomena yang telah diamati. Penyajian representasi simbolik pada kelas Ma-Sim-Mi tidak dapat menjadi jembatan antara representasi makroskopik dan mikroskopik.

Pada dasarnya penyajian ketiga representasi yaitu makroskopik, simbolik, dan mikroskopik dalam model inkuiri terbimbing bertujuan agar ketiga representasi saling melengkapi dalam menjelaskan fenomena kimia dan pada akhirnya siswa memperoleh pemahaman kimia yang utuh. Hal ini didukung oleh Taber (2013) yang mengungkapkan bahwa ketiga representasi harus diajarkan, dan tidak ada satu representasi yang superior, tetapi setiap representasi saling melengkapi. Begitu juga menurut Tuysuz dkk. (2011:152) bahwa penggunaan tiga representasi pada pembelajaran kimia sangatlah penting karena dapat membantu siswa belajar kimia dengan lebih lengkap dan mengingat konsep-konsep kimia dengan mudah.

SIMPULAN DAN SARAN

Siswa yang dibelajarkan dengan urutan penyajian representasi Ma-Mi-Sim dalam pembelajaran inkuiri terbimbing memiliki hasil belajar lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan urutan penyajian Ma-Sim-Mi.

Pengajar kimia hendaknya menyampaikan konsep kimia dengan melibatkan ketiga representasi dengan urutan penyajian representasi makroskopik-mikroskopik-simbolik (Ma-Mi-Sim), hal ini bertujuan untuk membantu siswa dalam memahami dan menjelaskan konsep kimia secara utuh.

DAFTAR RUJUKAN

- Devetak, I., Lorberb, E.D., Jurisevica, M., & Glazara, S.A. 2009. Comparing Slovenian Year 8 dan Year 9 Elementary School Pupils' Knowledge of Electrolyte Chemistry and their Intrinsic Motivation. *Chemistry Education Research and Practice*, 10:281-290.
- Garnett, P.J. & Treagust, D.F. 1992. Conceptual Difficulties by Senior High School Students of Electrochemistry: Electric Circuit and Oxidation-Reduction Equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2):121-142.
- Hanson, D.M. 2005. *Designing Process-Oriented Guided-Inquiry Activities*. In S.W. Bayerlein & D.K. Apple (Eds.). IL: Pacific Crest.
- Johnstone, A.H. 1993. The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70 (9):701-705.
- Johnstone, A.H. 2010. You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*. 87 (1):22-29.
- Kelly, R.M., Barrera, J.H., & Mohamed, S.C. 2010. An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students' Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions. *Journal of Chemical Education*, 87(1):113-118.
- Kelly, R.M., Phelps, A.J., & Sanger, M.J. 2004. The Effect of a Computer Animation on Students' Conceptual Understanding of a Can-Crushing Demonstration at the Macroscopic, Microscopic, and Symbolic Levels. *The Chemical Educator*, 9:184-189.
- Langitasari, I. 2014. *Pengaruh Animasi Dinamik dan Statik pada Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Pemahaman Makroskopik, Simbolik, dan Mikroskopik Materi Larutan Elektrolit dan Reaksi Redoks Siswa Kelas X SMA Laboratorium UM*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: PPs UM.
- McMurry, J. & Fay, R.C. 2004. *Chemistry: 4th ed*. Upper Saddle River: Prentice Hall
- Pavelich, M.J. & Abraham, M.R. 1977. Guided Inquiry Laboratories for General Chemistry Student. *Journal of College Science*, 7 (1):23-26.
- Sund, R.B. & Trowbridge, L.W. 1973. *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School: Second Edition*. Columbus, Ohio: A Bell & Howell Company.
- Taber, K.S. 2013. Revisiting the Chemistry Triplet: Drawing Upon the Nature of Chemical Knowledge and the Psychology of Learning to Inform Chemistry Education. *The Royal Society of Chemistry*. 14: 156-168.
- Tan, K.C.D., Goh, N.K., Chia, L.S., & Treagust, D. 2009. Linking the Macroscopic, Sub-microscopic and Symbolic Levels: The Case of Inorganic Qualitative Analysis. Dalam Gilbert, J.K. & Treagust, D (Eds.),

Multiple Representations in Chemical Educations, Models and Modeling in Science Education 4 (hlm.137-150). Springer: Science Business Media.

Tasker, R & Dalton, R. 2006. Research Into Practice: Visualisation of The Moleculer World Using Animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2):141-159.

Tuysuz, M., Ekiz, B., Bektas, O., Uzuntiryaki, E., Tarkin, A., & Kutucu, E.S. 2011. Pre-service Chemistry Teachers' Understanding of Phase Changes and Dissolution at Macroscopic, Symbolic, and Microscopic Levels. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15:152-455.

Yousefzaden, M.J., Martin, E.M., & Rogers, A.L. 2007. A Guided-Inquiry Approach to the General Chemistry Laboratory. *Chemical Education*, 12 (6) :396-397.

Yanti Rosinda Tinenti_Pembelajaran Kimia

Efektivitas Penerapan Pendekatan *Contextual Teaching and Learning (CTL)* yang Diintegrasikan dengan Modul Praktikum IPA SMP dalam Materi Pokok Bahan Kimia Rumah Tangga pada Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu

Yanti Rosinda Tinenti

Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP Universitas Widya Mandira

Jalan Jend. Achmad Yani No.50-52 Kupang - NTT

e-mail: yantitinenti@gmail.com

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan efektivitas penerapan pendekatan CTL yang diintegrasikan dengan modul praktikum IPA SMP. Efektivitas tersebut dilihat dari pencapaian Kompetensi Inti (KI) 1, 2, 3 dan 4 pada siswa SMPK Muder Teresa Sikumana tahun ajaran 2014 - 2015, yang diajarkan dengan menggunakan perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan modul praktikum pada Pendekatan CTL. Rancangan penelitian yang digunakan adalah *one shot key study*. Subyek dalam penelitian ini adalah siswa kelas VII SMPK Muder Teresa Oebufu tahun ajaran 2014 - 2015. Adapun instrumen yang digunakan adalah lembar observasi sikap spiritual dan lembar observasi sikap sosial untuk melihat pencapaian KI 1 dan 2. Tes hasil belajar untuk melihat pencapaian KI 3, dan lembar observasi keterampilan psikomotor untuk melihat pencapaian KI 4. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan bahwa pencapaian KI 1 dan 2 (aspek sikap spiritual dan sosial) siswa memperoleh skor terendah 3 dengan kategori baik untuk sebagian kecil aspek yang diamati, dan sebagian besar aspek memperoleh skor 4 dengan kategori sangat baik. Pencapaian KI 3 (aspek pengetahuan) dapat diungkapkan bahwa hasil belajar siswa dikatakan tuntas dengan rata-rata nilai yang diperoleh adalah 76,44. Pencapaian KI 4 (aspek keterampilan) siswa memperoleh skor terendah 2 pada "kategori dapat dilakukan dengan tepat disertai banyak bantuan guru" untuk sebagian kecil aspek yang diamati, dan sebagian besar aspek memperoleh skor 4 pada kategori "dapat dilakukan dengan tepat tanpa bantuan guru". Oleh karena itu penerapan pendekatan CTL yang telah diintegrasikan dengan modul praktikum IPA SMP dikatakan efektif.

Kata Kunci: modul praktikum, pendekatan *Contextual Teaching and Learning (CTL)*, SMK Muder Teresa Oebufu

Abstract: The aim of this study was to describe the effectiveness of the application of CTL approach that was integrated with the module of science practical junior high school. The effectiveness was seen from the achievement of core competencies 1, 2, 3 and 4 in the students of SMPK Muda Teresa Sikumana academic year 2014 - 2015, taught by using learning tools that integrated with the practicum module on CTL approach. The research design used one shot key study. The subjects in this study were students of class VII SMPK Muder Teresa Oebufu School Year 2014 - 2015. The instruments used observation sheet of spiritual attitude and social attitude observation sheet to see the achievement of KI 1 and 2. The test of learning result to see the achievement of KI 3, and observation sheet of psychomotor skill to see

the achievement of KI 4. This research showed that the achievement of KI 1 and 2 (aspects of spiritual and social attitudes) students got the lowest score of 3 with good categories for a small part of the observed aspects, and most aspects got a score of 4 with very good category. Achievement of KI 3 (knowledge aspect) could be disclosed that the student learning outcomes in say complete with the average value obtained was 76,44. Achievement of KI 4 (skill aspect) students got the lowest score 2 with the category "can be done appropriately with a lot of teacher assistance" for a few aspects observed, and most aspects got score 4 with category "can be done appropriately without teacher assistance". Therefore, the application of CTL approach that has been integrated with the module of science IPP SMP was said to be effective.

Keywords: practical module, contextual teaching and learning (CTL) approach, SMK Muder Teresa Oebufu

Sebagai pencetak tenaga guru maka FKIP Program Studi Pendidikan Kimia Unwira Kupang perlu terus meningkatkan kualitas lulusan yang akan berperan sebagai tenaga pendidik. Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa lulusan Program Studi pendidikan Kimia hanya akan mengabdikan pada jenjang SMA dan sederajat. Hal ini dapat berdampak pada pengangguran sarjana kimia. Berdasarkan masalah ini, Program Studi perlu mempersiapkan mahasiswa calon guru agar mampu bersaing di lapangan, dan tidak hanya berpotensi untuk mengajar pada jenjang SMA, melainkan pada jenjang SMP dan SD.

Kurikulum 2013 pada tingkat SD tidak ada mata pelajaran IPA tetapi sudah terintegrasi dalam tematik. Sebagai contoh tema tentang lingkungan. Siswa SD kelas VI, siswa diharapkan mampu mengenal dan menyebutkan zat yang berbahaya dalam rumah tangga. Sementara di IPA SMP Kelas VII mampu mengidentifikasi bahan kimia dalam rumah tangga. Dengan demikian seorang guru dituntut mampu mengembangkan proses pembelajaran di kelas yang dapat menghantarkan siswa pada pencapaian indikator tersebut. Kenyataan di lapangan bahwa guru mengalami kesulitan dalam merancang kegiatan yang menggunakan pendekatan saintifik yaitu keterampilan proses penyelidikan bagi siswa/i SD maupun SMP.

Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 8 tahun 2012 mengenai Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) pasal 5 yang menjelaskan kualifikasi bahwa capaian pembelajaran untuk S1 adalah kemampuan yang diperoleh melalui internalisasi pengetahuan, sikap, keterampilan, kompetensi, dan akumulasi pengalaman kerja. Ditegaskan pula oleh Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (DIKTI) Tahun 2013 bahwa lulusan pendidikan akademik pada program sarjana mampu menerapkan ilmu pengetahuan dan/atau teknologi di bidang keahliannya melalui penalaran ilmiah berdasarkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif; mengkaji pengetahuan dan/atau teknologi di bidang keahliannya berdasarkan kaidah keilmuan, atau menghasilkan karya desain/seni beserta deskripsinya berdasarkan kaidah atau metoda rancangan baku, yang disusun

dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir; mempublikasikan hasil tugas akhir atau karya desain/ seni, yang memenuhi syarat tata tulis ilmiah, dan dapat diakses oleh masyarakat akademik; menyusun dan mengkomunikasikan ide dan informasi bidang keilmuannya secara efektif, melalui berbagai bentuk media kepada masyarakat akademik; mengambil keputusan secara tepat berdasarkan analisis dalam melakukan supervisi dan evaluasi terhadap pekerjaan yang menjadi tanggungjawabnya; dan mengelola pembelajaran diri sendiri; mengembangkan dan memelihara jaringan kerja dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya. Dalam mencapai apa yang diarahkan oleh Direktorat pendidikan Tinggi (DIKTI) tersebut di atas, kepada Perguruan tinggi (PT) yang menghasilkan tenaga guru maka kita pun wajib mematuhi dan menerapkan dalam pembelajaran di perkuliahan. Dosen diharapkan mampu mengarahkan mahasiswa sesuai materi ajar untuk mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh dan dikaitkan dengan kebutuhan di masyarakat.

Selain arahan dari DIKTI pada tahun 2013 mengenai kurikulum di Perguruan Tinggi, juga mengenai pembinaan kegiatan mahasiswa dukungan kepada para mahasiswa yang bertujuan untuk mengembangkan potensi, menyalurkan bakat, minat dan kemampuannya dalam bidang tertentu melalui organisasi yang dapat menambah wawasan keilmuan, pembentukan karakter/sikap, dan keterampilan. Dengan demikian, Perguruan Tinggi wajib mengembangkan kreativitas mahasiswa untuk mencapai tujuan tersebut di atas.

Mata kuliah Kimia Analitik I (Analisis Kualitatif) dan Kimia Analitik II (Analisis Kuantitatif) dipelajari oleh mahasiswa Program Studi Kimia yang berada pada tahun ke 2, pada semester gasal dan semester genap. Dalam proses perkuliahan mahasiswa tidak hanya diarahkan untuk mendalami materi pada mata kuliah tersebut, namun lebih dari itu mahasiswa perlu diarahkan oleh dosen untuk mengaplikasikan materi tersebut pada bidang profesi yang akan digelutinya nanti. Hal ini perlu dilakukan secara berkesinambungan setiap semester.

Pada semester Genap, tahun ajaran 2013 - 2014, telah dilakukan penelitian yang melibatkan mahasiswa untuk mengaplikasikan pengetahuan yang mereka peroleh pada mata kuliah Kimia Analitik I (Analisis Kualitatif) dengan judul "Pengembangan Modul Praktikum IPA SMP oleh Mahasiswa FKIP Program Studi Kimia Unwira". Dalam penelitian ini telah dihasilkan suatu modul praktikum IPA SMP yang layak dari segi validitas, maupun dari segi efektivitas penerapannya. Modul praktikum ini dikatakan efektif berdasarkan penguasaan keterampilan proses mahasiswa dalam merancang dan mengujicobakan eksperimen-eksperimen dalam modul yang dikembangkan.

Selain mengembangkan modul praktikum yang disesuaikan dengan perkembangan kurikulum pada tingkat SMP saat ini, mahasiswa calon guru perlu menerapkan modul praktikum tersebut dalam proses pembelajaran dikelas yang sesungguhnya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengajarkan bagaimana mahasiswa calon guru menerapkan modul praktikum yang telah mereka

kembangkan dalam kegiatan belajar mengajar di kelas yang sesungguhnya. Dalam penelitian ini mahasiswa diarahkan untuk mengintegrasikan eksperimen-eksperimen dalam modul praktikum yang telah dikembangkan dalam suatu model, pendekatan, atau metode, yang merujuk pada keterlaksanaan Kurikulum 2013, dan menerapkannya pada proses pembelajaran di kelas.

Menurut Blanchard dalam Suryanti dkk. (2008: 12) CTL atau pengajaran dan pembelajaran kontekstual merupakan suatu konsepsi yang membantu guru mengaitkan konten mata pelajaran dengan situasi dunia nyata dan memotivasi siswa membuat hubungan antara pengetahuan dan penerapannya dalam kehidupan nyata. Modul Praktikum IPA SMP yang telah dikembangkan mahasiswa pada penelitian sebelumnya berkaitan dengan bagaimana prosedur ilmiah yang harus dilakukan siswa agar dapat mengidentifikasi zat-zat kimia berbahaya yang terdapat dalam produk makanan olahan dan jajanan dalam kehidupan sehari-hari siswa. CTL merupakan salah satu pendekatan dalam pengajaran yang dicanangkan dalam kurikulum 2013. Dengan demikian sangat tepat jika CTL dijadikan sebagai pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan Modul Praktikum IPA SMP yang telah dikembangkan mahasiswa pada penelitian sebelumnya.

Masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana efektivitas penerapan pendekatan CTL yang diintegrasikan dengan modul praktikum IPA SMP pada materi pokok bahan kimia rumah tangga pada siswa SMPK Muder Teresa Oebufu”.

METODE

Jenis penelitian ini adalah deskriptif, Subyek dalam penelitian adalah siswa SMPK Muder Teresa Oebufu sebanyak 77 siswa. Rancangan penelitian yang digunakan adalah *One Shot Key Study Design*. Penelitian ini dilakukan di SMPK Muder Teresa Sikumana Kupang selama semester gasal tahun ajaran 2014 - 2015, dimulai dari bulan Agustus 2014 sampai dengan Februari 2015.

Adapun instrumen yang digunakan adalah lembar observasi sikap spiritual dan lembar observasi sikap sosial untuk melihat pencapaian KI 1 dan 2. Tes hasil belajar untuk melihat pencapaian KI 3, dan lembar observasi keterampilan psikomotor untuk melihat pencapaian KI 4.

Teknik yang digunakan untuk menganalisis data keterampilan psikomotor yang diperoleh berdasarkan aspek-aspek yang dinilai selama siswa melakukan praktikum, dan data sikap sosial serta sikap spiritual selama siswa mengikuti proses pembelajaran adalah dengan teknik deskriptif kuantitatif yaitu dengan menyekor masing-masing aspek tersebut. Hasil penyekoran dideskripsikan Tabel 1.

Tabel 1. Teknik analisis data aspek sikap spiritual, sikap sosial, dan keterampilan psikomotorik (KI 1, KI 2, dan KI 4)

Rentang skor	Aspek Sikap Spiritual dan sikap sosial (KI1 dan KI 2)	Aspek Keterampilan psikomotorik (KI 4)
1,0 ≤ TPM ≤ 1,5 :	berarti “sangat kurang”	Dilakukan benar dengan sepenuhnya dibantu oleh guru
1,6 ≤ TPM ≤ 2,5 :	berarti “kurang”	Dilakukan benar dengan sebagian besar dibantu oleh guru
2,6 ≤ TPM ≤ 3,5 :	berarti “baik”	Dilakukan benar dengan sedikit bantuan guru
3,6 ≤ TPM ≤ 4,0 :	berarti “sangat baik”	Dilakukan benar tanpa bantuan guru

Keterangan:

TPM = Tingkat Penguasaan Siswa (Ratumanan & Lourens, 2006: 105-106)

Teknik analisis data yang digunakan untuk melihat hasil belajar siswa pada aspek KI3 adalah:

$$\text{Nilai KI 3} = \frac{\text{jumlah skor tes yang diperoleh siswa}}{\text{skor maksimum}} \times 100 \quad (1)$$

Hasil belajar siswa dikatakan tuntas apabila nilai yang diperoleh siswa adalah ≥ 76 .

HASIL

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk melihat ketercapaian kompetensi inti (KI) 1 - 4 pada siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014 - 2015. KI 1, terkait dengan kompetensi sikap spiritual siswa, yang diamati selama proses pembelajaran berlangsung dengan menggunakan lembar pengamatan sikap spiritual siswa. KI 2 mencakup kompetensi sikap sosial siswa yang diamati selama proses pembelajaran dengan menggunakan lembar pengamatan sikap sosial siswa. KI 3 mencakup penguasaan aspek pengetahuan yang diukur dengan menggunakan tes hasil belajar. KI 4 terkait dengan keterampilan psikomotor siswa, yang diamati selama siswa melakukan kegiatan eksperimen pada kegiatan inti dalam proses pembelajaran, dan dinilai dengan menggunakan lembar pengamatan keterampilan psikomotor siswa. Data hasil penelitian terkait dengan tujuan ini dapat diungkapkan sebagai berikut:

Pencapaian KI 1

Pengamatan terhadap KI 1 dilakukan oleh mahasiswa pada tiap kelompok siswa dengan data seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Pencapaian KI 1 siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015.

Kelompok	Aspek yang dinilai			
	1	2	3	4
1	4	4	4	4
2	4	4	4	4
3	4	4	4	4
4	4	4	4	4
5	4	4	4	4
6	4	4	4	4
7	4	4	4	4
8	4	4	4	4
9	4	4	4	4
10	4	4	4	4
11	4	4	4	4

Keterangan:

1. Menunjukkan sikap doa yang baik sebelum dan sesudah mengikuti proses pembelajaran sesuai dengan agama yang dianut.
2. Menunjukkan sikap menggagungkan kebesaran Tuhan ketika mempelajari tentang materi bahan kimia rumah tangga.
3. Menunjukkan rasa syukur atas anugerah Tuhan ketika memahami bahwa materi yang dipelajari sangat berguna bagi kelangsungan hidupnya.
4. Menunjukkan perilaku bersyukur ketika berhasil mengerjakan praktikum yang terkait dengan identifikasi bahan kimia rumah tangga.

Pencapaian KI 2

Pengamatan terhadap KI 2 dilakukan oleh mahasiswa pada tiap kelompok siswa dengan data ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pencapaian KI 2 Siswa SMPK Muder Teresa Sikumana Tahun Ajaran 2014/2015

Kelompok	Aspek yang Dinilai								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	4	4	4	3	4	2	4	4
2	4	4	4	4	3	4	2	4	4
3	4	4	4	4	3	4	3	4	4
4	4	4	4	4	3	4	3	4	4
5	4	4	4	4	4	4	2	4	4
6	4	4	4	4	4	4	2	4	4
7	4	4	4	4	4	4	3	4	4
8	4	4	4	4	3	4	3	4	4
9	4	4	4	4	4	4	3	4	4
10	4	4	4	4	3	4	3	4	4
11	4	4	4	4	3	4	3	4	4

Keterangan:

1. Siswa menunjukkan rasa ingin tahu ketika mempelajari tentang materi bahan kimia dalam rumah tangga, zat aditif, dan psikotropika.
2. Siswa menunjukkan sikap jujur dalam menggunakan data percobaan, (menggunakan data apa adanya, dan hasilnya sesuai dengan data percobaan).
3. Siswa menunjukkan sikap disiplin selama mengikuti proses pembelajaran baik dalam melakukan percobaan, melaporkan, maupun mendengarkan arahan dari guru.
4. Siswa menunjukkan sikap disiplin dengan tetap berada di tempat selama proses pembelajaran berlangsung.
5. Siswa menunjukkan sikap teliti dalam mengolah data dan menganalisis data percobaan yang dilakukan.

6. Siswa menunjukkan sikap bekerja sama antar teman dalam kelompok, baik dalam menyelesaikan tugas secara kelompok maupun tugas individu selama proses pembelajaran.
7. Siswa menunjukkan sikap santun dalam berkomentar, dan salam menanggapi pertanyaan guru dan teman.
8. Siswa menunjukkan sikap bertanggung jawab selama proses pembelajaran berlangsung, menggunakan peralatan praktikum dengan ulet dan mengembalikannya ditempat semula.
9. Siswa menunjukkan sikap tanggung jawab dengan membersihkan peralatan praktikum sesudah melakukan praktikum.

Pencapaian KI 3

Pencapaian aspek pengetahuan siswa pada materi pokok “Bahan Kimia Rumah Tangga” diukur dengan instrumen Tes Hasil Belajar (THB). Dalam THB terdiri dari 14 soal uraian, yang disusun berdasarkan indikator dan tujuan pembelajaran yang dikembangkan dari standar kompetensi dan kompetensi dasar. Ketercapaian KI 3 (aspek pengetahuan) pada 77 siswa subyek penelitian dapat diungkapkan pada tabel 4.

Tabel 4. Ketercapaian KI 3 (Aspek Pengetahuan) Siswa.

No siswa	Nilai	No siswa	Nilai	No siswa	Nilai
1	78,57	28	71,43	55	78,57
2	78,57	29	78,57	56	50,57
3	78,57	30	78,57	57	80,89
4	78,57	31	50,57	58	81,75
5	78,57	32	80,89	59	78,57
6	78,57	33	81,75	60	78,57
7	71,43	34	65,50	61	71,43
8	78,57	35	78,57	62	78,57
9	78,57	36	78,57	63	85,71
10	78,57	37	71,43	64	78,57
11	85,71	38	78,57	65	76,51
12	78,57	39	50,55	66	68,70
13	76,51	40	78,57	67	78,57
14	68,70	41	78,57	68	78,57
15	80,56	42	85,71	69	85,71
16	88,59	43	78,57	70	78,57
17	78,57	44	76,51	71	76,51
18	76,51	45	68,70	72	68,70
19	78,57	46	80,56	73	80,56
20	79,50	47	88,59	74	88,59
21	80,56	48	78,57	75	78,57
22	84,50	49	79,50	76	50,57
23	77,56	50	80,56	77	68,50
24	78,59	51	84,50	Rata-rata	76,44
25	60,57	52	77,56		
26	66,59	53	76,51		
27	78,50	54	68,70		

Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel 4 di atas dapat diungkapkan bahwa, hasil belajar 77 siswa pada aspek pengetahuan KI 3 dikatakan tuntas dengan nilai rata-rata 76,44.

Pencapaian KI 4

Pengamatan terhadap KI 4 dilakukan oleh mahasiswa pada tiap kelompok siswa dengan data sebagai berikut:

a. Kelompok 1

Siswa yang tergabung dalam kelompok 1 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan pendekatan CTL dan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) yang diintegrasikan berjudul “Mengidentifikasi kation Fe^{2+} dan Fe^{3+} pada sayur kangkung darat”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 1 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
Menyiapkan beberapa batang yang muda dan beberapa helai daun kangkung kemudian direbus dengan menggunakan air sampai matang, diamkan selama beberapa waktu amati perubahan yang terjadi.	4
Menyiapkan beberapa batang kangkung, menghaluskan daun dan batang kangkung tersebut menggunakan mortal dan alu dengan menambahkan sedikit air.	4
Mengambil ekstrak kangkung tersebut kemudian, di masukan pada empat buah tabung reaksi menggunakan pipet tetes	3
Pada tabung reaksi pertama, tambahkan 5 tetes Larutan KSCN	3
Pada tabung reaksi kedua, tambahkan 5 tetes Larutan $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	3
Pada tabung reaksi ketiga, tambahkan 5 tetes Larutan NaOH	3
Pada tabung reaksi keempat, tambahkan 5 tetes Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{S}$	3

b. Kelompok 2

Siswa yang tergabung dalam kelompok 2 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan pendekatan CTL dan LKS yang diintegrasikan berjudul “Identifikasi kation Mg^{2+} (Magnesium), Na^+ (Natrium), dan K^+ (Kalium) dalam air kelapa muda”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 6.

c. Kelompok 3

Siswa yang tergabung dalam kelompok 3 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan pendekatan CTL dan LKS yang diintegrasikan berjudul “Identifikasi kation besi (Fe^{2+} dan Fe^{3+}), mangan (Mn^{2+}), dan kalsium (Ca^{2+}) dalam air sumur dan air PDAM”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 7.

Tabel 6. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 2 Siswa SMPK Muder Teresa Sikumana Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
Pipet air kelapa muda, masukkan dalam cawan poselin sekitar 10 tetes, tambahkan HCl pekat dan alcohol absolute, bakar dan amati warna nyala.	3
Siapkan 6 buah tabung reaksi	4
Pipet air kelapa muda dan masukkan ke dalam 6 buah tabung reaksi, masing-masing 5 tetes.	3
Pada tabung reaksi 1, teteskan beberapa tetes larutan NH ₃ dan Na ₂ HPO ₄	3
Pada tabung reaksi 2, teteskan beberapa tetes pereaksi magneson	3
Pada tabung reaksi 3, teteskan beberapa tetes pereaksi titan kuning	3
Pada tabung reaksi 4, teteskan beberapa tetes pereaksi uranil asetat (Zn(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ UO ₂ (C ₂ H ₃ O ₂).6H ₂ O.)	3
Pada tabung reaksi 5, teteskan beberapa tetes larutan HClO ₄	3
Pada tabung reaksi 6, teteskan beberapa tetes larutan Na ₃ Co(NO ₂) ₆	3

Tabel 7. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 3 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
<u>Identifikasi Fe²⁺ dan Fe³⁺</u>	
Memasukkan sampel air kedalam gelas kimia diamkan selama beberapa waktu amati perubahan yang terjadi.	4
Masukan sampel air pada pada empat buah tabung reaksi menggunakan pipet tetes	4
Pada tabung reaksi pertama, tambahkan 5 tetes Larutan KSCN	3
Pada tabung reaksi kedua, tambahkan 5 tetes Larutan K ₄ Fe(CN) ₆	3
Pada tabung reaksi ketiga, tambahkan 5 tetes Larutan NaOH	3
Pada tabung reaksi keempat, tambahkan 5 tetes Larutan (NH ₄) ₂ S.	3
Amati perubahan yang terjadi	4
<u>Identifikasi ion mangan (Mn²⁺)</u>	
Masukkan sampel air dalam sebuah gelas kimia tambahkan H ₂ O ₂ dan NaOH	3
Pisahkan endapan yang terbentuk dengan menggunakan kertas saring	2
Masukkan endapan kedalam sebuah tabung reaksi, dan tambahkan larutan HNO ₃ dan NaBiO ₃	2
Amati perubahan yang terjadi	4
<u>Identifikasi ion kalsium (Ca²⁺)</u>	
Panaskan sampel air sebanyak 10 mL dengan menggunakan cawan penguap, diamkan dan saring endapannya.	4
Masukkan endapan kedalam cawan penguap, tambahkan HCl pekat dan alcohol absolute, lalu bakar dan amati warna nyala.	2
Masukkan 10 mL sampel air kedalam gelas kimia dan tambahkan larutan (NH ₄) ₂ CO ₃ .	3
Saring endapan. Masukkan endapan kedalam gelas kimia tambahkan HNO ₃ dan larutkan dalam alcohol absolute.	2
Pisahkan filtrate dengan residunya.	2
Filtrate dimasukkan dalam gelas kimia, tambahkan air dan (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ .	2
Saring endapan dan uji endapan dengan reaksi nyala sesuai dengan langkah no 2).	2

d. Kelompok 4

Siswa yang tergabung dalam kelompok 4 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan pendekatan CTL dan LKS yang diintegrasikan berjudul “Identifikasi kation Ca^{2+} (kalsium) dalam sayuran”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 4 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
Ambil sampel sayur kangkung secukupnya baik batang maupun daun. Lumatkan dengan air, pisahkan filtratnya	4
Masukkan 10 mL filtrat kedalam gelas kimia dan tambahkan larutan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, dan saring endapan.	3
Masukkan endapan kedalam gelas kimia tambahkan HNO_3 dan larutkan dalam alcohol absolute.	2
Pisahkan filtrate dengan residunya.	
Filtrate dimasukkan dalam gelas kimia, tambahkan air dan $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$.	3
Saring endapan tambahkan HCl pekat dan alcohol absolute, kemudian bakar dan amati warna nyala.	2
Ganti sampel dengan sayuran yang lain dan lakukan percobaan sesuai dengan langkah 1 sampai 5.	3

e. Kelompok 5

Siswa yang tergabung dalam kelompok 5 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan pendekatan CTL dan LKS yang diintegrasikan berjudul “Identifikasi kation-kation dibatasi pada Kation Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Dan K^+ dalam minuman isotonik”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 5 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
Identifikasi ion magnesium (Mg^{2+}), Kalium (K^+), dan Natrium (Na^+)	
Pipet sampel minuman isotonik, masukkan dalam cawan poselin sekitar 10 tetes, tambahkan HCl pekat dan alcohol absolute, bakar dan amati warna nyala.	3
Siapkan 6 buah tabung reaksi	4
Pipet air sampel minuman isotonik dan masukkan ke dalam 6 buah tabung reaksi, masing-masing 5 tetes.	3
Pada tabung reaksi 1, teteskan beberapa tetes larutan NH_3 dan Na_2HPO_4	3
Pada tabung reaksi 2, teteskan beberapa tetes pereaksi magneson	3
Pada tabung reaksi 3, teteskan beberapa tetes pereaksi titan kuning	3
Pada tabung reaksi 4, teteskan beberapa tetes pereaksi uranil asetat ($\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{UO}_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	3
Pada tabung reaksi 5, teteskan beberapa tetes larutan HClO_4	3
Pada tabung reaksi 6, teteskan beberapa tetes larutan $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$	3
Amati perubahan yang terjadi dan tuliskan dalam data pengamatan berikut.	3
Identifikasi ion kalsium (Ca^{2+}).	
Panaskan sebanyak 10 mL sampel minuman isotonic dengan menggunakan cawan penguap, diamkan dan saring endapannya.	3
Masukkan endapan kedalam cawan penguap, tambahkan HCl pekat dan alcohol absolute, lalu bakar dan amati warna nyala.	2
Masukkan 10 mL sampel minuman isotonic kedalam gelas kimia dan tambahkan larutan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.	3
Saring endapan. Masukkan endapan kedalam gelas kimia tambahkan HNO_3 dan larutkan dalam alcohol absolute.	2
Pisahkan filtrate dengan residunya.	2
Filtrate dimasukkan dalam gelas kimia, tambahkan air dan $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$.	2
Saring endapan dan uji endapan dengan reaksi nyala sesuai dengan langkah no 2)	2

f. Kelompok 6

Siswa yang tergabung dalam kelompok 6 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan pendekatan CTL dan LKS yang diintegrasikan berjudul “Mengidentifikasi kation tembaga (Cu^{2+}) dan besi (Fe^{2+} dan Fe^{3+}) pada kacang panjang”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 6 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
<u>Identifikasi ion besi (Fe^{2+} dan Fe^{3+})</u>	
Menyiapkan sampel kacang panjang secukupnya kemudian direbus dengan menggunakan air sampai matang, diamkan selama beberapa waktu amati perubahan yang terjadi.	4
Menyiapkan beberapa sampel kacang panjang secukupnya, menghaluskan sampel kacang panjang tersebut menggunakan mortal dan alu dengan menambahkan sedikit air.	4
Mengambil ekstrak sampel kacang panjang tersebut kemudian, di masukan pada empat buah tabung reaksi menggunakan pipet tetes	3
Pada tabung reaksi pertama, tambahkan 5 tetes Larutan KSCN	3
Pada tabung reaksi kedua, tambahkan 5 tetes Larutan $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	3
Pada tabung reaksi ketiga, tambahkan 5 tetes Larutan NaOH	3
Pada tabung reaksi keempat, tambahkan 5 tetes Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.	3
<u>Identifikasi ion tembaga (Cu^{2+})</u>	
Lakukan seperti pada langkah 2) dan 3) pada identifikasi besi.	4
Masukan ekstrak kacang panjang pada tabung reaksi dan tetes kan NH_3 6 M sampai berlebih (bau keras).	2
Pada larutan tersebut di tetesi HCl 2 M kemudian di tetesi lagi dengan $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$.	3

g. Kelompok 7

Siswa yang tergabung dalam kelompok 7 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan model *PBI* dan LKS yang diintegrasikan berjudul “Mengidentifikasi Boraks Dengan Menggunakan Indikator Alam dan Uji Nyala”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 11.

h. Kelompok 8

Siswa yang tergabung dalam kelompok 8 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan model *PBI* dan LKS yang diintegrasikan berjudul “Mengidentifikasi Formalin Pada Bahan Makanan”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 12.

Tabel 11. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 7 Siswa SMPK Muder Teresa Oeufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
<u>Pengamatan cirri fisik sebagai pemeriksaan pendahuluan.</u>	
Lakukan uji pendahuluan dengan cara mengamati sampel pentolan bakso, mie basah, dan tahu.	4
Catat ciri-ciri fisik sampel yang teramati dalam table data pengamatan.	4
Apabila hasil pengamatan terhadap tampilan bahan makanan, sesuai dengan cirri fisik yang sudah dibahas dalam teori (menunjukkan bahwa mengang boraks), lanjutkan pengidentifikasian dengan prosedur pada kegiatan 2, 3, dan 4	4
<u>Pembuatan blanko sebagai pembanding.</u>	
Menyiapkan alat dan bahan.	4
Mengambil sebagian boraks yang di uji.	4
Masukan boraks ke dalam tabung reaksi yang telah di beri nomor.	4
Masukan ekstrak kunyit ke dalam tabung reaksi.aduk hingga merata, amati perubahan yang terjadi.	3
Apabila dalam tabung reaksi terjadi perubahan warna menjadi merah kecoklatan berarti boraks dapat diidentifikasi dalam beberapa makanan.	
<u>Identifikasi boraks dengan menggunakan indikator alam pada sampel bahan makanan.</u>	
Menyiapkan alat dan bahan.	4
Mengambil sebagian sampel makanan yang di uji.	4
Menumbuk dan menghancurkan sample yang di uji (mie basah, tahu, dan pentol).	4
Masukan sample ke dalam tabung reaksi yang telah di beri nomor.	3
Tambahkan sedikit air ke dalam tabung reaksi untuk mendapatkan kaldu.	
Masukan ekstrak kunyit ke dalam masing – masing tabung reaksi, aduk hingga merata, amati perubahan yang terjadi.	3
Apabila dalam tabung reaksi terjadi perubahan warna menjadi merah kecoklatan berarti sample positif mengandung boraks.	3
<u>Identifikasi boraks dengan reaksi nyala</u>	
Menyiapkan alat dan bahan	4
Mengambil sebagian sampel makanan yang diuji (mie basah, tahu, dan pentol).	4
Menumbuk dan menghaluskan sampel makanan dan tambahkan sedikit aquades.	4
Menyaring sampel makanan menggunakan kertas saring di dalam cawan porselen, kemudian panaskan filtratnya hingga kering .	2
Menambahkan 10 tetes H ₂ SO ₄ pekat dan 2 ml metanol kedalam cawan porselen yang berisi residu sampel.	3
Nyalakan dengan korek api dan amati warna dari nyala api. Amati apa perubahan yang terjadi.	3
Apabila timbul api berwarna hijau berarti sampel positif mengandung boraks.	

Tabel 12. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 8 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015.

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
<u>Pembuatan blanko kunyit serta $KMnO_4$ dan formalin</u>	
Siapkan plat tetes	4
Beri no 1 dan 2 pada 2 baris plat tetes.	4
Nomor 1, masukkan formalin dan tetesi larutan $KMnO_4$. Amati perubahan yang terjadi	3
Nomor 2, masukkan formalin dan tetesi dengan ekstrak kunyit. Amati perubahan warna yang terjadi.	3
<u>Prosedur mengidentifikasi formalin pada bahan makanan dengan menggunakan larutan $KMnO_4$.</u>	
Siapkan sampel mie dan bakso secara terpisah.	4
Lumatkan sampel mie dan bakso, campurkan dengan air.	4
Ambil filtrat mie dan bakso.	3
Siapkan plat tetes, beri label nomor 1 dan 2 pada baris 1 dan 2	4
Masukkan filtrat mie pada baris yang di beri label no 1	4
Masukkan filtrat bakso pada baris yang di beri label no 2	4
Tetaskan larutan $KMnO_4$ pada mie dan bakso	3
Amatilah perubahan warna dan bandingkan dengan warna blanko $KMnO_4$ dan formalin pada prosuder 1.	
<u>Prosedur mengidentifikasi formalin pada bahan makanan dengan menggunakan ekstrak kunyit.</u>	
Siapkan sampel mie dan bakso secara terpisah.	4
Lumatkan sampel mie dan bakso, campurkan dengan air.	4
Ambil filtrat mie dan bakso	4
Siapkan plat tetes, beri label nomor 1 dan 2 pada baris 1 dan 2	4
Masukkan filtrat mie pada baris yang di beri label no 1	4
Masukkan filtrat bakso pada baris yang di beri label no 2	4
Tetaskan ekstrak kunyit pada mie dan bakso	4
Amatilah perubahan warna dan bandingkan dengan warna blanko ekstrak kunyit dan formalin pada prosuder 1.	

i. Kelompok 9

Siswa yang tergabung dalam kelompok 9 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan model *PBI* dan *LKS* yang diintegrasikan berjudul “Mengidentifikasi merkuri (Hg_2^{2+}) dalam krim pemutih”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 13.

j. Kelompok 10

Siswa yang tergabung dalam kelompok 10 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan model *PBI* dan *LKS* yang diintegrasikan berjudul “Identifikasi Sianida (CN^-) dalam Bayam”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 14.

Tabel 13. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 9 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
<u>Pembuatan KI 0,5 M</u>	
Menghitung massa <i>Kalium Iodida</i> yang diperlukan untuk membuat 25 mL KI 0,5 N.	2
Menimbang massa KI yang diperlukan, lalu dimasukkan ke dalam gelas kimia yang telah terisi 10 ml aquades.	2
Memasukkan larutan KI yang telah dibuat ke dalam labu ukur 25 ml dan menambahkan sedikit demi sedikit aquades sampai tanda batas pada labu ukur, lalu mengaduknya sampai tercampur rata.	2
Larutan KI 0,5 N dipindahkan ke dalam botol reagen.	2
<u>Pembuatan Larutan Sampel</u>	
Menimbang sampel sebanyak 2 gr.	2
Memasukkan sampel yang telah ditimbang ke dalam gelas kimia yang telah berisi sedikit air.	3
Mengaduk larutan sampel lalu menambahkan aquades sebanyak 25 ml dan 5 ml HNO ₃ pekat.	3
Larutan sampel yang telah dicampur dengan asam nitrat pekat direfluks selama 30 menit sampai larutan menjadi jernih kemudian didinginkan.	2
Menyaring dengan kertas saring untuk memperoleh filtrat.	
Mengambil filtrat sebanyak 2 mL lalu menambahkan 5 tetes larutan KI 0,5 N, kemudian memanaskan larutan sampel, maka akan terbentuk endapan merah HgI ₂ (merkuri (II) iodida).	2

Tabel 14. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 10 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
Menyiapkan alat dan bahan yang sudah bersih dan kering	4
Mencelupkan kertas saring ke dalam 20 ml larutan asam pikrat kemudian dikeringkan	2
Menyiapkan 3 buah labu elenmeyer, kemudian masing-masing labu Erlenmeyer diberi label 1,2 dan 3.	3
Memasukkan 10 gr bayam mentah ke dalam labu elenmeyer no 1 sebanyak 10 g, Bayam rebus yang di biarkan selama 2 jam pada labu elenmeyer no 2. Dan 10 g bayam yang direbus dan di biarkan selama 8 jam pada labu elenmeyer no 3.	3
Menambahkan 25 ml aquades pada masing-masing labu elenmeyer, kemudian di aduk dengan batang pengaduk dan tutup labu elenmeyer dengan aluminium foil. Biarkan selama 10 menit.	3
Setelah 10 menit, tambahkan 3 ml asam tartrat ke dalam masing-masing labu elenmeyer, kemudian aduk hingga merata. Tutup kembali labu elenmeyer dengan aluminium foil.	3
Kertas saring yang telah kering di celupkan lagi ke dalam larutan Na ₂ CO ₃ , dan gantungkan kertas saring pada leher labu elenmeyer dan tutup kembali labu Erlenmeyer dengan aluminium foil.	3
Memanaskan larutan dan mengamati perubahan warna yang dihasilkan. Hasil positif jika kertas saring berubah warna menjadi merah.	3

k. Kelompok 11

Siswa yang tergabung dalam kelompok 11 mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan model *PBI* dan *LKS* yang diintegrasikan berjudul “Identifikasi pewarna sintetik Rhodamin B dalam sampel saus tomat, sirup dan pewarna makanan”. Data yang diperoleh dikemukakan dalam Tabel 15.

Tabel 15. Data Pencapaian KI 4 Kelompok 11 Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun ajaran 2014/2015.

Langkah kerja	Skor yang diperoleh
<u>Tahap 1</u>	
Menyiapkan larutan yang sudah mengandung Rhodamin B sebanyak 30 ml. Mengatur pH larutan agar nilai pHnya 4.	2
Memanaskan benang wol 30 menit kemudian dikeringkan dan dipotong menjadi 4 bagian.	2
Memasukan keempat bagian benang wol ke dalam larutan Rhodamin B kemudian dipanaskan lagi selama 30 menit, kemudian benang dibersihkan dan dikeringkan.	2
Memasukan masing-masing 1 bagian benang ke dalam keempat cawan, benang I ditetesi HCl pekat, benang II ditetesi H ₂ SO ₄ , benang III ditetesi NH ₄ OH 12 %, benang IV ditetesi NaOH 10 %.	2
Mencatat perubahan warna yang terjadi pada setiap benang.	4
<u>Tahap 2</u>	
Mengulangi langkah 1-4 pada tahap I dengan menggantikan larutan Rhodamin B dengan sampel saus, sirup kemudian pewarna makanan yang akan diidentifikasi.	2
Mencatat perubahan yang terjadi pada sampel saus, sirup dan pewarna makanan.	2
Membandingkan perubahan warna pada sampel yang diidentifikasi dengan reaksi perubahan warna pada Rhodamin B.	4

PEMBAHASAN

Mengacu pada data hasil penelitian di Tabel 2, dapat diungkapkan bahwa terdapat empat aspek yang dinilai untuk menentukan ketercapaian KI 1 siswa. Keempat aspek tersebut terdiri dari menunjukkan sikap do'a yang baik sebelum dan sesudah mengikuti proses pembelajaran sesuai dengan agama yang dianut, menunjukkan sikap mengagungkan kebesaran Tuhan ketika mempelajari tentang materi bahan kimia rumah tangga, menunjukkan rasa syukur atas anugerah Tuhan ketika memahami bahwa materi yang dipelajari sangat berguna bagi kelangsungan hidupnya, menunjukkan perilaku bersyukur ketika berhasil mengerjakan praktikum yang terkait dengan identifikasi bahan kimia rumah tangga. KI 1 terkait dengan kompetensi sikap spiritual siswa. Selama proses pembelajaran keempat aspek ini dinilai dengan menggunakan lembar observasi sikap spiritual siswa. Penilaian dilakukan oleh dua orang mahasiswa disetiap kelompok. Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh aspek sikap spiritual siswa memperoleh skor 4 dengan kriteria sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa semua siswa dalam kelas, memiliki pendidikan spiritual yang baik dari lingkungan keluarganya masing-masing. Pendidikan spiritual yang baik dilingkungan keluarga, dapat secara langsung diamati dari tingkah laku siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Kompetensi sikap spiritual siswa diamati dengan berpedoman pada indikator-indikator, dan tujuan pembelajaran KI 1 yang telah dirumuskan pada tahap perencanaan.

Pendidikan yang terkait dengan kompetensi sikap spiritual di lingkungan keluarga sangat berperan penting. Namun, sekolah sebagai lingkungan pendidikan formal perlu untuk mengutamakan pendidikan spiritual siswa. Hal ini dapat dilakukan melalui proses modeling. Proses modeling menurut Sanjaya (2008: 278) merupakan pembentukan sikap melalui proses asimilasi atau proses mencontoh. Dengan demikian dalam proses pembelajaran, hendaknya guru perlu memberikan contoh-contoh terkait dengan pengamalan sikap spiritual. Sebagai misal, guru harus

menunjukkan sikap mengagungkan kebesaran Tuhan ketika mengajarkan bahwa seluruh kehidupan manusia terkait erat dengan zat kimia yang keberadaannya sangat abstrak dan kompleks untuk dipelajari, tidak dapat terlihat secara kasat mata, tapi Tuhan menganugerahkan akal budi yang luar biasa kepada manusia, sehingga hal-hal itu dapat kita pelajari dan bermanfaat untuk kelangsungan hidup. Lebih lanjut, Sanjaya (2008: 278) mengungkapkan bahwa *modeling* sebagai proses peniruan anak terhadap orang lain yang menjadi idolanya atau orang yang dihormatinya. Dengan memberikan contoh tersebut maka anak akan melihat contoh, dan akan mulai tumbuh kesadaran untuk mengagungkan kebesaran Tuhan ketika memahami manfaat ilmu pengetahuan apapun yang dipelajarinya.

Penerapan pendekatan CTL dan Model PBI yang mengintegrasikan LKS-LKS menarik yang terkait dengan kehidupan nyata siswapun telah mampu menumbuhkan kesadaran siswa akan adanya Tuhan. Dengan demikian proses pembelajaran yang menumbuhkan kebiasaan-kebiasaan positif agar siswa memiliki keterampilan spiritual perlu dilaksanakan dalam penerapan kurikulum 2013.

Mengacu pada data hasil penelitian, pada Tabel 3, dapat diungkapkan bahwa terdapat sembilan aspek yang dinilai pada pencapaian KI 2 siswa. Sembilan aspek tersebut terdiri dari siswa menunjukkan rasa ingin tahu ketika mempelajari tentang materi bahan kimia dalam rumah tangga, zat aditif, dan psikotropika, siswa menunjukkan sikap jujur dalam menggunakan data percobaan, (menggunakan data apa adanya, dan hasilnya sesuai dengan data percobaan), siswa menunjukkan sikap disiplin selama mengikuti proses pembelajaran baik dalam melakukan percobaan, melaporkan, maupun mendengarkan arahan dari guru, siswa menunjukkan sikap disiplin dengan tetap berada di tempat selama proses pembelajaran berlangsung, siswa menunjukkan sikap teliti dalam mengolah data dan menganalisis data percobaan yang dilakukan, siswa menunjukkan sikap bekerja sama antar teman dalam kelompok, baik dalam menyelesaikan tugas secara kelompok maupun tugas individu selama proses pembelajaran, siswa menunjukkan sikap santun dalam berkomentar, dan salam menanggapi pertanyaan guru dan teman, siswa menunjukkan sikap bertanggung jawab selama proses pembelajaran berlangsung, menggunakan peralatan praktikum dengan ulet dan mengembalikannya ditempat semula, siswa menunjukkan sikap tanggung jawab dengan membersihkan peralatan praktikum sesudah melakukan praktikum.

KI 2 terkait dengan kompetensi sikap sosial siswa. Aspek-aspek yang dinilai, terkait dengan bagaimana siswa berinteraksi dengan sesama temannya, dan guru selama proses pembelajaran berlangsung. Ketercapaian KI 2 di amati selama proses pembelajaran berlangsung dengan menggunakan lembar observasi sikap sosial siswa. Pengamatan dilakukan oleh dua orang mahasiswa dalam setiap kelompok. dari sembilan aspek tersebut, rata-rata skor tertinggi teramati pada aspek 1, 2, 3, 4, 6, 8, dan 9. Rata-rata skor terendah teramati untuk aspek 7.

Proses pembelajaran tentang bahan kimia rumah tangga menggunakan pendekatan CTL dan model PBI. Menurut Sanjaya (2008: 254) CTL merupakan

pendekatan yang melibatkan siswa secara penuh dalam proses pembelajaran. Proses pembelajaran yang dirancang dan diimplementasikan oleh mahasiswa dalam kelas benar-benar melibatkan siswa secara penuh. Siswa di arahkan untuk berdiskusi dengan teman-teman dalam kelompoknya terkait dengan pengidentifikasian bahan-bahan kimia rumah tangga. Selanjutnya dalam kegiatan inti, siswa dilibatkan secara langsung untuk menggunakan peralatan dan zat-zat kimia dari laboratorium untuk mengidentifikasi zat-zat kimia dalam rumah tangga. Kegiatan ini berpedoman pada LKS yang sudah terintegrasi dalam perencanaan. Pada kegiatan awal, ketika guru mengarahkan bahwa zat-zat kimia dalam rumah tangga dapat diidentifikasi, siswa merasa penasaran untuk mengetahui, bagaimana cara mengidentifikasi zat-zat tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pembelajaran ini telah mampu menumbuhkan rasa ingin tahu siswa. Dalam melaporkan hasil diskusi, guru mengarahkan agar data percobaan digunakan secara benar tanpa rekayasa, disiplin untuk tetap berada dalam kelompok, teliti dalam mengolah data percobaan, bekerja sama antar teman dalam kelompok, bersikap santun dalam mengungkapkan pendapat, dengan demikian, sikap-sikap social ini teramati dilakukan oleh siswa selama proses pembelajaran. Dalam hal tanggung jawab, masih ada kelompok tertentu yang belum sadar untuk mengembalikan peralatan laboratorium pada tempatnya semula, dan ada beberapa kelompok yang belum sadar untuk membersihkan peralatan-peralatan tersebut. Dengan demikian harus ditangani langsung oleh mahasiswa. Namun rata-rata untuk sebagian besar kelompok memperoleh skor 4 dengan kategori sangat baik, dan 3 dengan kategori baik.

Hasil penelitian ini sejalan dengan yang diungkapkan oleh Sanjaya (2008: 255) bahwa pembelajaran yang berprinsip pada CTL akan mendorong siswa untuk beraktivitas untuk mempelajari materi pembelajaran sesuai dengan topik yang akan dipelajarinya. Belajar dalam konteks CTL bukan hanya sekedar mendengarkan dan mencatat, tetapi belajar adalah proses berpengalaman secara langsung. Melalui proses pengalaman ini diharapkan perkembangan siswa terjadi secara utuh, yang tidak hanya berkembang dalam aspek kognitif saja, tetapi juga aspek afektif dan juga psikomotor.

Berdasarkan hasil penelitian, pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sebagian besar siswa dalam kelas tuntas hasil belajarnya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata kelas sebesar 76,44. Namun perlu diperhatikan bahwa dari 77 siswa terdapat 10 siswa dengan nilai yang belum memenuhi kriteria ketuntasan minimal (KKM). KKM yang ditetapkan disekolah untuk mata pelajaran sains adalah 76. Hal ini menunjukkan bahwa guru perlu untuk memahami adanya perbedaan setiap siswa dalam kemajuan dan perkembangan berpikir. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan oleh Piaget dalam Nur (2004: 41) bahwa seluruh anak berkembang melalui urutan yang sama namun mereka memperolehnya dalam kecepatan yang berbeda. Oleh karena itu, guru harus lebih menggunakan upaya khusus dan bervariasi dalam menata kegiatan-kegiatan kelas untuk individu-individu dan kelompok kecil siswa daripada kelompok klasikal.

Mengacu pada data hasil penelitian pada Tabel 6 hingga Tabel 15 dapat diungkapkan bahwa, selama proses implementasi perangkat pembelajaran yang dikembangkan, KI 4 atau kompetensi keterampilan psikomotor, diamati dengan menggunakan instrumen lembar pengamatan keterampilan psikomotor siswa. Pengamatan dilakukan terhadap 11 kelompok siswa yang mengikuti proses pembelajaran dengan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang menerapkan pendekatan CTL dan model PBI. Pengamatan dilakukan pada saat siswa melakukan langkah-langkah percobaan yang ada pada LKS. Setiap kelompok siswa melakukan tujuan percobaan yang berbeda-beda, sesuai dengan LKS yang diintegrasikan, namun semua jenis eksperimen yang berbeda-beda itu mendukung materi yang sama yakni bahan kimia dalam rumah tangga. Setiap kelompok siswa diajarkan dengan langkah-langkah untuk mengidentifikasi zat-zat kimia dalam bahan-bahan yang digunakan sehari-hari. Hal yang dimanipulasi dalam LKS adalah jenis zat yang diidentifikasi, dan jenis produk yang digunakan.

Rata-rata skor terendah yang diperoleh adalah 2 dengan kriteria, “dapat melakukan dengan tepat, namun dengan banyak bantuan guru”. Adapun skor yang rendah tersebut diperoleh untuk langkah-langkah eksperimen yang terkait dengan penggunaan zat-zat kimia dari laboratorium yang bersifat pekat dan korosif, penggunaan kertas saring, dan penggunaan pipet tetes. Langkah ini memang harus banyak dibantu oleh guru, karena siswa pada tingkat SMP belum memiliki pengetahuan dan keterampilan laboratorium kimia yang baik. Hal ini terlihat dari struktur kurikulum sains pada Kurikulum 2013, maupun kurikulum sebelumnya, yang tidak mengintegrasikan pengetahuan laboratorium kimia dalam proses pembelajaran. Dengan demikian hal-hal teknis seperti penggunaan pipet, kertas saring untuk menyaring filtrat dari residu, dan juga penggunaan larutan-larutan pekat seperti H_2SO_4 , NH_3 , HCl yang membutuhkan keterampilan khusus, harus dilakukan oleh mahasiswa yang sudah terlatih.

Rata-rata skor untuk aspek lainnya adalah 3 dengan kriteria “dapat dilakukan dengan tepat dengan sedikit bantuan guru” dan 4 dengan kriteria “dapat dilakukan tanpa bantuan guru. Hal ini menunjukkan bahwa jika siswa dilibatkan dalam proses sains khususnya keterampilan melakukan eksperimen maka keterampilan lain selain keterampilan sosial dan spiritual, serta pengetahuan akan dikuasai. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang diungkapkan oleh Santyasa (2006:6), bahwa pembelajaran yang bersifat kolaboratif dapat menyediakan peluang untuk menuju pada kesuksesan praktek-praktek pembelajaran yang melibatkan partisipasi aktif para peserta didik dan juga berdampak pada berkurangnya perbedaan-perbedaan antar individu.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil belajar siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Tahun Ajaran 2014-2015, yang diajarkan dengan menggunakan perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan modul praktikum pada Pendekatan *Contextual Teaching and*

Learning (CTL) adalah sebagai berikut: (a) hasil Belajar KI 1 siswa memperoleh skor terendah 3 dengan kategori baik untuk sebagian kecil aspek yang diamati, dan sebagian besar aspek memperoleh skor 4 dengan kategori sangat baik, (2) hasil belajar KI 2 siswa memperoleh skor terendah 3 dengan kategori baik untuk sebagian kecil aspek yang diamati, dan sebagian besar aspek memperoleh skor 4 dengan kategori sangat baik, (3) hasil belajar KI 3 siswa memperoleh rata-rata nilai 76,44 dengan katgori tuntas, (4) hasil belajar KI 4 siswa memperoleh skor terendah 2 dengan kategori “dapat dilakukan dengan tepat dengan banyak bantuan guru” untuk sebagian kecil aspek yang diamati, dan sebagian besar aspek memperoleh skor 4 dengan kategori “dapat dilakukan dengan tepat tanpa bantuan guru”.

DAFTAR RUJUKAN

- Carin, A. 1993. *Teaching Modern Science 3rd Edition*. New york: Macmillan Publishing.
- Chang, R. 2005a. *Kimia dasar, Konsep-konsep inti, Edisi ketiga, jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Chang, R. 2005b. *Kimia dasar, Konsep-konsep inti, Edisi ketiga, jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Day, J.R. & Underwood. 2001. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Depdiknas. 2013. *(BPSDMPKPMP)- Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan RI, desain Silabus dan RPP*. Jakarta: Dirjen Dikdasmen.
- Kemp. E.J. 1994. *Proses Perancangan Pengajaran*. Bandung: ITB Bandung.
- Kepmen NOMOR 045/U/2002 Tentang Kurikulum Inti Pendidikan Tinggi. 2002. Jakarta.
- LPPM Unwira. 2011. *Panduan Penyusunan Usul dan Laporan Kegiatan Pengabdian Masyarakat (PPM) Hibah Unwira*.
- Nur, M. & Samani, M. 1996. *Teori Pembelajaran IPA dan Hakikat Pendekatan Keterampilan Proses*. Makalah yang digunakan sebagai bahan kegiatan latihan kerja instruktur PKP IPA, Bandung tanggal 23-27 juni.
- Nur, M. & Wikandari. 2004b. *Pengajaran Berpusat Kepada Siswa dan Pendekatan Konstruktivis dalam Pengajaran*. Surabaya: Unesa - University Press
- Nur, M. 1996. *Konsep Tentang Arah Pengembangan Pendidikan IPA SMP dan SMU dalam Waktu 5 Tahun yang Akan Datang*. Makalah yang disajikan pada kegiatan penyusunan bahan dan persiapan PKG IPA, Dikmenum BPG, Surabaya.
- Nur, M. 2000a. *Buku Panduan Keterampilan Proses*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

- Nur, M. 2000b. *Buku Panduan Keterampilan Proses*; Surabaya: Universitas Negeri Surabaya - University Press
- Nur, M. 2001. *Ekperimen untuk SLTP (LKS)*. Jakarta: Dirjen Dikdasmen-Depdiknas.
- Nur, M. 2002. *Keterampilan-keterampilan Proses Sains*. Makalah disampaikan pada pelatihan pembelajaran yang berkaitan dengan kurikulum berbasis kompetensi kepada para guru MIPA SMU Negeri Kab Sidoarjo, Pusat Sains dan Matematika Program Pasca Sarjana Unesa.
- Nur, M. 2003. *Pemotivasian Siswa untuk Belajar*. Surabaya: Unesa- University Press
- Nur, M. 2004a. *Teori-teori Perkembangan Kognitif*. Surabaya: Unesa - University Press
- Nur, M. 2008. *Model Pembelajaran Berdasarkan Masalah*. Surabaya: Unesa- University Press.
- Ratumanan, T.G. & Lourens, T. 2003. *Evaluasi Hasil Belajar yang Relevan dengan Kurikulum Berbasis Kompetensi*. Surabaya: YP3IT kerjasama dengan Unipress
- Sanjaya, W. 2008. *Strategi pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group
- Santyasa, W. 2006. *Pembelajaran Inovatif: Model Kolaboratif, Basis Proyek, Dan Orientasi NOS*. Makalah Disajikan dalam Seminar Di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 Semarang, 27 Desember.
- Slavin, R.E. 1994. *Educational Psychology Theory into Practice*. Boston: Allyn and Bacon Publishers.
- Suryanti, I., Sukartiningsih, W., & Yulianto, B. 2008. *Model-Model Pembelajaran Inovatif*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Tim Pengembang Krikulum Pendidikan Tinggi 2013. *Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi* Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan DIKTI. Jakarta
- Tim Pengembang Krikulum Pendidikan Tinggi 2013. *Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi*. Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan DIKTI. Jakarta
- Tim Penyusun KKNi DIKTI 2013. *Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia dan implikasi pada dunia kerja dan perguruan tinggi*. Jakarta
- Tinenti, Y. 2009. *Pengembangan Perangkat Model Pengajaran Langsung dan Pendekatan Keterampilan Proses yang Terintegrasi Dalam Model Pembelajaran Berbasis Proyek*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Undang-Undang No. 2 Tahun 1989. *Tentang Sistem Pendidikan Nasional*.
Jakarta: Sinar Grafika.

Yamin, M. 2007. *Desain Pembelajaran Berbasis Tingkat Satuan Pendidikan*.
Jakarta: Gaung Persada Press.

Dwi Isnaini Amin, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengembangan Instrumen Asesmen Pemahaman Konseptual Berorientasi *Higher Order Thinking Skills* (HOTS), Keterampilan Proses Sains, dan Sikap terhadap Sains pada Bahan Kajian Hidrokarbon dan Minyak Bumi

Dwi Isnaini Amin, Sutrisno, Darsono Sigit
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang 65145
e-mail: sutrisno.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Penilaian dalam Kurikulum 2013 mencakup tiga aspek, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Tujuan penelitian pengembangan ini adalah menghasilkan dan menentukan tingkat validitas isi instrumen asesmen pemahaman konseptual berorientasi *higher order thinking skills* (HOTS), keterampilan proses sains, dan sikap terhadap sains pada bahan kajian hidrokarbon dan minyak bumi. Penelitian pengembangan ini dirancang dengan 3D dari model-4D yang terdiri dari *defining* (membatasi), *designing* (merancang), dan *developing* (mengembangkan). Hasil validasi isi instrumen asesmen oleh tiga validator menunjukkan bahwa 77 dari 90 soal pemahaman konseptual terkategori sebagai soal HOTS dengan kriteria sangat valid (90,91% - 100%), 60 soal keterampilan proses sains dengan kriteria sangat valid (94,70% - 100%), 55 butir pernyataan sikap terhadap sains dengan kriteria sangat valid (86,67% - 100%), dan performansi produk instrumen asesmen dengan kriteria sangat valid (91,67%).

Kata kunci: instrumen asesmen, *higher order thinking skills*, pemahaman konseptual, keterampilan proses sains, sikap terhadap sains, hidrokarbon dan minyak bumi

Abstract: In the Curriculum 2013, there are three aspects of assessment, namely knowledge, skills, and attitudes. The purpose of this development research were to produce and determine the level of content validity of the conceptual understanding assessment instrument on higher order thinking skills (HOTS), science process skills, and attitudes toward science on hydrocarbon and petroleum. This development research was designed with 3D from 4D model which consists of defining, designing, and developing. The results of content validity to assessment instrument by three validators show that 77 of 90 conceptual understanding items were categorized as HOTS with very valid criteria (90.91% -100%), 60 science process skills items with very valid criteria (94.70% - 100%), 55 statements about attitudes toward science with criteria very valid (86,67% - 100%), and product performance of assessment instrument with criteria very valid (91,67%).

Keywords: assessment instrument, *higher order thinking skill*, conceptual understanding, science process skills, attitudes toward science, hydrocarbon and petroleum

Salah satu dari delapan standar nasional pendidikan adalah standar penilaian pendidikan. Menurut Permendikbud No 81A Tahun 2013, pengertian penilaian sama dengan asesmen. Terdapat tiga istilah yang perlu dibedakan, namun saling berkaitan yaitu pengukuran, penilaian, dan evaluasi. Pengukuran adalah kegiatan membandingkan hasil pengamatan dengan suatu kriteria atau ukuran. Penilaian adalah proses mengumpulkan informasi/bukti melalui pengukuran, menafsirkan, mendeskripsikan, dan menginterpretasi bukti-bukti hasil pengukuran. Evaluasi adalah proses mengambil keputusan berdasarkan hasil-hasil penilaian. Menurut Permendikbud No 23 Tahun 2016, penilaian adalah proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk mengukur pencapaian hasil belajar peserta didik. Penilaian hasil belajar peserta didik mencakup tiga aspek, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

Widana (2017:1) menyatakan bahwa penilaian hasil belajar peserta didik diharapkan dapat membantu peserta didik untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills/HOTS*). Keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah kemampuan berpikir kritis, logis, reflektif, metakognitif, dan kreatif. Menurut *The Australian Council for Educational Research* (ACER) (dalam Widana, 2017:3) bahwa keterampilan berpikir tingkat tinggi merupakan proses menganalisis, merefleksi, memberikan argumen (alasan), menerapkan konsep pada situasi berbeda, menyusun, dan mencipta. Kurikulum 2013 mensyaratkan peserta didik mampu untuk memprediksi, mendesain, dan memperkirakan. Sejalan dengan hal tersebut, ranah HOTS mencakup proses menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6) (Brookhart, 2010:5).

Menurut Mainali (2012), pengetahuan yang diperoleh melalui proses berpikir tingkat tinggi lebih mudah ditransfer daripada hanya sekedar menghafal, sehingga peserta didik dengan pemahaman konsep yang mendalam akan mempunyai kemampuan mengaplikasikan pengetahuan tersebut untuk menyelesaikan masalah baru dalam situasi yang berbeda. Melaluinya, peserta didik juga disiapkan untuk memiliki sejumlah kompetensi yang dibutuhkan di abad ke-21, diantaranya berpikir kritis, kreatif, *problem solving*, kolaborasi, dan komunikasi. Soal-soal HOTS pada konteks asesmen mengukur kemampuan: (1)transfer satu konsep ke konsep lainnya, (2)memproses dan menerapkan informasi, (3)mencari kaitan dari berbagai informasi yang berbeda-beda, (4)menggunakan informasi untuk menyelesaikan masalah, dan (5)menelaah ide dan informasi secara kritis. Dalam pembelajaran sains-kimia, peserta didik perlu mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan, dan sikap untuk meningkatkan pemahaman konsep yang lebih baik (Zeidan & Jayosi, 2015). Oleh karena itu, penilaian hasil belajar peserta didik harus mencakup ketiga aspek tersebut.

Penilaian keterampilan di sekolah merujuk pada keterampilan psikomotorik peserta didik. Penilaian ini relatif dianggap sulit oleh guru, karena tidak semua bahan kajian kimia dapat melibatkan keterampilan psikomotorik peserta didik di sekolah. Salah satu contohnya adalah bahan kajian hidrokarbon dan minyak bumi.

Kecil kemungkinan bagi guru untuk melibatkan peserta didik dalam proses pengolahan minyak bumi, karena membutuhkan biaya, waktu, dan fasilitas yang cukup memadai. Selain itu, instrumen penilaian keterampilan psikomotorik yang berupa lembar observasi atau pengamatan juga dapat membuat guru merasa kesulitan untuk menilai peserta didik satu per satu secara langsung dalam waktu bersamaan. Oleh karena itu, penilaian keterampilan ini diarahkan pada keterampilan proses sains, yang terdiri dari keterampilan proses sains dasar (mengamati, mengukur, menyimpulkan, mengklasifikasikan, memprediksi, dan mengkomunikasikan) dan terintegrasi (mengontrol variabel, membuat hipotesis, bereksperimen, dan menginterpretasi data).

Penilaian sikap peserta didik terhadap sains, khususnya sains-kimia, juga perlu dilakukan oleh guru untuk meningkatkan efektivitas dan keberhasilan peserta didik dalam mempelajari kimia. Sikap peserta didik terhadap sains dapat mempengaruhi partisipasinya di dalam kelas. Jika peserta didik mempunyai sikap positif terhadap sains, maka dapat meningkatkan perhatiannya terhadap instruksi yang diberikan di dalam kelas. Oleh karena itu, guru perlu mengetahui pandangan peserta didik terhadap sains. Dalam pelaksanaannya di lapangan, guru melakukan penilaian sikap ini dengan teknik observasi. Akan tetapi, kendala yang dihadapi guru adalah sulitnya mengamati dan menilai sikap peserta didik satu per satu. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan suatu instrumen asesmen yang sesuai dengan kebutuhan dalam Kurikulum 2013 dan sebagai solusi terhadap masalah yang dihadapi guru. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan dan menentukan tingkat validitas instrumen asesmen pemahaman konseptual berorientasi *higher order thinking skills* (HOTS), keterampilan proses sains, dan sikap terhadap sains pada bahan kajian hidrokarbon dan minyak bumi.

METODE

Pengembangan instrumen asesmen ini menggunakan 3D dari model 4D oleh Thiagarajan, dkk. (1974) yang terdiri dari tahap *defining* (membatasi), *designing* (merancang), dan *developing* (mengembangkan). Pada tahap *defining*, yaitu melakukan analisis pendahuluan dengan mengkaji literatur, yaitu Permendikbud No 24 Tahun 2016 tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran Pada Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah dan Permendikbud No 23 Tahun 2016 tentang Standar Penilaian Pendidikan. Kemudian, melakukan analisis isi instrumen asesmen berupa pasangan KD 3.1 dan 4.1, 3.2 dan 4.2, dan 3.3 dan 4.3 sebagai dasar menyusun instrumen asesmen pemahaman konseptual berorientasi HOTS dan keterampilan proses sains. Analisis isi instrumen asesmen sikap terhadap sains berupa komponen-komponen sikap terhadap sains yang dikembangkan oleh Osborne, dkk. (2003). Selain itu, menganalisis karakteristik kata kerja operasional yang tepat untuk mengembangkan instrumen asesmen pemahaman konseptual berorientasi HOTS.

Pada tahap *designing*, yaitu merancang isi instrumen asesmen dengan menjabarkan KD 3 dan KD 4 untuk bahan kajian hidrokarbon dan minyak bumi menjadi beberapa indikator pencapaian kompetensi. Setelah itu, merancang jenis soal dan jumlah butir soal untuk instrumen asesmen pemahaman konseptual berorientasi HOTS dan keterampilan proses sains. Sementara itu, untuk instrumen asesmen sikap terhadap sains adalah merancang jumlah butir pernyataan dan bentuk instrumennya. Instrumen asesmen yang dikembangkan dicetak di kertas A4 berwarna biru yang terdiri dari halaman sampul, daftar isi, keterangan instrumen asesmen, petunjuk penggunaan instrumen asesmen, kisi-kisi dan naskah untuk ketiga instrumen asesmen, dan daftar pustaka.

Pada tahap *developing*, yaitu membuat butir soal sesuai dengan indikator pencapaian kompetensi, jenis soal, dan jumlah soal yang telah dirancang pada tahap *designing*. Butir-butir soal yang dibuat dilengkapi juga dengan kunci jawaban dan pembahasannya. Kemudian, membuat butir-butir pernyataan yang sesuai dengan komponen-komponen sikap terhadap sains. Butir-butir asesmen yang telah dihasilkan, selanjutnya dikaji bersama dosen pembimbing. Hasil kajian bersama dosen pembimbing yang berupa saran digunakan sebagai pedoman untuk melakukan revisi terhadap kekurangan atas isi materi dan performansi instrumen asesmen, sehingga siap divalidasi oleh validator. Validator terdiri dari satu dosen kimia Universitas Negeri Malang dan dua guru kimia SMA Negeri. Instrumen validasi yang digunakan berupa lembar angket penilaian dengan skala *Likert* 1 sampai 4 (Akbar, 2016:97). Teknik analisis data kuantitatif hasil validasi berdasarkan rumus persentase dengan kriteria validitas dalam Tabel 1.

$$P = \frac{X}{X_i} 100\%$$

Keterangan:

- P = persentase
X = jumlah skor jawaban validator dalam satu komponen
Xi = jumlah skor maksimum dalam satu komponen

Tabel 1. Kriteria Validitas

No	%	Kriteria Validitas
1.	85,01 – 100	Sangat valid
2.	70,01 - 85,00	Cukup valid
3.	50,01 - 70,00	Kurang valid
4.	01,00 - 50,00	Tidak valid

Sumber: Akbar (2016:41)

HASIL

Instrumen asesmen hasil penelitian pengembangan ini terdiri dari: (1)sembilan puluh butir soal pemahaman konseptual berorientasi HOTS dengan jenis soal benar-salah, pilihan ganda dengan memilih satu jawaban benar (A, B, C, D, E), pilihan ganda dengan memilih satu/lebih jawaban benar (1, 2, 3, 4), pilihan ganda dengan memilih jawaban berdasarkan hubungan sebab-akibat, jawaban

singkat, dan *essay*, (2) enam puluh butir soal keterampilan proses sains dengan jenis soal benar-salah, pilihan ganda dengan memilih satu jawaban benar (A, B, C, D, E), pilihan ganda dengan memilih satu/lebih jawaban benar (1, 2, 3, 4), pilihan ganda dengan memilih jawaban berdasarkan hubungan sebab-akibat, jawaban singkat, dan *essay*, dan (3) lima puluh lima butir pernyataan sikap terhadap sains. Baik butir soal untuk pemahaman konseptual berorientasi HOTS maupun keterampilan proses sains, masing-masing tersebar dalam 11 sub bahan kajian hidrokarbon dan minyak bumi. Sementara itu, 55 butir pernyataan sikap terhadap sains tersebar dalam 6 komponen sikap terhadap sains. Ada pun sub bahan kajian hidrokarbon dan minyak bumi dan komponen-komponen sikap terhadap sains yang dikembangkan tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sub Bahan Kajian Hidrokarbon dan Minyak Bumi dan Komponen-komponen Sikap terhadap Sains

Sub Bahan Kajian Hidrokarbon dan Minyak Bumi
1. Jenis ikatan kovalen (tunggal, ganda, dan rangkap tiga) antar atom karbon dalam molekul hidrokarbon
2. Penggolongan hidrokarbon
3. Penamaan suatu hidrokarbon
4. Isomer suatu hidrokarbon
5. Sifat fisika suatu hidrokarbon
6. Sifat kimia suatu hidrokarbon
7. Teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi
8. Efisiensi pembakaran suatu bahan bakar
9. Reaksi pembakaran suatu hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna
10. Dampak pembakaran fraksi minyak bumi
11. Cara mengatasi dampak pembakaran fraksi minyak bumi
Komponen-komponen Sikap terhadap Sains
1. Persepsi terhadap guru kimia
2. Kekhawatiran peserta didik terhadap kimia
3. Penilaian diri terhadap kimia
4. Ketertarikan terhadap kimia
5. Motivasi dalam kimia
6. Nilai terhadap kimia

Jumlah indikator pencapaian kompetensi untuk instrumen asesmen pemahaman konseptual berorientasi HOTS dan keterampilan proses sains pada bahan kajian hidrokarbon dan minyak bumi yang dikembangkan secara berturut-turut adalah 15 dan 16. Ada pun indikator pencapaian kompetensi tersebut tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Indikator Pencapaian Kompetensi untuk Instrumen Asesmen Pemahaman Konseptual Berorientasi HOTS dan Keterampilan Proses Sains pada Bahan Kajian Hidrokarbon dan Minyak Bumi

No	Indikator Pencapaian Kompetensi Pemahaman Konseptual	Keterampilan Proses Sains
1.	Mengidentifikasi jenis ikatan kovalen (tunggal, ganda, dan rangkap tiga) antar atom karbon dalam molekul hidrokarbon	Mengamati beberapa struktur hidrokarbon untuk menentukan jenis ikatan kovalen (tunggal, ganda, dan rangkap tiga) antar atom karbon
2.	Menganalisis struktur suatu hidrokarbon untuk menentukan jenis ikatan kovalen (tunggal, ganda, dan rangkap tiga) antar atom karbon dalam molekul hidrokarbon	Menginterpretasi data hasil suatu percobaan untuk menentukan jenis ikatan kovalen (tunggal, ganda, dan rangkap tiga) antar atom karbon
3.	Menentukan golongan suatu hidrokarbon	Menyimpulkan data hasil suatu percobaan untuk menentukan jenis ikatan kovalen (tunggal, ganda, dan rangkap tiga) antar atom karbon
4.	Menamai suatu hidrokarbon	Mengklasifikasikan suatu hidrokarbon berdasarkan golongannya
5.	Mengidentifikasi pasangan isomer suatu hidrokarbon	Menyimpulkan nama suatu hidrokarbon berdasarkan strukturnya
6.	Menjelaskan sifat fisika suatu hidrokarbon	Mengklasifikasikan beberapa struktur suatu hidrokarbon yang tergolong pasangan isomeri
7.	Memprediksi sifat fisika suatu hidrokarbon	Memprediksi sifat fisika suatu hidrokarbon
8.	Menganalisis reaksi kimia suatu hidrokarbon	Menyimpulkan titik didih suatu hidrokarbon
9.	Merumuskan mekanisme reaksi kimia suatu hidrokarbon	Menentukan variabel kontrol yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran titik didih suatu hidrokarbon
10.	Merancang perbedaan alkana, alkena, dan alkuna melalui suatu percobaan	Mengukur titik didih suatu hidrokarbon
11.	Menganalisis teknik pemisahan fraksi minyak bumi	Membuat suatu hipotesis tentang reaksi kimia alkana, alkena, dan alkuna
12.	Mengevaluasi efisiensi suatu bahan bakar	Melakukan eksperimen untuk memisahkan hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi
13.	Mengidentifikasi reaksi pembakaran suatu hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna	Mengkomunikasikan efisiensi pembakaran suatu bahan bakar berdasarkan angka oktannya
14.	Mengevaluasi dampak pembakaran fraksi minyak bumi	Mengamati reaksi pembakaran suatu hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna
15.	Membuat cara mengatasi dampak pembakaran fraksi minyak bumi	Menyimpulkan dampak pembakaran fraksi minyak bumi berdasarkan jumlah emisi karbon dioksida
16.	-	Mengkomunikasikan cara mengatasi dampak pembakaran fraksi minyak bumi

Salah satu contoh butir asesmen hasil pengembangan untuk pemahaman konseptual berorientasi HOTS dan keterampilan proses sains ditunjukkan oleh Gambar 1 dan Gambar 2. Ada pun contoh butir pernyataan sikap terhadap sains ditunjukkan oleh Gambar 3.

Perhatikan tabel di bawah ini!

No	Struktur	Rumus molekul
I	$C_3H_5CH_2CH_3$	C_5H_{10}
II	$CH_3CH_2(CH)_2CH_3$	C_5H_{10}
III	$C_3H_5CH_3$	C_4H_8
IV	$CH_2CHCH_2CH_3$	C_4H_8

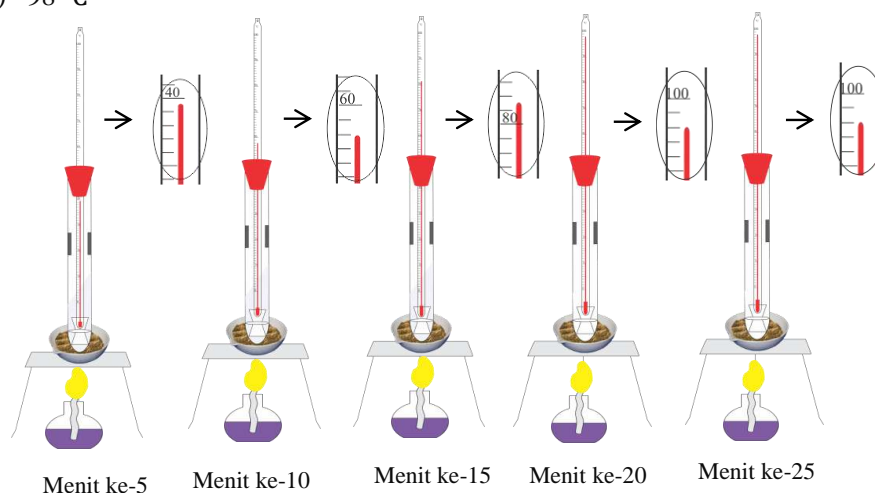
Yang termasuk golongan alkena adalah II dan IV.

Gambar 1. Contoh Butir Soal Pemahaman Konseptual Berorientasi HOTS dengan Jenis Soal Benar-Salah

Seorang siswa mengukur titik didih heptana di laboratorium kimia yang bertekanan udara 1 atm. Setiap 5 menit sekali, dia mencatat hasil pengukurannya seperti yang diilustrasikan pada gambar di bawah ini:

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, maka titik didih heptana adalah . . .

- (A) 40°C
- (B) 58 °C
- (C) 60 °C
- (D) 81 °C
- (E) 98 °C



Gambar 2. Contoh Butir Soal Keterampilan Proses Sains dengan Jenis Soal Memilih Satu Jawaban yang Benar (A, B, C, D, E)

No	Pernyataan	Nilai			
		4	3	2	1
		Sangat setuju	Setuju	Kurang setuju	Tidak setuju
A.	Persepsi terhadap guru kimia				
1.	Guru kimia menunjukkan minat terhadap kimia				
2.	Wawasan kimia yang dimiliki guru kimia luas dan baik				
3.	Kimia sebagai sains disampaikan dalam pembelajaran dengan jelas oleh guru kimia				
4.	Guru kimia menyampaikan kompetensi yang diharapkan				

Gambar 3. Contoh Butir Pernyataan Sikap terhadap Sains

Data yang diperoleh dalam penelitian pengembangan ini berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Ada pun data kuantitatif yang diperoleh berdasarkan hasil validasi isi oleh tiga validator tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data Kuantitatif Hasil Validasi Isi oleh Tiga Validator

No.	Instrumen Asesmen	Jumlah Butir Asesmen	Rentang Skor (%)	Kriteria
1.	Pemahaman Konseptual	90	90,91% - 100%	Sangat valid
2.	Keterampilan Proses Sains	60	94,70% - 100%	Sangat valid
3.	Sikap terhadap Sains	55	86,67% - 100%	Sangat valid

Berdasarkan Tabel 4, tiga instrumen asesmen dinyatakan sangat valid dengan rentang skor yang berbeda-beda. Masing-masing instrumen asesmen memperoleh rentang skor minimal yang kurang dari 100% (rentang skor minimal untuk instrumen asesmen pemahaman konseptual 90,91%, keterampilan proses sains 94,70%, dan sikap terhadap sains 86,67%). Ketidaktepatan pemerolehan skor tersebut, dapat dijelaskan oleh data kualitatif yang berupa saran dari tiga validator. Ada pun data kualitatif yang diperoleh tercantum dalam Tabel 5. Adapun hasil validasi terhadap performansi instrumen asesmen tercantum dalam Tabel 6.

Tabel 5. Data Kualitatif Hasil Validasi Isi oleh Tiga Validator

No	Validator	Saran
1.	Dr. Hj. Hayuni Retno W, M.Si	Kata kerja operasional dan indikator pencapaian kompetensi lebih disesuaikan lagi dengan ranah HOTS-nya Kunci jawaban dan pembahasan pada soal nomor 31 di instrumen asesmen keterampilan proses sains di cek kembali Sebaiknya diberi lembar saran terbuka untuk siswa pada instrumen asesmen sikap terhadap sains
2.	Sri Sondari, S.Pd., M.Pd.	Diperjelas lagi untuk gambar yang ada skala angkanya terutama gambar termometer Penamaan suatu hidrokarbon termasuk dalam ranah menerapkan (C3) bukan menganalisis (C4)
3.	Dra. Rita Kholifah Sugeha, M.Pd.	Penamaan suatu hidrokarbon termasuk dalam ranah menerapkan (C3) bukan menganalisis (C4) Diperjelas lagi untuk gambar yang ada skala angkanya terutama gambar termometer Sebaiknya ditambah kata “dengan mudah” untuk butir pernyataan sikap terhadap sains nomor 40

PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 5, beberapa saran dari validator menunjukkan bahwa sub bahan kajian penamaan suatu hidrokarbon dengan kata kerja operasional “menamai” termasuk ranah mengaplikasikan (C3) dan bukan menganalisis (C4). Hal ini dikarenakan ketidaksesuaian antara butir soal dengan ranah HOTS atau kompetensi dasar yang dibutuhkan, yaitu menganalisis. Butir soal hasil pengembangan memberikan stimulus secara langsung berupa struktur suatu hidrokarbon, sehingga peserta didik hanya menerapkan sebuah konsep aturan tata

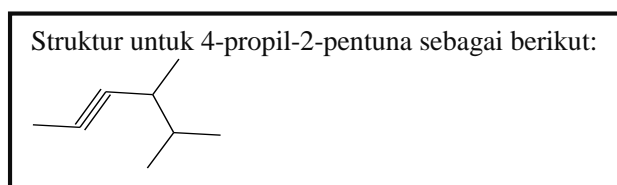
nama suatu hidrokarbon pada berbagai macam struktur hidrokarbon. Contoh butir soal penamaan suatu hidrokarbon ditunjukkan oleh Gambar 4.

Tabel 6. Hasil Validasi terhadap Performansi Instrumen Asesmen

No	Aspek	X ₁	X ₂	X ₃	X	X _{max}	%	Kriteria
1	Kemernarikan tampilan instrumen penilaian	4	4	4	4,00	4	100,00	Sangat valid
2	Petunjuk penggunaan instrumen penilaian mudah dipahami	3	4	4	3,67	4	91,67	Sangat valid
3	Kemudahan menggunakan instrumen penilaian	3	4	4	3,67	4	91,67	Sangat valid
4	Posisi pilihan jawaban yang benar bervariasi	3	4	4	3,67	4	91,67	Sangat valid
5	Ketepatan jenis font yang digunakan	3	4	3	3,33	4	83,33	Cukup valid
6	Kemernarikan gambar yang digunakan	4	3	4	3,67	4	91,67	Sangat valid
% Rata-rata							91,67	Sangat valid

Keterangan:

- X₁ : Skor yang diberikan oleh Validator 1 (Dr. Hayuni Retno W, M.Si)
- X₂ : Skor yang diberikan oleh Validator 2 (Sri Sondari, S.Pd., M.Pd)
- X₃ : Skor yang diberikan oleh Validator 3 (Dra. Rita Kholifah Sugeha, M.Pd)
- X : Skor rata-rata oleh tiga validator
- X_{max} : Skor maksimal per item



Gambar 4. Contoh Butir Soal Penamaan Suatu Hidrokarbon untuk Jenis Soal Benar Salah

Butir soal untuk penamaan suatu hidrokarbon dapat dibuat hingga mencapai ranah menganalisis (C4) dengan syarat stimulus yang diberikan lebih kompleks dan untuk menyelesaikannya membutuhkan proses menganalisis. Selain itu, saran dari validator juga menyatakan bahwa beberapa kata kerja operasional yang dirumuskan dalam indikator pencapaian kompetensi harus disesuaikan dengan kata kerja operasional untuk ranah HOTS. Sebagai contoh adalah kata kerja operasional “menentukan” untuk sub bahan kajian penggolongan hidrokarbon. Kata kerja operasional menentukan pada Taksonomi Bloom dikelompokkan ke dalam ranah C2 dan C3 (Widana, 2017:3). Oleh karena itu, indikator pencapaian kompetensi untuk sub bahan kajian hidrokarbon direvisi menjadi “menganalisis struktur suatu hidrokarbon berdasarkan golongannya”. Ada pun contoh soalnya seperti Gambar 1. Dalam konteks penulisan soal-soal HOTS, kata kerja menentukan bisa jadi ada pada

ranah C5 (mengevaluasi) apabila untuk menentukan keputusan didahului dengan proses berpikir menganalisis informasi yang disajikan pada stimulus lalu peserta didik diminta menentukan keputusan yang terbaik. Bahkan kata kerja “menentukan” bisa digolongkan C6 (mencipta) bila pertanyaan menuntut kemampuan menyusun strategi pemecahan masalah baru. Jadi, ranah kata kerja operasional dipengaruhi oleh proses berpikir apa yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan yang diberikan (Widana, 2017:3).

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil validasi isi oleh tiga validator menunjukkan bahwa 77 dari 90 butir soal pemahaman konseptual yang dikembangkan terkategori sebagai soal HOTS dengan kriteria sangat valid (90,91% - 100%), 60 soal keterampilan proses sains dengan kriteria sangat valid (94,70% - 100%), 55 butir pernyataan sikap terhadap sains dengan kriteria sangat valid (86,67% - 100%), dan performansi produk instrumen asesmen dengan kriteria sangat valid (91,67%).

Adapun saran yang dapat diberikan untuk perbaikan adalah sebagai berikut: menyesuaikan butir soal pemahaman konseptual untuk sub bahan kajian penamaan suatu hidrokarbon dengan ranah HOTS, menelaah terlebih dahulu komponen keterampilan proses sains yang sesuai dengan sub bahan kajian karena tidak semua komponen keterampilan proses sains dapat diterapkan dalam sub bahan kajian yang sama, melakukan validasi empirik terlebih dahulu untuk menentukan reliabilitas, tingkat kesukaran, daya beda, dan indeks pengecoh apabila hendak digunakan atau diterapkan kepada peserta didik. Instrumen asesmen ini dapat disebarkan secara terbatas maupun luas kepada SMA yang menerapkan Kurikulum 2013. Tahap ini merupakan tahap terakhir dari model-4D, yaitu *disseminating*. Jika hendak memvalidasi instrumen asesmen sikap terhadap sains yang telah dikembangkan, maka diperlukan kolom saran per butir pernyataan untuk form validasinya dan kolom saran secara keseluruhan untuk form validasi performansi instrumen asesmen.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. 2016. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Brookhart, S.M. 2010. *How to Assess Higher-Order Thinking Skills in Your Classroom*. Virginia: ASCD.
- Mainali, B.P. 2012. Higher Order Thinking in Education. *Academic Voices A Multidisciplinary Journal*, 2 (1): 5-10.
- Osborne, J., Simon, S. & Collin, S. 2003. Attitudes Toward Science: A Review of The Literature and Its Implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9): 1049-1079.

- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 81A Tahun 2013 tentang Implementasi Kurikulum.* Artikel Pendidikan tentang Pendidikan. (Online), (<https://akhmadsudrajat.files.wordpress.com/2013/08/lampiran-iv-pedoman-umum-pembelajaran.pdf>, diakses 7 Januari 2017).
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 23 Tahun 2016 tentang Standar Penilaian Pendidikan.* Artikel Pendidikan tentang Pendidikan. (Online), (<https://drive.google.com/file/d/0BysfMxQdDzw2UGE5MG9ydDZ0MU0/view>), diakses 14 Juli 2016.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 24 Tahun 2016 tentang Kompetensi Inti dan Dasar Pada Pelajaran Pada Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah.* Artikel Pendidikan tentang Pendidikan. (Online), (<https://drive.google.com/file/d/0BysfMxQdDzw2d1ZiWEM1eG9hZ1U/view>), diakses 14 Juli 2016).
- Thiagarajan, S., Semmel, D.S., & Semmel, M.I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook.* (Online), (<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED090725.pdf>, diakses 11 Oktober 2016).
- Widana, I.W. 2017. *Modul Penyusunan Soal Higher Order Thinking Skill (HOTS).* Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Zeidan, A.H. & Jayosi, M.R. 2015. Science Process Skills and Attitudes Toward Science among Palestinian Secondary School Students. *World Journal of Education*, 5 (1): 13-24.

Fenti Eka Nurulia_Pembelajaran Kimia

Efektivitas Penggunaan Modul Elektronik Senyawa Hidrokarbon Berbasis *Mind Map* dengan Pendekatan *Learning Cycle 5 Fase* terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Kelas X SMA Negeri 2 Lumajang

Fenti Eka Nurulia
SMA Negeri 2 Lumajang
Jalan H.O.S Cokroaminoto 159, Lumajang
e-mail: fentiekannurulia@gmail.com

Abstrak: Senyawa hidrokarbon merupakan materi kimia yang sulit dipahami siswa. Salah satu cara yang diduga efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa adalah menggunakan modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle 5E*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana keefektifan modul yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar dengan menggunakan alur *learning cycle 5E*. Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen semu bentuk *Nonequivalent Control Group Design*. Data yang diambil adalah data kuantitatif berupa hasil belajar yang diukur dengan tes kognitif setelah pembelajaran. Penerapan modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle 5E* materi senyawa hidrokarbon menunjukkan hasil belajar kelas eksperimen sebesar 76% siswa mencapai kriteria ketuntasan minimal (KKM), sedangkan kelas kontrol hanya mencapai 68%. Oleh karena itu, modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle 5E* pada materi senyawa hidrokarbon sudah layak dan baik untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

Kata Kunci: modul *mind map*, *learning cycle 5 fase*, senyawa hidrokarbon, hasil belajar

Abstract: Hydrocarbon compound is a difficult chemistry subject for students to understand. One of the most effective ways to improve students' understanding is by using electronic module based on mind map with 5E learning cycle approach. The purpose of this research was to see how the effectiveness of modules used in teaching and learning activities using the learning cycle 5E. This was a quasi-experimental research Nonequivalent Control Group Design Form. The quantitative data was measured by cognitive tests after learning. The implementation of an electronic learning mind map-based module using 5E learning cycle approach focusing on hydrocarbon compound in class experiment showed that in the class experiment there are 76% of students achieve the minimum passing grade. Whereas, in control class there are only 68% students who achieve the minimum passing grade. The conclusion was that the electronic learning mind map-based module using 5E learning cycle approach focusing on hydrocarbon compound chapter was suitable and more effectively used in the teaching and learning process.

Keywords: mind map module, 5 phases learning cycle, hydrocarbon compound

Senyawa hidrokarbon merupakan materi dasar yang diperlukan untuk mempelajari senyawa karbon. Terdapat beberapa konsep yang harus dipelajari siswa pada materi senyawa hidrokarbon, antara lain adalah karakteristik atom karbon, penggolongan senyawa hidrokarbon, dan senyawa haloalkana yang merupakan turunan senyawa hidrokarbon. Konsep-konsep pada senyawa hidrokarbon tersebut meliputi bentuk, gambar, dan susunan dari atom-atom Karbon (C), dan Hidrogen (H) yang terangkai dalam suatu rantai karbon (Sitorus, 2009: 57). Konsep-konsep yang terdapat dalam senyawa hidrokarbon cukup sulit dipahami siswa. Seperti yang dilaporkan Rumansyah (2003:349), Herdini (2010:24), dan Sitorus (2009:57) bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep yang terdapat dalam senyawa hidrokarbon, karena mereka disamping harus bisa mengingat jenis-jenis senyawanya, juga harus bisa mengenal struktur dasar dari senyawanya dan bisa menuliskan atau menggambarkan rumus struktur dari senyawanya serta dituntut memahami berbagai reaksi yang terjadi.

Berdasarkan hasil diskusi dengan para guru kimia dalam pertemuan Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) kimia kabupaten Lumajang terungkap bahwa mereka mengalami kesulitan dalam membelajarkan siswanya untuk memahami konsep senyawa hidrokarbon. Alasan mereka karena sebagian besar siswa cenderung belajar dengan hafalan. Kenyataan ini sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Slameto (dalam Herdini, 2010) bahwa kebanyakan siswa hanya mencoba menghafal pelajaran, sehingga mereka tidak dapat membangun konsep-konsep fundamental pada awal mereka belajar. Hal ini dapat menyebabkan pemahaman konsep kimia menjadi tidak utuh, bahkan dapat menyebabkan terjadinya kesalahan konsep pada siswa. Kesalahan konsep yang terjadi pada siswa antara lain: (1)siswa tidak memahami bahwa atom karbon (C) dapat mengikat empat atom yang berbeda; (2)siswa tidak memahami konsep isomer, terutama isomer geometris; (3)siswa tidak dapat memahami bahwa alkena lebih reaktif dibanding alkana, terkait dengan adanya ikatan rangkap. Berbagai usaha telah dilakukan untuk memecahkan masalah tersebut, antara lain pemberian tugas menyelesaikan soal-soal latihan, menggunakan media pembelajaran seperti molymod yang memberikan struktur molekul tiga dimensi, serta penggunaan bahan ajar berupa buku teks dan modul yang beredar di dunia nyata maupun di dunia maya. Akan tetapi hal tersebut belum membuat siswa dapat mengenali konsep-konsep kunci atau hubungan antar konsep yang menghasilkan peta pikiran yang baik, sehingga menciptakan pemahaman secara utuh terhadap materi senyawa hidrokarbon.

Salah satu cara yang perlu dilakukan guru untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik siswa. Modul yang digunakan untuk menghantarkan siswa untuk mencapai pembelajaran sepanjang hayat selain memperhatikan keterkaitan antar konsep tetapi juga harus dirancang dengan suatu pendekatan pembelajaran yang lebih

menempatkan siswa pada perhatian utama. Pendekatan pembelajaran yang dapat mengakomodasi hal tersebut adalah pembelajaran konstruktivistik. Salah satu model pembelajaran berbasis konstruktivistik yang sesuai adalah *learning cycle* (daur belajar). Pemilihan model pembelajaran *learning cycle* ini dengan alasan agar siswa dapat menggali, menganalisis, mengevaluasi pemahaman terhadap konsep yang dipelajari (Iskandar, 2001). Kendala yang ditemukan adalah implementasi model LC memerlukan waktu lebih panjang bila dibandingkan model ceramah. Berdasarkan kelemahan tersebut maka dibutuhkan cara yang dapat menjembatani permasalahan ini yaitu dengan menggunakan *mind map*. Pemilihan model *learning cycle* yang lima fase dan berbasis *mind map* pada penelitian ini dengan alasan karena lebih sistematis dan logis berkaitan dengan segi penyajian yang dapat menunjukkan keterkaitan antar konsep sehingga diharapkan dapat membimbing siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya mulai dari yang sederhana sampai yang kompleks.

Efektifitas modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E ditentukan oleh dua hal, yaitu *mind map* dan *learning cycle* 5E. Kedua pendekatan tersebut tersaji secara sinergis, namun dalam penerapannya *mind map* lebih dominan dibandingkan *learning cycle* 5E. Hal ini ditunjukkan dari sistem penyajian modul secara keseluruhan dalam bentuk *mind map* yang menggunakan alur *learning cycle* 5E. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana keefektifan modul yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar dengan menggunakan alur *learning cycle* 5E. Dari penelitian yang menggunakan alur *learning cycle* 5E maka dapat dilihat bagaimana efektifitas modul yang digunakan, motivasi belajar siswa terhadap pelajaran kimia, dan hasil belajar siswa. Diharapkan setelah menggunakan modul elektronik berbasis *mind map* dengan menggunakan alur *learning cycle* 5E, siswa lebih paham pada pokok bahasan senyawa hidrokarbon dan masalah yang timbul dalam proses belajar mengajar dapat diatasi atau setidaknya diminimalkan.

METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen semu (*Quasy Eksperimental Design*) bentuk nonequivalent Kontrol Group Design. Pada penelitian eksperimen ini rancangan yang digunakan hampir sama dengan *pretest-posttest* kontrol group design hanya saja pada bentuk *nonequivalent control group design* pemilihan kelompok tidak secara random (Sugiyono, 2009: 116).

Rancangan penelitian ini melibatkan satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol. Kedua kelas harus merupakan kelas yang setara dan mendapatkan perlakuan yang sama dari segi tujuan dan materi pelajaran, tetapi berbeda dalam modul pembelajarannya. Pembelajaran pada kelas eksperimen menggunakan modul pembelajaran berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E sedangkan pada kelas kontrol hanya menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* 5E. Penentuan kelas eksperimen dan kelas kontrol

berdasarkan pertimbangan dari guru pengajar dan dari nilai ulangan tengah semester. Kemudian kedua kelompok di uji kemampuan awalnya (homogen atau tidak). Desain penelitian *nonequivalent control group design* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Penelitian

Subjek	Perlakuan	Post-test
Eksperimen	Y1	X1
Kontrol	Y2	X1

Keterangan:

X1 : postest kelompok eksperimen dan kontrol

Y1 : pembelajaran pada kelompok eksperimen dengan menggunakan modul elektronik materi senyawa hidrokarbon berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle 5E*

Y2 : pembelajaran pada kelompok kontrol dengan menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle 5E*

Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 2 variabel, yaitu: variabel bebas merupakan variabel yang menjadi penyebab bagi variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan modul elektronik materi senyawa hidrokarbon berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle 5E*. Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah prestasi belajar siswa di ranah kognitif.

Populasi dan Sampel

(1) Populasi

Populasi adalah keseluruhan subjek penelitian (Arikunto, 2002: 108). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMA Negeri 2 Lumajang tahun ajaran 2012/2013 yang terdiri dari 8 kelas.

(2) Sampel

Sampel pada penelitian ini menggunakan teknik sampling kelompok tidak acak atau *cluster random*. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah kelas X1 sebagai kelas kontrol dan X3 sebagai kelas eksperimen.

Teknik Analisis Data

Untuk mengetahui efektifitas penggunaan modul hasil pengembangan berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle 5E* dibandingkan pembelajaran yang hanya menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle 5E*, maka dilakukan uji t untuk melihat adanya perbedaan nilai rata-rata siswa kelas kontrol dan eksperimen.

Ketuntasan individual dan klasikal, seorang siswa dikatakan kompeten apabila persentase (P) indikator yang dicapai sebesar $\geq 75\%$ dan secara klasikal dinyatakan tuntas. Rumus persentase P adalah sebagai berikut:

$$P_{klasikal} = \left(\frac{\text{jumlah peserta didik yang tuntas}}{\text{jumlah seluruh peserta didik}} \right) \times 100\%$$

Uji t untuk mengetahui perbedaan rata-rata ketuntasan belajar siswa yang menggunakan modul elektronik pembelajaran kimia berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E dan yang hanya menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* 5E. Setelah dilakukan uji prasyarat analisis, maka selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis menggunakan uji t dua ujung.

Kriteria ketuntasan minimal (KKM) di SMA Negeri 2 Lumajang adalah 75. Jadi siswa telah memenuhi ketuntasan belajar apabila mendapat nilai tes 75.

HASIL

Efektifitas modul pembelajaran dilihat dari ketuntasan belajar

Untuk mengetahui efektifitas penggunaan modul pembelajaran dapat dilihat dari ketuntasan belajar. Ketuntasan individual dan klasikal, seorang siswa dikatakan kompeten apabila persentase (P) indikator yang dicapai sebesar $\geq 75\%$ dan secara klasikal apabila $\geq 75\%$ individu tuntas. Pada penelitian ini, pengembang ingin mengetahui efektifitas penggunaan modul elektronik materi senyawa hidrokarbon berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E pada kelas eksperimen jika dibandingkan dengan kelas kontrol yang hanya menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* 5E.

Perbedaan kemampuan awal di kedua kelas tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan perbedaan nilai posttest di kedua kelas tersebut pada Tabel 3.

Tabel 2. Data Kemampuan Awal Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Kelas	Nilai Ulangan Tengah Semester		
	Jumlah siswa tuntas	Nilai Rata-rata	Persentase
Kelas control	17	73	50,0%
Kelas eksperimen	25	77	73,5%

Tabel 3. Data Nilai Posttest Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Kelas	Nilai Posttest		
	Jumlah siswa tuntas	Nilai rata-rata	Persentase
Kelas control	23	76	67,6%
Kelas eksperimen	26	81	76,5%

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, maka dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Setelah menggunakan modul elektronik materi senyawa hidrokarbon berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E pada kelas eksperimen menunjukkan persentase ketuntasan meningkat hingga mencapai 76,5%. Dengan demikian penggunaan modul pembelajaran berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E dapat dikatakan efektif meningkatkan hasil belajar siswa.

Efektifitas Modul Pembelajaran Dilihat Dari Hasil Uji t

Efektifitas penggunaan modul pembelajaran ditentukan dari perbedaan nilai rata-rata ketuntasan belajar siswa yang menggunakan modul pembelajaran berbasis

mind map dengan pendekatan *learning cycle* 5E pada materi senyawa hidrokarbon dan yang hanya menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* 5E pada pembelajaran materi senyawa hidrokarbon. Kriteria ketuntasan minimal (KKM) di SMA Negeri 2 Lumajang adalah 75. Jadi siswa telah memenuhi ketuntasan belajar apabila mendapat nilai tes 75.

Untuk mengetahui adanya perbedaan nilai rata-rata ketuntasan belajar antara kelas kontrol dan kelas eksperimen maka perlu di lakukan uji t. Sebelum uji t, kedua kelas tersebut di uji normalitas dan homogenitas baik kemampuan awal maupun nilai postestnya. Analisa data uji normalitas, homogenitas, dan uji t kemampuan awal dan nilai postest adalah sebagai berikut.

1. Data Nilai Awal (Nilai UTS)

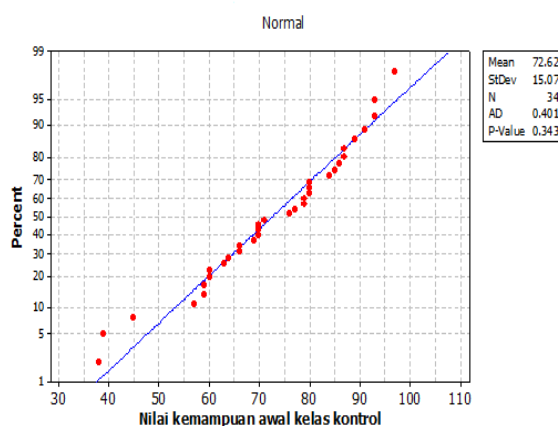
a. Uji Normalitas Data

Data nilai awal Kelas Kontrol

Normalitas data dapat diuji dengan Anderson Darling Test, hipotesisnya sebagai berikut:

Ho : Data menyebar normal

H1 : Data tidak menyebar normal



Gambar 1. Grafik Uji Normalitas Nilai Awal Kelas Kontrol dengan Metode Anderson Darling

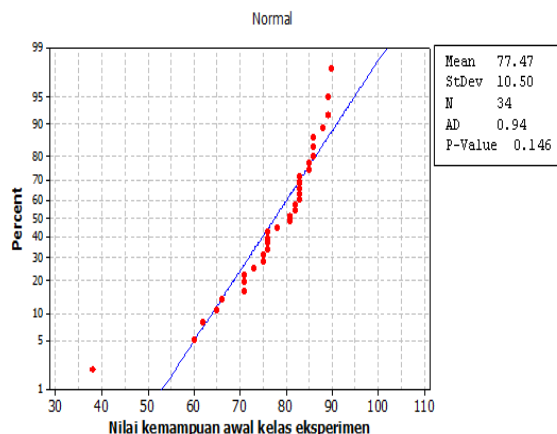
Dari hasil uji Anderson Darling didapatkan P-Value sebesar $0,343 > \text{Alpha}$ (0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa data menyebar normal, sehingga asumsi normalitas data untuk analisis Uji t terpenuhi.

Data Nilai Awal Kelas Eksperimen

Normalitas data dapat diuji dengan Anderson Darling Test, hipotesisnya sebagai berikut:

Ho : Data menyebar normal

H1 : Data tidak menyebar normal



Gambar 2. Grafik Uji Normalitas Nilai Awal Kelas Eksperimen dengan Metode Anderson Darling

Dari hasil uji Anderson Darling didapatkan P-Value sebesar $0,146 > \text{Alpha}$ (0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa data menyebar normal, sehingga asumsi normalitas data untuk analisis Uji t terpenuhi.

b. Uji Homogenitas dengan Statistik Uji Levene

Ho : Ragam error menyebar secara homogen

H1 : Ragam error menyebar secara tidak homogen

Hasil Levene's Test (tabel *independent sample test*) menunjukkan nilai F (0,816) dengan nilai P-value sebesar $0,19 > \text{alpha}$ (0,05). Sehingga dapat disimpulkan bahwa ragam error menyebar homogen => asumsi homogenitas terpenuhi

c. Hasil Analisis dengan Uji t

Diasumsikan ragam populasi antara kontrol dan eksperimen sama, :

Ho : Nilai awal kelas kontrol dan kelas eksperimen sama

H1 : Terdapat perbedaan yang nyata antara nilai awal kelas kontrol dan kelas eksperimen

Nilai statistik Uji t = -1,540 dengan derajat bebas 66 sehingga didapatkan P-value (0,128) > alpha (0,05). Sehingga keputusan analisis: terima Ho, dapat disimpulkan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% tidak terdapat perbedaan yang nyata antara nilai awal kelas kontrol dengan nilai awal kelas eksperimen.

Dilihat dari Mean difference (-4.85) berada didalam selang kepercayaan 95% perbedaan rata-rata (-11,14 : 1,43) sehingga keputusan: terima Ho, tidak terdapat perbedaan yang nyata antara nilai awal kelas kontrol dengan nilai awal kelas eksperimen.

2. Data Nilai Postest

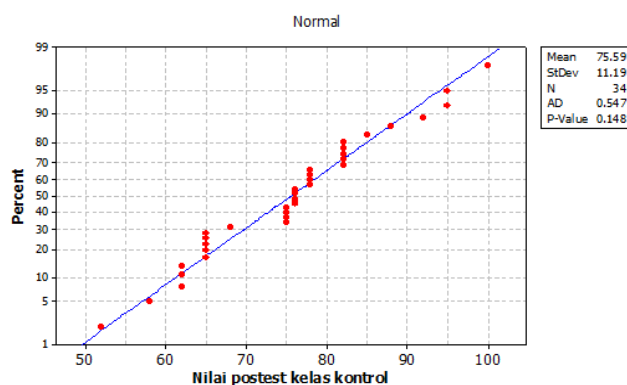
a. Uji Normalitas Data

Data Nilai Postest (Ulangan Harian Hidrokarbon) Kelas Kontrol

Normalitas data dapat diuji dengan *Anderson Darling Test*, hipotesisnya sebagai berikut:

Ho : Data menyebar normal

H1 : Data tidak menyebar normal



Gambar 3. Grafik Uji Normalitas Nilai Postest Kelas Kontrol dengan Metode Anderson Darling

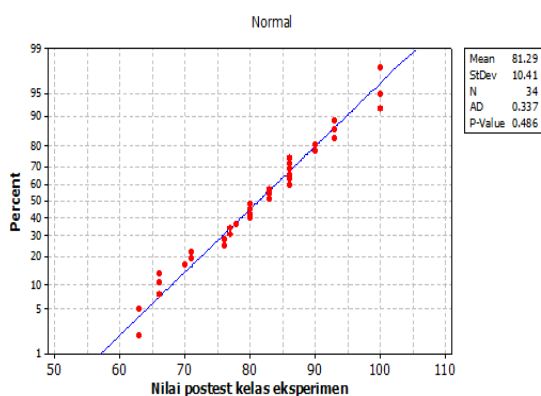
Dari hasil uji Anderson Darling didapatkan P-Value sebesar $0,148 > \text{Alpha}$ (0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa data menyebar normal, sehingga asumsi normalitas data untuk analisis Uji t terpenuhi.

Data nilai postest (Ulangan Harian Hidrokarbon) Kelas Eksperimen

Normalitas data dapat diuji dengan *Anderson Darling Test*, hipotesisnya sebagai berikut:

Ho : Data menyebar normal

H1 : Data tidak menyebar normal



Gambar 4. Grafik Uji Normalitas Nilai Postest Kelas Eksperimen dengan Metode Anderson Darling

Dari hasil uji Anderson Darling didapatkan P-Value sebesar $0,486 > \text{Alpha}$ (0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa data menyebar normal, sehingga asumsi normalitas data untuk analisis Uji t terpenuhi.

b. Uji Homogenitas dengan Statistik Uji Levene

Ho : Ragam *error* menyebar secara homogen

H1 : Ragam *error* menyebar secara tidak homogen

Hasil Levene's *Test* (tabel *independent sample test*) menunjukkan nilai F (0,011) dengan nilai P-value sebesar $0,918 > \alpha (0,05)$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ragam *error* menyebar homogen => asumsi homogenitas terpenuhi

c. Hasil Analisis dengan Uji t

Diasumsikan ragam populasi antara kontrol dan eksperimen sama:

Ho : Nilai posttest (UH Hidrokarbon) kelas kontrol dan kelas eksperimen sama

H1 : Terdapat perbedaan yang nyata antara nilai posttest (UH Hidrokarbon) kelas kontrol dan kelas eksperimen

Nilai statistik Uji t = -2,177 dengan derajat bebas 66 sehingga didapatkan P-value (0,033) < alpha (0,05). Sehingga keputusan analisis: tolak Ho, dapat disimpulkan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% terdapat perbedaan yang nyata antara nilai posttest (UH Hidrokarbon) kelas kontrol dengan nilai posttest (UH Hidrokarbon) kelas eksperimen.

Dilihat dari Mean difference (2,62) berada di luar selang kepercayaan 95% perbedaan rata-rata (-10,93 : -0,473) sehingga keputusan: tolak Ho, terdapat perbedaan yang nyata antara nilai posttest (UH Hidrokarbon) kelas kontrol dengan nilai posttest (UH Hidrokarbon) kelas eksperimen.

Berdasarkan analisis dengan uji t dapat diketahui bahwa adanya perbedaan yang nyata antara nilai posttest kelas eksperimen yang menggunakan modul elektronik materi senyawa hidrokarbon berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E dengan nilai posttest kelas kontrol yang hanya menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* 5E.

PEMBAHASAN

Efektivitas modul pembelajaran dilihat dari ketuntasan belajar

Keefektifan penggunaan modul elektronik hasil pengembangan pada materi senyawa hidrokarbon dapat dilihat dari ketuntasan belajar. Dari data hasil belajar dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pada kelas eksperimen sebesar 81 sedangkan kelas kontrol sebesar 76. Pencapaian ketuntasan belajar untuk mata pelajaran kimia di SMA Negeri 2 Lumajang adalah 75, modul elektronik tersebut dinyatakan efektif apabila diperoleh minimal 75% siswa telah mencapai KKM. Sehingga berdasarkan hasil yang diperoleh siswa pada kelas eksperimen (yang menggunakan modul elektronik berbasis *mind map*) dapat diketahui bahwa 34 siswa yang mengikuti pembelajaran ini sebanyak 26 siswa telah tuntas belajar atau siswa yang tuntas belajar sebesar 76%. Sedangkan pada kelas kontrol (tanpa modul elektronik berbasis *mind map*) dapat diketahui bahwa 34 siswa yang mengikuti pembelajaran ini sebanyak 23 siswa telah tuntas belajar atau siswa yang tuntas belajar sebesar

68%. Ketercapaian ketuntasan belajar pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan pada kelas kontrol. Pada kelas eksperimen telah memenuhi kriteria minimal 75% siswa telah mencapai KKM, sedangkan kelas kontrol belum memenuhi kriteria tersebut. Dengan demikian dapat diketahui bahwa penggunaan modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E pada materi senyawa hidrokarbon efektif meningkatkan hasil belajar siswa.

Efektifitas modul pembelajaran dilihat dari hasil uji t

Selain dapat dilihat dari ketuntasan belajar, efektifitas modul pembelajaran dapat dilihat dari hasil uji t. Efektifitas penggunaan modul pembelajaran ditentukan dari perbedaan nilai rata-rata ketuntasan belajar siswa yang menggunakan modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E dan yang hanya menggunakan modul dengan pendekatan *learning cycle* 5E (tanpa *mind map*) pada pembelajaran materi senyawa hidrokarbon. Sebelum dilakukan uji t, pada kedua kelas di uji normalitas dan homogenitas menggunakan data nilai tengah semester. Berdasarkan uji tersebut dapat diketahui bahwa kedua kelas memenuhi kriteria normalitas dan homogenitas.

Setelah ditentukan bahwa kedua kelas adalah homogen, maka selanjutnya dilakukan uji t untuk mengetahui adanya perbedaan atau tidak diantara hasil belajar siswa kedua kelas tersebut. Berdasarkan hasil uji t yang diperoleh dari data hasil postes pada kedua kelas tersebut dapat diketahui bahwa adanya perbedaan yang nyata antara nilai posttest kelas eksperimen yang menggunakan modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E dengan nilai posttest kelas kontrol yang hanya menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* 5E (tanpa *mind map*).

Berdasarkan semua data yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E layak digunakan untuk siswa SMA khususnya pada materi senyawa hidrokarbon. Hal ini didukung dengan perbandingan selisih nilai rata-rata posttest kelas kontrol dan eksperimen pada penelitian ini dan penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini menggunakan pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* berbantuan modul elektronik berbasis *mind map*, sedangkan pada penelitian sebelumnya menggunakan pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* berbantuan peta konsep.

Ditinjau dari rata-rata nilai posttest kelas kontrol dan eksperimen pada penelitian ini diperoleh selisih diantara keduanya yaitu sebesar 5. Sedangkan pada penelitian sebelumnya yaitu tesis dengan judul “Pengaruh *Learning Cycle* Berbantuan Peta Konsep untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Kimia di SMA Negeri 2 Malang”, diperoleh selisih rata-rata nilai posttest antara kelas kontrol dan eksperimen yaitu sebesar 3. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan pendekatan *learning cycle* lebih efektif jika menggunakan bantuan modul elektronik berbasis *mind map* dibandingkan dengan menggunakan peta konsep.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan evaluasi terhadap hasil belajar siswa, maka siswa yang dibelajarkan dengan modul elektronik materi senyawa hidrokarbon berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E lebih efektif dibandingkan dengan yang dibelajarkan dengan model pembelajaran yang sama tanpa berbasis *mind map*.

Pada pengembangan modul elektronik berbasis *mind map* dengan pendekatan *learning cycle* 5E materi senyawa hidrokarbon dilakukan proses pembelajaran dengan menggunakan rancangan eksperimen semu. Namun dalam penelitian ini hanya menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat membandingkan antara sebelum dan sesudah dilakukan pembelajaran dengan menggunakan hasil pengembangan yaitu dengan menggunakan rancangan penelitian eksperimen sesungguhnya (*True Experimental Design*).

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Herdini. 2010. Upaya Peningkatan Kualitas Pembelajaran Melalui Pemberian Tugas Membuat Peta Pikiran (Mind Map) pada Mata Kuliah Kimia Organik I. *Journal of Education*, 1(2): 23-31.
- Iskandar, S.M. 2001. *Strategi Pembelajaran Konstruktivistik dalam Kimia*. Malang: Jurusan Kimia FMIPA UM.
- Iskandar, S.M. 2001. *Penelitian Tindakan Kelas Kolaboratif untuk Mengatasi Kesulitan Siswa Kelas I SMU Memahami Pokok Bahasan Alkana, Alkena, Alkuna dengan Menggunakan Pendekatan Konstruktivisme*. Makalah disajikan dalam Seminar Proceeding National Seminar on Science and Mathematics education, Universitas Negeri Malang, Malang, 21 Agustus.
- Rumansyah. 2003. Meningkatkan Pemahaman Siswa terhadap Konsep Kimia Karbon melalui Strategi Peta Konsep (*Concept Mapping*). *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 9: 042.
- Sitorus, L. 2009. Penerapan Media Komputer Pada Pengajaran Senyawa Hidrokarbon Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 4(2): 56-59.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Trianto, 2007. *Model Pembelajaran Terpadu dalam Teori dan Praktek*. Jakarta: Prestasi Pustaka.

Ririn Eva Hidayati_Pembelajaran Kimia

Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis CORE (*Connecting, Organizing, Reflecting and Extending*)

Ririn Eva Hidayati
MAN 1 Kota Malang
Jl. Baiduri Bulan No. 40 Malang, Telp. 0341-551752
e-mail: ririneva@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kelayakan lembar kerja siswa (LKS) berbasis CORE (connecting, organizing, reflecting and extending) yang dikembangkan untuk meningkatkan hasil belajar siswa MAN 1 Kota Malang. Pengembangan LKS menggunakan model 4-D dengan rancangan penelitian *one group pretest – posttest design*. Sampel dalam penelitian ini adalah 32 orang siswa kelas X MIPA 3 MAN 1 Kota Malang tahun pelajaran 2016/2017. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah validasi, observasi, tes dan angket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: validitas LKS berkategori valid; tingkat keterbacaan LKS berkategori baik; aktivitas siswa dalam pembelajaran berpusat pada siswa; mayoritas respon siswa positif terhadap pembelajaran; seluruh siswa mencapai kriteria ketuntasan hasil belajar aspek sikap, pengetahuan dan keterampilan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa LKS berbasis CORE yang dikembangkan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

Kata kunci: lembar kerja siswa (LKS), CORE, hasil belajar.

Abstract: The purpose of this research was to describe the feasibility of student worksheet base on CORE (connecting, organizing, reflecting and extending) to improve MAN 1 Kota Malang student learning achievement. The development of student worksheet used four D models with research design was one group pretest - posttest design. Sample used in this research were 32 students of grade X MIPA 3 MAN 1 Kota Malang academic year of 2016/2017. The technique of data collection in this reseach were validation, observation, test and questionnaire. The results showed that the validity of the student worksheet was valid, the readability level of student worksheet was good category, the students activities refers to student centered learning, majority of students gave positive response to learning process, all of the students achieved learning completeness criteria on aspect of attitude, knowledge and skills. Base on these results could be concluded that the student worksheet base on CORE (connecting, organizing, reflecting and extending) was feasible to use in learning process.

Keywords: student worksheet, CORE, learning achievement.

Kimia merupakan salah satu cabang ilmu sains yang sangat penting (Sirhan, 2007:2). Ilmu kimia mengkaji adanya fakta yang dipelajari melalui observasi atas gejala-gejala alam maupun suatu kerja ilmiah yang menghasilkan suatu konsep dalam bentuk hukum dan teori. Pemahaman konsep yang ada ini dapat dibangun

siswa secara mandiri maupun dengan bimbingan guru. Baik guru maupun siswa dapat menggunakan bahan ajar yang sudah ada untuk membatu proses pembelajaran dan pemahaman materi kimia.

Peraturan Pemerintah nomor 19 tahun 2005 Pasal 20 mengisyaratkan bahwa guru diharapkan mengembangkan materi pembelajaran, yang kemudian dipertegas melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional (Permendiknas) nomor 41 tahun 2007 tentang Standar Proses, yang antara lain mengatur tentang perencanaan proses pembelajaran yang mensyaratkan bagi pendidik pada satuan pendidikan untuk mengembangkan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP). Salah satu elemen dalam RPP adalah sumber belajar. Dengan demikian, guru diharapkan untuk mengembangkan bahan ajar sebagai salah satu sumber belajar (Depdiknas, 2008:1)

Bahan ajar merupakan komponen pendukung yang penting dalam usaha pencapaian tujuan pembelajaran. Fakta dilapangan menyebutkan bahwa bahan ajar yang biasa digunakan guru sebagai rujukan dalam mengajar adalah buku paket, LKS, dan buku referensi lainnya yang relevan. Persepsi guru menyatakan bahwa membuat bahan ajar merupakan pekerjaan yang sulit dan memakan waktu serta tenaga yang tidak sedikit.

Beberapa materi dalam pelajaran kimia sulit dipahami oleh siswa ataupun sulit dijelaskan oleh guru. Kesulitan tersebut terjadi karena kimia mencakup kajian yang konseptual dan konsep-konsep yang abstrak (Sirhan, 2007:2; Reid, 2008:51). Konsep tersebut memiliki karakteristik abstrak karena membahas tentang atom, molekul, ion yang tidak dapat dilihat secara kasat mata. Ilmu kimia tidak hanya sekedar memecahkan memecahkan soal-soal, tetapi konsep-konsep yang dipelajari didalamnya berkaitan satu sama lain dalam cakupan ilmu kimia maupun cabang sains lainnya (Sirhan, 2007:2).

Reid (2008:51) menyatakan bahwa materi yang berhubungan dengan perhitungan dan mol merupakan materi yang dianggap sulit oleh siswa. Hal ini juga didukung oleh Gulacar dkk. (2013:44) yang menyatakan bahwa stoikiometri merupakan salah satu materi yang kompleks dalam kimia yang membuat kebanyakan siswa merasa kesulitan mempelajari kimia. Materi dalam pelajaran kimia di SMA yang membahas perhitungan mol adalah stoikiometri dan hukum-hukum dasar kimia. Stoikiometri mencakup konsep-konsep hukum-hukum dasar kimia, perhitungan kimia, dan rumus-rumus, konsep mol serta reaksi-reaksi kimia.

Pokok bahasan stoikiometri sangat perlu diajarkan dengan baik karena pokok bahasan stoikiometri merupakan salah satu materi dasar dan prasyarat untuk mempelajari materi-materi kimia, terutama materi-materi yang menyangkut perhitungan kimia (Rijani, 2011:2). Siswa kelas X SMA seharusnya dapat menguasai materi pokok stoikiometri dengan baik, sehingga dapat digunakan sebagai bekal untuk belajar kimia lebih lanjut. Kelemahan dan keberhasilan siswa dalam memahami konsep stoikiometri ini sangat berpengaruh untuk penguasaan konsep kimia berikutnya.

Pembelajaran berbasis CORE menyertakan empat tahap pembelajaran yaitu *connecting*, *organizing*, *reflecting*, dan *extending*. Tahapan tersebut dapat digunakan untuk mengonstruksi pemahaman siswa melalui urutan instruksi selama aktivitas pembelajaran berlangsung. Pertama, siswa dihubungkan dengan fakta yang ditemuinya dalam kehidupan sehari-hari dengan topik yang ada dalam pembelajaran sains. Selanjutnya, siswa mengorganisasi informasi tersebut menjadi suatu konsep dasar. Kemudian, siswa melakukan refleksi dari masalah yang muncul pada konsep dasar dan mendiskusikannya dalam kelompok diskusi. Terakhir, siswa dapat mengembangkan konsep tersebut pada cakupan masalah yang lebih luas lagi (Calfee, dkk., 2004). Pembelajaran berbasis CORE diharapkan menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan pemecahan masalah matematis siswa (Kumalasari, 2011:222). Berdasarkan informasi yang didapat pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yahya (2012) menghasilkan bahan ajar berbasis CORE yang sudah divalidasi dan dapat digunakan dalam pembelajaran materi alkana, alkena, alkuna. Dari hasil penelitian tersebut, peneliti tertarik untuk menggunakan model CORE ini dalam pengembangan bahan ajar yang akan disusun.

Atas dasar permasalahan di atas, peneliti terdorong untuk mengembangkan lembar kerja siswa (LKS) yang dapat menunjang proses pembelajaran kimia. Adapun materi yang dipilih untuk dikembangkan adalah materi stoikiometri. Materi ini sudah pernah dikembangkan dengan bantuan media audio visual, menggunakan metode *Problem Based Learning* (PBL), dan dengan pendekatan saintifik. Peneliti ingin menggunakan metode terbaru dalam pengembangan materi stoikiometri ini.

Pada pengembangan LKS juga perlu memperhatikan bentuk atau jenis lembar kerja siswa yang dikembangkan. Lembar kerja siswa (LKS) cetak dianggap paling sesuai untuk membantu kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan uraian yang disampaikan di atas dianggap perlu untuk dikembangkan LKS berbasis CORE pada materi stoikiometri.

METODE

Desain dalam penelitian mengikuti pengembangan perangkat oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974) (dalam Ibrahim, 2001) yang terdiri dari 4 tahapan, yaitu tahap pendefinisian (*define*), tahap perancangan (*design*), tahap pengembangan (*develop*), dan tahap penyebaran (*disseminate*), namun dalam penelitian ini hanya dibatasi pada tahap *develop*.

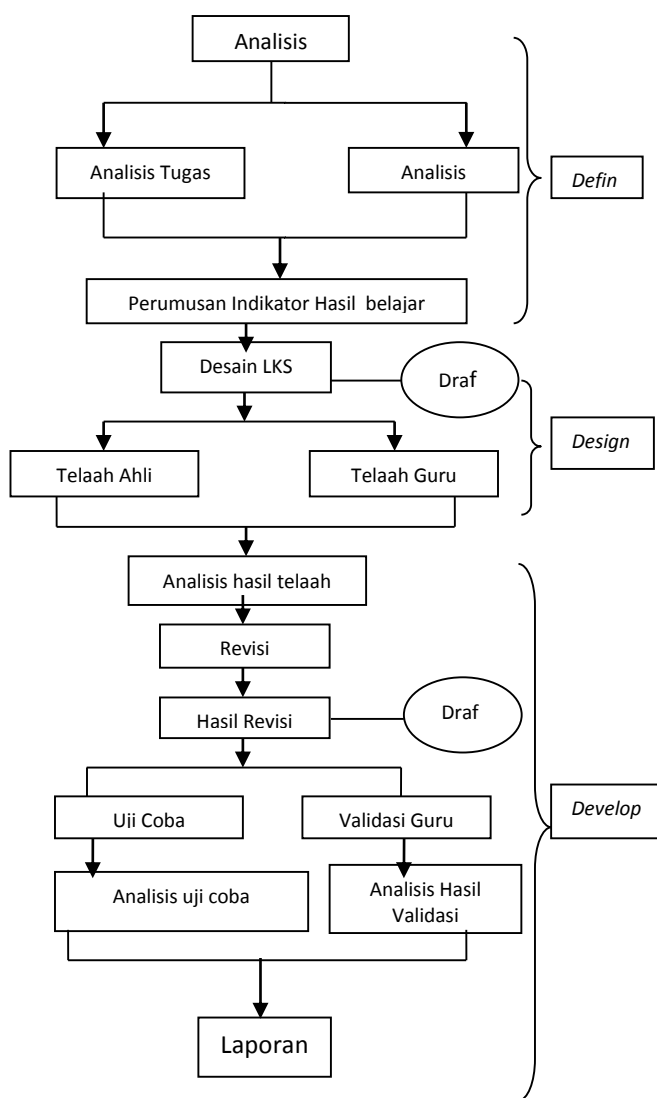
Hasil pengamatan terhadap aktivitas siswa digunakan sebagai pendukung kelayakan. Secara prinsip pengembangan LKS ini menggunakan desain pengembangan perangkat oleh Thiagarajan dengan disertai penyesuaian-penyesuaian seperlunya. Rancangan pengembangan ini dapat digambarkan dengan diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Metode analisis validitas komponen isi, kebahasaan, penyajian, dan kesesuaian dengan langkah-langkah CORE yang dikembangkan dianalisis dengan deskriptif kuantitatif, yaitu dengan memberikan gambaran dan paparan tentang lembar kerja siswa (LKS) dengan basis CORE berdasarkan indikator penilaiannya

dengan persentase. Persentase dari data angket ini diperoleh berdasarkan perhitungan skala Likert seperti pada Tabel 1. Untuk menghitung persentase digunakan rumus:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{jumlah skor hasil pengumpulan data}}{\text{skor kriteria}} \times 100\%$$

Skor kriteria = skor tertinggi x jumlah aspek x jumlah responden



Gambar 1. Diagram alir Rancangan pengembangan LKS

Tabel 1. Skala Likert

Penilaian	Nilai Skala
Sangat Kurang	0
Kurang	1
Cukup	2
Baik	3
Sangat Baik	4

(Sumber: Riduwan, 2008)

Persentase yang diperoleh diinterpretasikan ke dalam kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan kriteria tersebut, LKS berbasis CORE dalam penelitian ini dikatakan memenuhi kriteria apabila hasil persentase untuk validitas komponen isi, kebahasaan, penyajian, dan kesesuaian dengan langkah-langkah CORE masing-masing $\geq 61\%$ dinyatakan kuat atau sangat kuat, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran.

Tabel 2. Kriteria Persentase (Skala Likert)

Persentase (%)	Kriteria
0 – 20	Sangat Lemah
21 – 40	Lemah
41 – 60	Cukup
61 – 80	Kuat
81 – 100	Sangat Kuat

(Sumber: Riduwan, 2008)

Metode analisis validitas keterbacaan adalah data yang diperoleh dari siswa dianalisis secara deskriptif kuantitatif, yaitu dengan memberikan gambaran dan paparan tentang LKS berbasis CORE berdasarkan indikator penilaiannya dengan persentase. Persentase data angket diperoleh berdasarkan perhitungan skor penilaian yaitu jawaban “Ya” dan “Tidak”. Persentase data angket yang diperoleh dihitung berdasarkan skala Guttman pada Tabel 3. Untuk menghitung persentase digunakan rumus: $P (\%) = \frac{F}{N} \times 100\%$

Dengan:

P = Persentase jawaban responden (siswa)

F = Jumlah jawaban Ya/Tidak dari responden (siswa)

N = Jumlah responden (siswa)

Persentase yang diperoleh diinterpretasikan ke dalam kriteria persentase skala Likert seperti dalam Tabel 2. Berdasarkan kriteria tersebut, lembar kerja siswa (LKS) berbasis CORE dalam penelitian ini dikatakan memenuhi kriteria apabila hasil persentase untuk validitas keterbacaan siswa $\geq 61\%$ dinyatakan kuat atau sangat kuat, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran.

Tabel 3. Skala Guttman

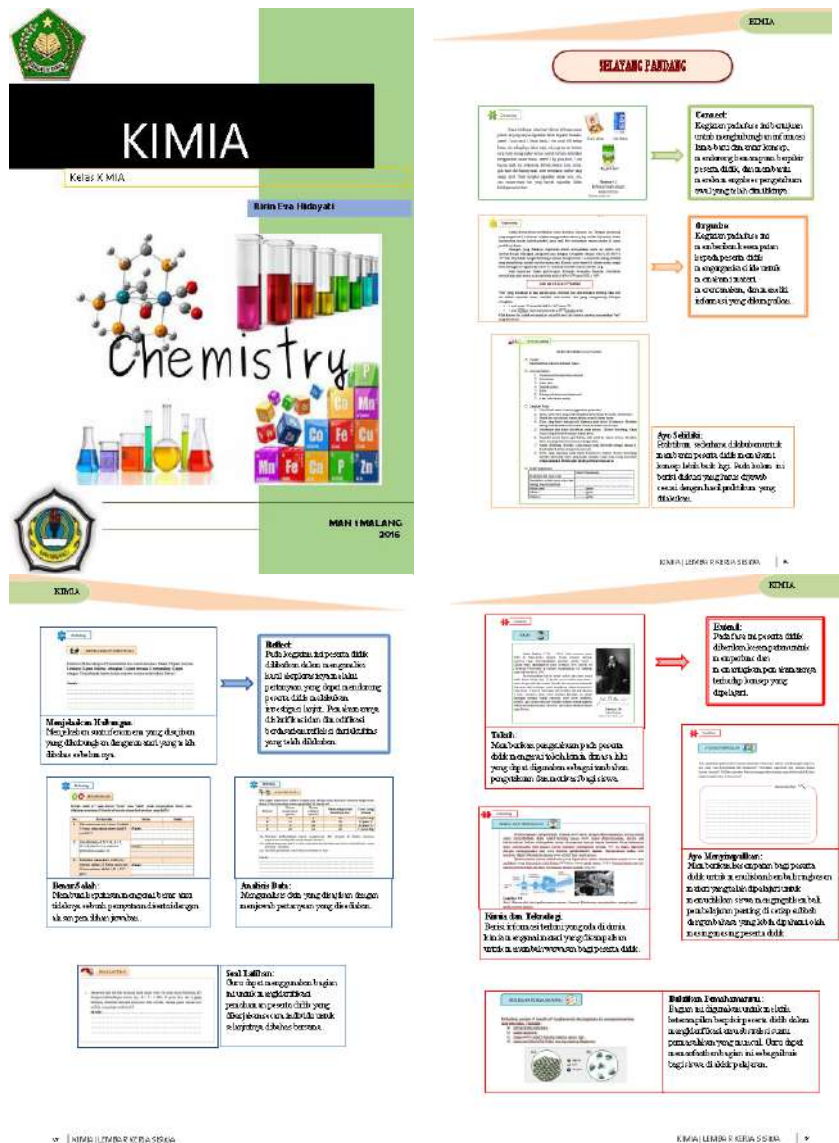
Jawaban	Nilai / Skor
Ya	1
Tidak	0

(Sumber: Riduwan, 2008)

Metode analisis aktivitas siswa adalah data aktivitas siswa diperoleh dari dua orang pengamat. Data aktivitas dianalisis dengan menghitung persentase (%) yaitu banyaknya frekuensi tiap aktivitas dibagi dengan seluruh frekuensi aktivitas dikali 100%. Selanjutnya dideskripsikan mengenai aktivitas mana yang lebih dominan muncul.

HASIL

Gambar 2 menunjukkan tampilan LKS berbasis CORE yang telah dihasilkan, dengan nilai hasil validasi LKS mendapatkan skor 3,81.

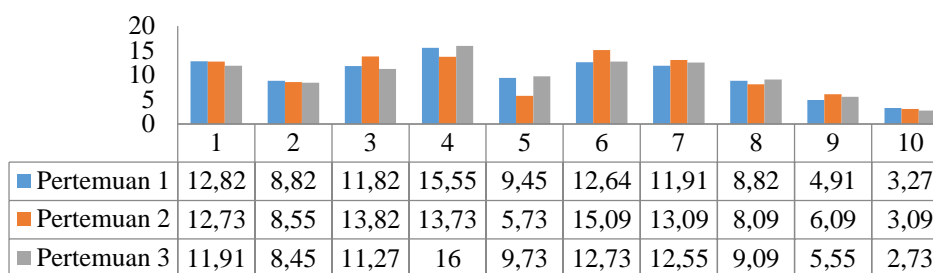


Gambar 2. Tampilan LKS berbasis CORE

Hasil penilaian keterlaksanaan RPP disajikan dalam Tabel 4. Aktivitas siswa selama proses pembelajaran disajikan pada Gambar 3. Penilaian hasil belajar yang diukur melalui pretest dan postest disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 4. Keterlaksanaan RPP

Aspek yang dinilai	Skor	Kategori
Pendahuluan	3,69	Baik
Inti	3,4	Baik
Penutup	3,58	Baik
Pengelolaan Kelas	3,29	Baik



Gambar 3. Persentase Aktivitas Siswa

Aspek aktivitas siswa:

1. Memperhatikan penjelasan guru atau teman.
2. Membuat pertanyaan, bertanya pada guru atau teman.
3. Membaca (mencari informasi).
4. Melakukan pengamatan percobaan.
5. Mencatat hasil pengamatan percobaan.
6. Mendiskusikan tugas.
7. Berkerjasama
8. Bertanggung jawab terhadap tugas kelompok.
9. Mengemukakan ide (menjawab pertanyaan).
10. Perilaku tidak relevan.

Tabel 5. Hasil Pretest dan Posttest

No	Nama	Pretest	Posttest
1	Alfa La Tansa	64	81
2	Amilia Qurota	60	59
3	Andien Sahira	76	81
4	Atala Farah M	88	94
5	Auliya Rohmah	76	81
6	Awalina Ridha	80	84
7	Carrisa S	88	94
8	Dewi Sri P	28	47
9	Dita Amalia R	64	81
10	Early B N	80	81
11	Fakhrun Nisak	48	63
12	Fariska Nur N	84	84
13	Friska Sisil M	80	88
14	Hana Silmi A	60	81
15	Hazara N R	64	66
16	Irna Mulyani	56	69
17	Jihan Mutidah	72	81
18	Laili Nur H	68	75
19	Marine B S	64	69
20	Melya Putri A	20	59
21	Nabila Fitri R	64	72
22	Nadila C	36	78
23	Nila M	56	59
24	Putri A	76	81
25	Rana Afifah	72	75
26	Rochmatul I	64	66
27	Salma Rosyida	68	72
28	Shelby Sasana	56	69
29	Syafira Adiba	64	72
30	Tariska T	68	91
31	Virlin Ni'matul	60	63
32	Yasmin N N	84	88
	Total	2088	2404
	Rata-Rata	65,25	75,13

PEMBAHASAN

Lembar kerja siswa (LKS) berbasis CORE berdasarkan model pengembangan 4-D, telah divalidasi oleh para ahli yang berkompeten dan disempurnakan, dinyatakan sudah layak digunakan dalam pembelajaran berbasis CORE.

Penyusunan dan keterlaksanaan RPP merupakan bagian penting dalam keberhasilan siswa mencapai tujuan pembelajaran yang direncanakan maupun keberhasilan guru dalam menerapkan tahap-tahap pembelajaran. Keterlaksanaan RPP diukur dengan menggunakan lembar pengamatan yang diisi oleh dua orang pengamat selama pembelajaran berlangsung. Tabel 4 menunjukkan bahwa guru berhasil melaksanakan langkah-langkah kegiatan pembelajaran berbasis CORE dengan baik.

Aktivitas siswa merupakan faktor yang sangat penting dalam proses belajar mengajar kimia. Berdasarkan data pada Gambar 3, dapat dinyatakan bahwa pembelajaran berbasis CORE yang dilakukan dapat melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran.

Respon siswa terhadap pembelajaran sangat mempengaruhi proses hasil belajar siswa. Apabila siswa tidak memberikan respon yang baik terhadap pembelajaran, maka tidak dapat diharapkan akan berhasil dengan baik mempelajari suatu konsep. Sebaliknya, apabila siswa merespon dengan baik suatu pembelajaran, maka diharapkan hasilnya akan menjadi lebih baik. Sehingga efektivitas pembelajaran dapat diukur dengan melihat respon siswa terhadap kegiatan pembelajaran. Sebagian besar siswa memberikan respon positif terhadap proses pembelajaran, hal tersebut berarti siswa tertarik apabila pembelajaran dengan pendekatan saintifik diterapkan dalam pembelajaran kimia selanjutnya dan pada mata pelajaran selain kimia, hal tersebut sesuai dengan pendapat Flick & Lederman (2006) bahwa penelitian ilmiah (*scientific research*) adalah ibarat game dengan dua *players*, yaitu ilmuwan yang bertanya dan alam/kehidupan yang memberikan jawaban.

Respon positif siswa tersebut diharapkan dapat memberikan harapan perubahan penyelesaian masalah-masalah bangsa dengan cara-cara yang lebih bijaksana dan tidak anarkis karena siswa-siswa tersebut adalah generasi penerus bangsa, hal tersebut sesuai dengan pendapat Moore & Parker (2012) bahwa keterampilan berpikir kritis adalah sebuah panduan untuk membuat keputusan yang bijaksana tentang apa yang harus dipikirkan dan dilakukan.

Penilaian hasil belajar siswa mengacu pada Permendikbud No. 104 Tahun 2014, yang menyatakan bahwa penilaian hasil belajar merupakan proses pengumpulan informasi/bukti tentang capaian pembelajaran siswa dalam aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang dilakukan secara terencana dan sistematis selama dan setelah proses pembelajaran.

Pembelajaran berbasis CORE efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa dikarenakan tahapan-tahapan yang ditawarkan dalam kegiatan pembelajaran

disesuaikan dengan taraf perkembangan kognitif siswa yaitu tahap operasional formal, suatu tahap dimana siswa sudah dapat berpikir secara abstrak/symbolik dan menyelesaikan masalah dengan menggunakan eksperimen. Menurut Piaget pembelajaran yang dirancang dan dilaksanakan dengan menyesuaikan kemampuan dan karakteristik siswa akan menjadi lebih bermakna (Slavin, 2008). Pembelajaran yang bermakna bagi siswa berdampak positif terhadap kemajuan belajar.

Sejalan dengan teori Piaget, Vygotsky menyatakan bahwa suatu pembelajaran dapat terlaksana dengan baik apabila siswa bekerja atau belajar menangani tugas-tugas atau masalah kompleks yang masih berada pada jangkauan kognitif siswa atau tugas-tugas tersebut berada pada daerah perkembangan terdekatnya (*zone of proximal development*). Dalam pembelajaran guru semestinya menyajikan permasalahan-permasalahan untuk diselesaikan oleh siswa yang berada di antara kemampuan aktual dan kemampuan potensial siswa (Yohanes, 2010). Pembelajaran berbasis CORE merupakan salah satu alternatif model yang cocok diterapkan dalam rangka menciptakan pembelajaran yang baik.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: validitas LKS berkategori valid; tingkat keterbacaan LKS berkategori baik; aktivitas siswa dalam pembelajaran berpusat pada siswa; mayoritas respon siswa positif terhadap pembelajaran; seluruh siswa mencapai kriteria ketuntasan hasil belajar aspek sikap, pengetahuan dan keterampilan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa LKS berbasis CORE yang dikembangkan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Rosda
- Calfee, R.C. & Miller, R.G. 2004. *Making Thinking Visible: A Method to Encourage Science Writing in the Upper Elementary Grades*. *Science and Children*, (Online), 42(3): 20-25, (www.roxannegmiller.com, diakses 31 Agustus 2015).
- Calfee, R.C. & Miller, R.G. 2005. *Breaking Ground: Constructing Authentic Reading-Writing Assessments for Middle and Secondary School Students*. Dalam Indrisano, R dan Paratore, J. (Eds.), *Learning to Write, Writing to Learn: Theory and Research in Practice* (hlm. 203-219). Delaware: IRA.
- Calfee, R.C., Curwen, M.S., & Miller, R.G. 2010. Increasing Teachers Metacognition Develops Students' Higher Learning during Content Area Literacy Instruction: Findings from the Read-Write Cycle Project. *Issues in Teacher Education*, 19 (2): 133-135.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

- Direktorat Sekolah Menengah Pertama. 2006. *Pedoman Memilih dan Menyusun Bahan Ajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Fach, M., Boer, T., & Parchmann, I. 2007. Results of an Interview Study as Basis for The Development of Stepped Supporting Tools for Stoichiometric Problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (1): 13-31.
- Hikmah, H., Sapti, M., & Darmono, P.B. 2014. Peningkatan Minat dan Pemahaman Konsep Matematika melalui Pembelajaran Tipe CORE pada Siswa Kelas VII. Ekuivalen: *Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(4): 288-292.
- Kumalasari, E. 2011. Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP Melalui Pembelajaran Matematika Model CORE. *Prosiding disampaikan pada Seminar Nasional Pendidikan Matematika STKIP Siliwangi Bandung, Bandung 2011*. Dalam Publikasi STKIP Siliwangi.
- Moore, B. N., & Parker, R. 2012. *Critical Thinking (10th Edition)*. New York: McGraw-Hill.
- Okanlawon, A.E. 2010. Teaching Reaction Stoichiometry: Exploring and Acknowledging Nigerian Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Cypriot Journal of Education Sciences*, 5: 107-129.
- Pramesti, R. 2011. *Hubungan Penguasaan Siswa terhadap Konsep Prasyarat Stoikiometri dengan Kemampuan Siswa Menyelesaikan Soal Stoikiometri*. Edisi Khusus, (2): 401-405.
- Prastowo, A. 2014. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA Pres
- Reid, N. 2008. A Scientific Approach to The Teaching of Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9: 51-59.
- Rijani, E.W. 2011. Implementasi Metode Latihan Berjenjang untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa Menyelesaikan Soal-soal Hitungan pada Materi Stoikiometri di SMA. *E-Jurnal Dinas Pendidikan Kota Surabaya*, 1: 1-6.
- Sirhan, G. 2007. Learning difficulties in Chemistry: an overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2): 2-20.
- Slavin, R.E. 2008. *Cooperative Learning Teori Riset dan Praktik*. Terjemahan oleh Lita. Bandung: Nusa Media.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Thiagarajan, S. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Indiana: Indiana University Bloomington. Dari Eric database, (Online), (<http://files.eric.ed.gov>, diakses 31 Agustus 2015).
- Widhy, P., Nurohman, S., & Wibowo, W.S. 2013. Integrated Science Based Socio Scientific Issues Model for Developing Thinking Skills in Making 21st Century Skills. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 1(2): 158-164.

- Yahya, A.S. 2012. *Pengembangan Bahan Ajar Kimia Berbasis CORE (Connect, Organize, Reflect, and Extend) untuk Rintisan Sekolah Bertaraf Internasional pada Materi Alkana, Alkena, Alkuna*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Yaminah, S. & Budiyono. 2015. Pengembangan Instrumen Diagnosis Kesulitan Belajar pada Pembelajaran Kimia di SMA. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 19(1): 69-81.
- Yohanes, K., Dumon, A., & Larcher, C. 2010. Conceptual Integration of Chemical Equilibrium by Prospective Physical Sciences Teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 9 (3): 240-249.
- Zidny, R., Sopandi, W., & Kusrijadi, A. 2013. Analisis Pemahaman Konsep Siswa SMA Kelas X pada Materi Persamaan Kimia dan Stoikiometri Melalui Penggunaan Diagram Submikroskopik serta Hubungannya dengan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Jurnal Riset dan Praktik Pendidikan Kimia*, 1(1): 27-36.

M. Muchson, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengembangan Instrumen Asesmen Berpikir Kritis pada Materi Asam Basa untuk Siswa SMA

M. Muchson, Sri Rahayu, Dwi Agusningtyas
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: m.muchson.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Berpikir kritis merupakan kegiatan dalam berliterasi sains yang dituntut oleh Kurikulum 2013 revisi. Berbagai pendekatan pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis telah dilakukan, tetapi instrumennya kurang menggambarkan berpikir kritis. Oleh karena itu, pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan dan mendeskripsikan kelayakan instrumen asesmen berpikir kritis pada materi asam basa untuk siswa SMA. Hasil validasi isi oleh tiga validator menunjukkan bahwa instrumen asesmen sangat layak digunakan. Hasil validasi butir soal diperoleh 23 soal pilihan ganda dan 19 soal esai dinyatakan valid. Reliabilitas untuk soal pilihan ganda adalah 0,614 dan untuk soal esai adalah 0,737.

Kata kunci: kemampuan berpikir kritis, instrumen asesmen, asam basa

Abstract: Critical thinking is an activity in science literacy that required by revised Curriculum 2013. Various learning approaches to improve critical thinking skills have been done, but the instruments don't adequately describe critical thinking. Therefore, this development aimed to produce and describe the feasibility critical thinking assessment tool on acid-base for students in senior high school. The validation contents by three validators showed that it was very suitable to be used. The validation question items obtained 23 multiple choice questions and 19 essay questions are valid. Reliability obtained for multiple choice questions is 0,614 and for the essay questions was 0,737.

Keywords: critical thinking skills, assessment tool, acid-base

Beragamnya ilmu sains dalam kehidupan manusia membuat kemampuan memahami konsep-konsep sains yang disebut literasi sains menjadi sesuatu yang sangat penting. Literasi sains dianggap sebagai kunci keberhasilan belajar yang penting untuk dikuasai oleh siswa (Toharudin, dkk., 2011). Oleh karena itu, siswa diharapkan memiliki literasi sains guna mengatasi permasalahan yang ditimbulkan akibat perubahan revolusioner pada abad ke-21 dalam bidang sains dan teknologi (Rahayu, 2016).

Literasi sains didefinisikan sebagai kemampuan menggunakan pengetahuan sains, mengidentifikasi pertanyaan, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti, serta membuat keputusan berkenaan dengan alam dan perubahan yang dilakukan terhadap alam melalui aktivitas manusia (PISA, 2015). Seseorang dikatakan memiliki literasi sains apabila ia mampu menjelaskan fenomena, mengevaluasi dan

merancang, serta menginterpretasi data dan membuktikannya secara saintifik. Berdasarkan hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA), literasi sains siswa di Indonesia saat ini belum mencapai standar internasional. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil PISA beberapa tahun terakhir, seperti pada tahun 2006, Indonesia menduduki peringkat ke 50 dari 56 negara. Tiga tahun berikutnya yaitu 2009, Indonesia berada pada posisi ke 57 dari 63 negara. Pada tahun 2012, Indonesia mendapat peringkat ke 64 dari 65 negara yang berpartisipasi (OECD, 2015). Selain itu, data dari *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) pada tahun 2011 menunjukkan bahwa literasi sains Indonesia berada pada tingkatan di bawah standar internasional yang telah ditetapkan (OECD, 2015). Penelitian mengenai literasi sains juga dilakukan pada tingkat SMA di Indonesia dengan menggunakan instrumen penilaian literasi sains (*Scientific Literacy Assessment*). Hasilnya adalah literasi sains domain kognitif siswa SMA masih tergolong rendah yaitu dengan rata-rata 52,6 (Diana, dkk., 2015). Berdasarkan data-data tersebut, nampak bahwa kualitas literasi sains siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Pada dasarnya PISA menilai kompetensi menalar siswa, termasuk didalamnya kemampuan berpikir kritis (Rahayu, 2016). Hal ini berarti bahwa literasi sains yang diukur oleh PISA menggunakan acuan kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, berpikir kritis merupakan kegiatan yang diperlukan dalam berliterasi sains.

Rendahnya literasi sains siswa di Indonesia menyebabkan sains itu menjadi pusat perhatian dalam dunia pendidikan. Salah satu bidang yang dipelajari dalam sains adalah kimia. Pada pembelajaran di SMA, kimia dipandang bukan hanya untuk pengalihan pengetahuan dan keterampilan kepada peserta didik, tetapi juga untuk membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi atau *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) (Kemdikbud, 2016). Selain itu, berdasarkan tuntutan perkembangan zaman abad 21, berpikir kritis merupakan kompetensi yang juga diperlukan oleh peserta didik (Kemdikbud, 2016). Berpikir kritis adalah salah satu tinjauan dari ranah HOTS (Brookhart & Susan, 2010). Oleh sebab itu, berpikir kritis sangat dibutuhkan siswa SMA sebagai kemampuan dasar dalam memahami konsep-konsep kimia (Kartimi & Budiastira, 2015).

Asam basa merupakan salah satu pokok bahasan yang dipelajari dalam kimia. Materi asam basa termasuk konsep yang dianggap sulit pada tingkat sekolah menengah (Demircioglu, dkk., 2005). Selain itu, materi asam basa banyak melibatkan konsep dan membutuhkan integrasi pemahaman dari beberapa lingkup pengantar kimia (Sheppard, 2006). Relevansi hasil belajar siswa pada materi asam basa dengan tujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dapat dilihat dari beberapa penelitian yang menggunakan berbagai model ataupun pendekatan. Salah satunya adalah penelitian mengenai penerapan pendekatan pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) sebagai pencapaian pemahaman siswa di Turki tentang ionisasi air dan kekuatan asam basa. Pendekatan PBL dinyatakan merupakan pendekatan yang baik untuk diintegrasikan kedalam kurikulum pembelajaran kimia

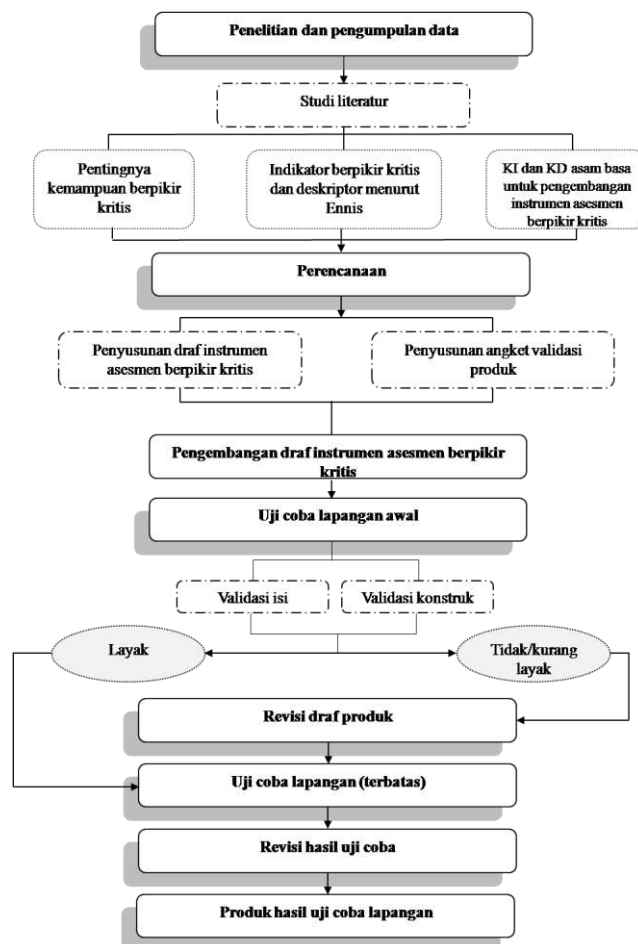
untuk dapat meningkatkan kemampuan pembelajaran kognitif, sosial, berpikir kritis, dan kooperatif (Tarhan & Acar-sesen, 2013). Selain itu, penelitian mengenai penerapan model pembelajaran juga dilakukan di Indonesia, yaitu di SMAN 4 Malang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran *problem solving* yang diatur secara kooperatif dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Sulistiana, 2015).

Berdasarkan hasil studi literatur, instrumen yang digunakan dalam penelitian penerapan model atau pendekatan pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis tersebut belum menggambarkan aspek kemampuan berpikir kritis yang harus dimiliki oleh siswa, sehingga masih belum dapat diketahui keefektifan model atau pendekatan pembelajaran tersebut dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis (*needs assessment*). Dengan demikian, diperlukan suatu perangkat untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa yaitu instrumen asesmen yang dikembangkan dengan mengacu pada 12 indikator berpikir kritis (Ennis, 1985). Demi tercapainya harapan tersebut, maka peneliti bermaksud untuk menghasilkan dan mendeskripsikan kelayakan instrumen asesmen berpikir kritis materi asam basa untuk siswa SMA.

METODE

Pengembangan instrumen asesmen ini menggunakan model *Research and Development* (R&D) yang hanya sampai pada tahap ketujuh dari sepuluh tahap yang ditetapkan (Borg & Gall, 1979). Tahapan-tahapan tersebut diberikan pada Gambar 1. Tahap pertama yaitu penelitian dan pengumpulan data yang dimulai dengan melakukan studi literatur. Berdasarkan hasil penelusuran, instrumen yang digunakan pada berbagai penelitian penerapan pendekatan atau model pembelajaran dengan tujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis masih belum menggambarkan aspek kemampuan berpikir kritis yang harus dimiliki oleh siswa (*needs assessment*). Selain itu, pentingnya kemampuan berpikir kritis, indikator berpikir kritis dan deskriptornya menurut Ennis, serta KI dan KD Kurikulum 2013 revisi materi asam basa yang digunakan dalam pengembangan instrumen asesmen berpikir kritis juga perlu dikaji. Tahap kedua yaitu perencanaan, meliputi perumusan tujuan yang hendak dicapai, desain langkah-langkah penelitian, perhitungan tentang waktu dan biaya yang dibutuhkan selama proses pengembangan, dan kriteria-kriteria yang dibutuhkan untuk pengembangan produk. Tahap ketiga yaitu pengembangan draf produk untuk menghasilkan draf instrumen asesmen. Kegiatan ini diawali dengan membuat indikator butir soal yang disesuaikan dengan KI dan KD Kurikulum 2013 revisi yang digunakan dalam penelitian berdasarkan indikator kemampuan berpikir kritis dan deskriptor (Ennis, 1985). Kemudian, dilakukan penyusunan kisi-kisi soal untuk mengelompokkan soal-soal yang mempunyai deskriptor maupun indikator kemampuan berpikir kritis yang sama. Selanjutnya, soal dikembangkan sesuai dengan indikator butir soal dan bentuk soal pada kisi-kisi soal. Instrumen asesmen ini juga dilengkapi dengan

petunjuk penggunaan, kunci jawaban dan penjelasan disertai rambu-rambu jawaban dengan nilai tertentu, serta pedoman pengolahan nilai untuk mengetahui tingkatan kemampuan berpikir kritis bagi penggunanya. Tahap keempat yaitu uji coba lapangan awal dengan melakukan validasi isi dan validasi konstruk menggunakan angket validasi kelayakan tampilan dan isi produk yang dibuat dengan menggunakan skala penilaian Likert oleh tiga validator yaitu satu dosen Jurusan Kimia FMIPA UM dan dua guru kimia SMA Laboratorium UM pada tanggal 15 Mei - 8 Juni 2017. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan produk dan sebagai pertimbangan revisi sebelum uji coba lapangan. Tahap kelima yaitu revisi hasil uji coba dengan melakukan analisis data hasil validasi isi dan konstruk menggunakan rumus perhitungan persentase dengan kriteria tertentu untuk mengetahui kelayakan produk. Selanjutnya, dilakukan revisi produk awal berdasarkan hasil komentar dan saran dari validator. Tahap keenam yaitu melakukan uji coba lapangan pada subjek uji coba dengan jumlah terbatas pada bulan Juni 2017 yaitu sebanyak 122 orang. Subjek uji coba diasumsikan telah memahami materi asam basa, sehingga digunakan mahasiswa Kimia S1 di UM yang menempuh mata kuliah Kimia Dasar. Subjek uji coba diminta untuk mengerjakan soal bagian I dari produk pengembangan yang telah direvisi. Selanjutnya, dilakukan analisis data terhadap hasil uji coba tersebut untuk mengetahui validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya beda masing-masing butir soal. Perhitungan validitas butir soal dan tingkat reliabilitas dengan korelasi *product moment* pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *SPSS 16*. Tingkat validitas butir soal diperlukan untuk mengetahui kevalidan soal dalam mengukur apa yang hendak diukur, sedangkan tingkat reliabilitas digunakan sebagai acuan bahwa instrumen dapat memberikan hasil yang tetap apabila diujicobakan secara berulang. Kemudian, untuk analisis tingkat kesukaran butir soal pilihan ganda dan esai memiliki cara yang berbeda. Tingkat kesukaran butir soal perlu diketahui agar soal yang dibuat memiliki semua kriteria kesukaran soal dengan kuantitas yang rata-rata sama. Cara analisis yang berbeda juga dilakukan pada soal pilihan ganda dan esai untuk mengetahui daya beda butir soal. Daya beda butir soal diperlukan untuk mengetahui kemampuan instrumen dalam membedakan siswa yang pandai dan kurang pandai. Soal bagian kedua dari produk yang dikembangkan tidak diujicobakan karena keterbatasan waktu penelitian. Tahap terakhir yaitu melakukan revisi terhadap produk sesuai dengan hasil uji coba lapangan.



Gambar 1. Tahapan-tahapan Pengembangan Model *Research and Development* (R&D)

PEMBAHASAN

Instrumen asesmen yang dihasilkan terdiri dari lima bagian, antara lain: (1) petunjuk penggunaan yang memaparkan garis besar dari isi instrumen dengan tujuan memberikan pemahaman awal kepada pengguna; (2) kisi-kisi soal yang memaparkan materi, kompetensi inti, dan kompetensi dasar, serta tabel, yang terdiri dari 12 indikator berpikir kritis, deskriptor, penjelasan, indikator soal, nomor soal, dan bentuk soal; (3) butir soal yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian I dan II. Soal pada bagian I dibuat dalam bentuk pilihan ganda dan esai yang digunakan sebagai tes akhir dan latihan selama proses pembelajaran berlangsung, sehingga dapat digunakan secara langsung untuk mengukur tingkat kemampuan berpikir kritis siswa. Soal pada bagian II dibuat dalam bentuk soal esai yang menggunakan artikel atau wacana terkait dengan materi dan dapat digunakan sebagai tugas, latihan selama proses pembelajaran berlangsung, dan dalam program pengayaan; (4) kunci jawaban berisi penjelasan dan rambu-rambu jawaban (untuk soal esai) yang disertai pedoman penyekoran. Pedoman penyekoran pada soal pilihan ganda memiliki skor 1 pada tiap butir soalnya, sedangkan pada soal esai memiliki skor maksimal 4, 3, atau 2 yang sesuai dengan tingkat kesulitan soal; dan (5) pedoman pengolahan nilai digunakan untuk menghitung nilai akhir yang diperoleh siswa

setelah mengerjakan soal pada instrumen asesmen. Nilai tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan berpikir kritis siswa. Bagian-bagian dari instrumen asesmen yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 2.

PETUNJUK PENGGUNAAN	PILIHAN GANDA	KUNCI JAWABAN SOAL PILIHAN GANDA															
<p>PEDOMAN PENGOLOHAN NILAI</p> <p>Pedoman Pengolahan Nilai (gigitan ganda): Nilai terendah = terendah dikali 100 Nilai tertinggi = tertinggi dikali 100</p> <p>Pedoman Pengolahan Nilai (satu digit): Nilai terendah = terendah dikali 10 Nilai tertinggi = tertinggi dikali 10</p> <p>Pedoman Pengolahan Nilai (satu digit): Nilai terendah = terendah dikali 100 Nilai tertinggi = tertinggi dikali 100</p>	<p>KISI-KISI SOAL KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS</p> <p>Materi: Asam Basa & Indikator Asam Basa</p> <p>Kompetensi Dasar:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mendeskripsikan dan memprediksi perubahan bentuk komposisi, konsentrasi, dan komposisi berdasarkan sifat larutan (kekuatan, kelentaran, titik didih, titik beku, dan konduktivitas) dengan menggunakan konsep kesetimbangan kimia dan kelentaran, serta memprediksi perubahan bentuk kelentaran yang bersifat asam dengan kelentaran. Mengukur, membandingkan, dan memprediksi kelentaran asam lemah dengan menggunakan konsep kesetimbangan kimia dan kelentaran. Mengukur, membandingkan, dan memprediksi kelentaran asam lemah dengan menggunakan konsep kesetimbangan kimia dan kelentaran. Mengukur, membandingkan, dan memprediksi kelentaran asam lemah dengan menggunakan konsep kesetimbangan kimia dan kelentaran. 	<p>RANGKAI RANGKAI JAWABAN SOAL ESAI BAGIAN I</p> <p>Daftar Isi</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Pertanyaan</th> <th>Jawaban</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>1. Bagaimana cara menentukan sifat asam atau basa suatu larutan?</td> <td>1. Dengan menggunakan indikator asam basa.</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>2. Bagaimana cara menentukan sifat asam atau basa suatu larutan dengan menggunakan indikator klorid bromid metil?</td> <td>2. Dengan menggunakan indikator klorid bromid metil.</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>3. Mengapa sifat asam atau basa suatu larutan dianggap cukup sulit untuk diketahui?</td> <td>3. Karena sifat asam atau basa suatu larutan dipengaruhi oleh banyak faktor.</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>4. Apa yang dilakukan orang jaman dahulu untuk mengetahui sifat asam atau basa suatu larutan?</td> <td>4. Dengan menggunakan indikator asam basa.</td> </tr> </tbody> </table>	No.	Pertanyaan	Jawaban	1.	1. Bagaimana cara menentukan sifat asam atau basa suatu larutan?	1. Dengan menggunakan indikator asam basa.	2.	2. Bagaimana cara menentukan sifat asam atau basa suatu larutan dengan menggunakan indikator klorid bromid metil?	2. Dengan menggunakan indikator klorid bromid metil.	3.	3. Mengapa sifat asam atau basa suatu larutan dianggap cukup sulit untuk diketahui?	3. Karena sifat asam atau basa suatu larutan dipengaruhi oleh banyak faktor.	4.	4. Apa yang dilakukan orang jaman dahulu untuk mengetahui sifat asam atau basa suatu larutan?	4. Dengan menggunakan indikator asam basa.
No.	Pertanyaan	Jawaban															
1.	1. Bagaimana cara menentukan sifat asam atau basa suatu larutan?	1. Dengan menggunakan indikator asam basa.															
2.	2. Bagaimana cara menentukan sifat asam atau basa suatu larutan dengan menggunakan indikator klorid bromid metil?	2. Dengan menggunakan indikator klorid bromid metil.															
3.	3. Mengapa sifat asam atau basa suatu larutan dianggap cukup sulit untuk diketahui?	3. Karena sifat asam atau basa suatu larutan dipengaruhi oleh banyak faktor.															
4.	4. Apa yang dilakukan orang jaman dahulu untuk mengetahui sifat asam atau basa suatu larutan?	4. Dengan menggunakan indikator asam basa.															

Gambar 2. Bagian-Bagian dalam Instrumen Asesmen Berpikir Kritis yang Dikembangkan

Persentase validitas rata-rata hasil validasi isi yang diperoleh yakni sebesar 81%, dan dengan demikian, dalam pembelajaran instrumen asesmen yang dikembangkan sangat layak untuk diimplementasikan dalam mengukur kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi asam basa. Rincian validitas tiap bagian instrumen asesmen yang dikembangkan berdasarkan angket antara lain: (1) petunjuk penggunaan, diperoleh persentase validitas sebesar 80% dengan kategori layak; (2) tampilan dan tata letak, diperoleh persentase validitas sebesar 85% dengan kategori sangat layak; (3) keterterapan, diperoleh persentase validitas sebesar 73% dengan kategori layak; (4) penggunaan bahasa, diperoleh persentase validitas sebesar 84% dengan kategori sangat layak; (5) isi, diperoleh persentase validitas sebesar 78% dengan kategori layak; dan (6) rubrik penilaian, diperoleh persentase validitas sebesar 87% dengan kategori sangat layak. Walaupun instrumen asesmen termasuk dalam kategori valid tanpa revisi, namun instrumen asesmen tetap direvisi berdasarkan komentar dan saran dari validator.

Berdasarkan hasil uji coba terbatas yang dilakukan dengan taraf kepercayaan 0,05, diperoleh hasil validitas butir soal sebanyak 23 butir soal pilihan ganda dinyatakan valid dari 31 butir soal yang diujicobakan dan 19 butir soal esai dinyatakan valid dari 21 butir soal esai yang diujicobakan. Hal ini berarti bahwa sebanyak 23 butir soal pilihan ganda dan 19 butir soal esai yang valid dapat digunakan untuk mengukur tingkat kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi asam basa, sedangkan soal yang tidak valid tidak dapat digunakan. Salah satu soal yang dikategorikan valid diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh Butir Soal beserta Kunci Jawaban pada Instrumen Asesmen yang Dikembangkan Berdasarkan Kisi-Kisi Soal

Kisi-Kisi Soal	Contoh Soal disertai Kunci Jawaban
<p>Indikator Berpikir Kritis : Memfokuskan pertanyaan</p> <p>Deskriptor : Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk mempertimbangkan kemungkinan jawaban</p> <p>Penjelasan : Dapat menentukan ide-ide pokok yang diperoleh dari bacaan sebagai pertimbangan yang membantu menemukan jawaban yang tepat.</p> <p>Indikator Soal : Diberikan data konsentrasi dan pH dua larutan, siswa dapat mengidentifikasi kriteria-kriteria larutan untuk dapat menentukan gambaran mikroskopis pada saat larutan bercampur.</p>	<p>3. Diberikan larutan HX 0,10 M dengan pH = 2,88 dan larutan HY 0,10 M dengan pH = 3,52, dimana keduanya memiliki nilai K_a tertentu. Apabila kedua larutan tersebut dicampurkan, maka gambaran mikroskopis yang tepat untuk campuran kedua larutan adalah.... (H=putih, X=hitam, Y=jingga)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(A)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(D)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(B)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(E)</p> </div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(C)</p> </div>
	<p>Diketahui :</p> <p>Larutan yang dicampurkan berupa larutan HX 0,10 M dengan pH = 2,88 dan larutan HY 0,10 M dengan pH = 3,52. Sifat asam larutan HX lebih kuat dibanding HY karena pada konsentrasi sama pH larutan HX lebih rendah dibanding HY. Dengan demikian, sudah dapat diramalkan bahwa jumlah ion H^+ yang berasal dari HX lebih banyak dari HY.</p> <p>Ditanya :</p> <p>Gambaran mikroskopis untuk campuran kedua larutan.</p> <p>Jawab :</p> <p>Banyaknya jumlah ion H^+ yang dihasilkan sebanding dengan kekuatan asamnya, K_a. Hal tersebut dapat diamati pada persamaan berikut.</p> $K_a \text{ larutan HX} = \frac{[H^+][X^-]}{[HX]} \quad K_a \text{ larutan HY} = \frac{[H^+][Y^-]}{[HY]}$ <p>Menurut persamaan K_a larutan HX, apabila jumlah ion H^+ -nya lebih banyak, maka harga K_a juga besar, sedangkan jumlah molekul HX yang dihasilkan lebih sedikit (berbanding terbalik). Hal ini juga berlaku untuk K_a larutan HY. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jika kedua larutan dicampurkan maka dapat diramalkan jumlah molekul $HX < HY$ dan jumlah ion $X^- > Y^-$. Pilihan gambar yang tepat adalah pada pilihan B.</p>

Reliabilitas 23 butir soal valid sebesar 0,614 dan reliabilitas 19 butir soal valid sebesar 0,737 dengan kategori tinggi. Reliabilitas yang tinggi mengindikasikan bahwa apabila instrumen asesmen tersebut diuji coba berulang kali, maka akan memberikan hasil yang relatif ajeg. Hasil uji taraf kesukaran menunjukkan bahwa 45% instrumen asesmen pilihan ganda dan 71% instrumen asesmen esai termasuk dalam kategori sedang. Hasil uji daya beda menunjukkan

bahwa instrumen asesmen pilihan ganda dan esai yang dikembangkan memiliki kriteria yang cukup baik untuk membedakan siswa yang pandai dan kurang pandai.

SIMPULAN DAN SARAN

Produk dari pengembangan ini adalah instrumen asesmen berpikir kritis materi asam basa untuk siswa SMA. Instrumen asesmen ini dikembangkan dengan memasukkan komponen berpikir kritis sesuai 12 indikator berpikir kritis Ennis untuk memenuhi tuntutan kecakapan abad 21 Kurikulum 2013 revisi. Instrumen asesmen ini dapat digunakan sebagai alat ukur untuk mengidentifikasi tingkat kemampuan berpikir kritis siswa SMA, khususnya pada materi asam basa. Instrumen tersebut terdiri dari lima bagian, antara lain: (1) petunjuk penggunaan; (2) kisi-kisi soal; (3) butir soal; (4) kunci jawaban & rambu-rambu jawaban; dan (5) pedoman pengolahan nilai. Butir-butir soal pada instrumen terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian I dan bagian II. Jumlah butir soal yang dihasilkan pada bagian I adalah sebanyak 23 soal pilihan ganda dengan reliabilitas sebesar 0,614 dan 19 butir soal esai dengan reliabilitas 0,737, sedangkan jumlah butir soal pada bagian II adalah sebanyak 25 soal esai. Reliabilitas instrumen asesmen pilihan ganda dan esai pada bagian I termasuk dalam kategori tinggi.

Saran untuk pengembangan lebih lanjut adalah hasil pengembangan instrumen asesmen ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai alat ukur untuk mengidentifikasi tingkat kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi asam basa, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk memperbaiki pembelajaran selanjutnya. Instrumen asesmen ini juga diharapkan dapat digunakan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Selain itu, penelitian berikutnya diharapkan dapat melanjutkan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui validitas dan reliabilitas pada butir soal bagian II dalam instrumen ini, melakukan uji coba lapangan pada siswa SMA, melanjutkan pengembangan instrumen ini sampai pada tahap diseminasi dan implementasi, serta dapat melakukan penelitian dan pengembangan lain tentang instrumen asesmen berpikir kritis pada materi selain asam basa.

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. 2012. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Arikunto, S. 2015. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan (Edisi 2)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Borg, W.R. & Gall, M.D. 1979. *Educational Research: An introduction (Third Edition)*. New York: Longman.
- Brookhart, & Susan, M. 2010. *How to Assess Higher Order Thinking Skills in Your Classroom*. United States of America: ASCD.
- Demircioglu, G., Ayas, A., & Demircioglu, H. 2005. Conceptual change Achieved Through a New Teaching Program on Acids and Bases, *Chemistry Education Research and Practice*, 6 (1): 36–51.

- Diana, S., Rachmatulloh, A., & Rahmawati, E.S. 2015. *Profil Kemampuan Literasi Sains Siswa SMA Berdasarkan Instrumen Scientific Literacy Assesments (SLA)*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS.
- Ennis, R. H. 1985. *A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills*, (Online), (http://www.ascd.org/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el_198510_ennis.pdf, diakses 1 September 2016).
- Kartimi & Budiastara, A.A.K. 2015. The Development of Measurement Tools for Senior High School Students' Critical Thinking Skills in Chemistry. *International Journal of Advanced Research in Management and Social Sciences*, 4(3): 108-121.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2016. *Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (Sma/Ma) Mata Pelajaran Kimia*. Jakarta.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. 2015. *Education in Indonesia: Rising to the Challenge*. Paris: OECD.
- Programme for International Student Assessment (PISA). 2015. *PISA 2015 Draft Science Framework*, (Online), (<https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>, diakses 1 September 2016).
- Rahayu, S. 2016. *Mengembangkan Literasi Sains Anak Indonesia melalui Pembelajaran Berorientasi Nature of Science (NOS)*. Pidato disajikan dalam Sidang Terbuka Senat, Universitas Negeri Malang, Malang, 17 Maret.
- Riduwan. 2013. *Rumusdan Data dalam Aplikasi Statistika untuk Penelitian: (Administrasi Pendidikan-Bisnis-Pemerintahan-Sosial-Kebijakan-Ekonomi-Hukum-Manajemen-Kesehatan)*. Bandung: Alfabeta.
- Sheppard, K. 2006, High School Students' Understanding of Titrations and Related Acid-Base Phenomena, *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1): 32-45.
- Sulistiana, D. 2015. Keefektifan Penerapan Paduan Model Pembelajaran Problem Solving dan Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas XI IPA. *Cendekia*, 9(2): 123-134.
- Tarhan, L., & Acar-Sesen, B. 2013. Problem Based Learning in Acids and Bases: Learning Achievements and Students' Beliefs. *Journal of Baltic Science Education*, 12(5): 565-578.
- Toharudin, U., Hendrawati, S., & Rustaman, A. 2011. *Membangun Literasi Sains Peserta Didik*. Bandung: Humaniora.

Henie Poerwandar Asmaningrum, dkk_Pembelajaran Kimia

Analisis Kebutuhan Buku Suplemen Kimia Berbasis Kearifan Lokal Suku Asmat Papua

Henie Poerwandar Asmaningrum, Kamariah
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Unmus
Jl. Kamizaun Mopah Lama, Rimba Jaya, Merauke 99611
e-mail: poerwandar@unmus.ac.id

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan persepsi guru kimia terhadap kebutuhan buku suplemen kimia dan deskripsi mengenai kearifan lokal Suku Asmat Papua. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif yang dilakukan di Sekolah Menengah Atas Sederajat (Negeri dan Swasta) di Merauke. Subjek dalam penelitian ini adalah 12 guru kimia pada SMA-sederajat di Merauke serta 3 mahasiswa Suku Asmat Papua. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner terbuka dan pedoman wawancara. Analisis data dilakukan melalui tiga tahap, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) guru belum memiliki buku ajar kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat Papua, (2) guru sangat membutuhkan buku suplemen yang berbasis kearifan lokal, (3) diperoleh beberapa kearifan lokal Suku Asmat Papua yang dapat dibahas hubungannya dengan materi kimia.

Kata kunci: buku suplemen, kimia, kearifan lokal, Suku Asmat Papua

Abstract: The purpose of this study was to describe the chemistry teacher's perception of the need for chemical supplement book and description of local wisdom of Asmat tribe of Papua. This research was a descriptive research with qualitative approach. This research was conducted at Senior High School and equal (State and Private) in Merauke. Subjects / informants in this study were 12 chemistry teachers at senior high school-equal in Merauke and 3 students who came from Asmat Papua tribe. The instruments used in this study are open questionnaires and interview guidelines. Data analysis was done through three stages, namely data reduction, data presentation, and conclusion. The result of the research showed that (1)the teacher does not have textbook of chemistry based on local wisdom of Asmat Papua, (2)the teacher really need the book of supplement based on local wisdom, (3)obtained some local wisdom of Asmat Papua discussed its relation with chemicals.

Keywords: supplement book, chemistry, local wisdom, Asmat tribe of Papua

Dalam pelaksanaan pendidikan di Indonesia, kurikulum yang digunakan telah mengalami beberapa kali perubahan, mulai dari kurikulum sederhana hingga Kurikulum 2013 yang saat ini mulai diterapkan. Kurikulum 2013 memiliki 7 karakteristik, dimana jika ditelaah lebih lanjut mengenai karakteristik nomor 1 sampai 3 dapat ditarik kesimpulan bahwa Kurikulum 2013 merupakan kurikulum

yang menuntut siswa untuk mengimplementasikan hasil pembelajaran yang diperoleh di sekolah kepada masyarakat, begitu juga sebaliknya sehingga diperoleh timbal balik antara pelajaran di sekolah dan di lingkungan masyarakat. Selain itu, jika sistem pendidikan dikaitkan dengan sistem pemerintahan desentralisasi yang dianut oleh Negara Indonesia, sistem desentralisasi ini lebih menekankan kepada konsekuensi dari penyerahan wewenang keputusan dan pengendalian tugas-tugas ketatanegaraan oleh badan-badan otonom daerah dalam rangka pemberdayaan potensi lokal (Irianto, 2011).

Penyelarasan sistem pendidikan yang diaplikasikan di lingkungan masyarakat dan sistem desentralisasi pemerintahan terdapat beberapa faktor penghambat. Salah satunya adalah perkembangan dunia industri dan tingkat perkembangan lembaga-lembaga satuan pendidikan di setiap daerah. Hal ini mengisyaratkan perlunya pemikiran dan kajian yang lebih matang dalam menyiapkan situasi lokal atau lembaga satuan pendidikan, agar desentralisasi dalam manajemen penyelenggaraan sistem pendidikan nasional dapat dilaksanakan dengan baik (Irianto, 2011).

Kearifan lokal merupakan akumulasi dari hasil aktivitas budi dalam menyikapi serta memperlakukan lingkungan, menggambarkan cara bersikap dan bertindak suatu masyarakat untuk merespon perubahan-perubahan yang khas dalam lingkup lingkungan fisik ataupun kultural. Sehingga kearifan lokal dapat dijadikan sebagai salah satu cara untuk menjalankan Kurikulum 2013 yang memiliki karakteristik pengaplikasian pendidikan yang diperoleh siswa di sekolah pada lingkungan masyarakat.

Kemendikbud menyebut kearifan lokal dengan istilah keunggulan lokal, selain itu pembelajaran berbasis keunggulan lokal memiliki beberapa landasan yuridis diantaranya adalah Peraturan Pemerintah Nomor 19 tahun 2005 BAB III pasal 14 ayat 1 menyatakan bahwa untuk SMA/MA/SMALB atau bentuk lain yang sederajat dapat memasukan pendidikan berbasis keunggulan lokal, Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2010 pasal 35 ayat 2, bahwa pemerintah kabupaten/kota melaksanakan dan/atau memfasilitasi perintisan program dan/atau satuan pendidikan yang sudah atau hampir memenuhi Standar Nasional Pendidikan untuk dikembangkan menjadi program dan/atau satuan pendidikan bertaraf internasional dan/atau berbasis keunggulan lokal.

Adanya pendidikan berbasis keunggulan lokal, diharapkan semua peserta didik yang berada di suatu wilayah tertentu dapat memahami sains dan mengaplikasikan pembelajaran yang peserta didik dapati di sekolah dalam kehidupan sehari-hari mereka tanpa adanya sebuah pemahaman bahwa pembelajaran sains hanya dapat dilaksanakan pada kalangan elit tertentu. Selain itu jika dikaji lebih dalam, terdapat beberapa hal di masyarakat yang memiliki hubungan yang erat dengan sains namun masyarakat sekitar belum mampu menjelaskannya secara ilmiah.

Buku teks termasuk kedalam buku ajar yang dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu: (1) buku pelajaran pokok, (2) buku pelajaran pelengkap, (3) buku bacaan, dan (4) buku sumber. Pengajaran materi bagi siswa tidak hanya dapat diperoleh melalui buku pelajaran pokok, karena masih terdapat beberapa pengetahuan yang harus dimiliki siswa yang tidak terdapat di buku pelajaran pokok. Oleh karena itu diperlukan adanya buku pelengkap berupa buku suplemen (buku pengayaan) dimana buku pengayaan adalah buku yang memuat materi yang dapat memperkaya buku teks pendidikan dasar, menengah dan perguruan tinggi.

Buku suplemen yang baik memiliki keterkaitan dengan suatu daerah, serta mampu mewujudkan desentralisasi pendidikan nasional adalah buku suplemen yang memiliki indikator-indikator sebagai berikut: (1) menjadikan siswa mengetahui keunggulan lokal daerah dimana dia tinggal, (2) memahami berbagai aspek yang berhubungan dengan keunggulan lokal daerah tersebut, (3) siswa mampu mengolah sumber daya, (4) terlibat dalam pelayanan/jasa atau kegiatan lain yang berkaitan dengan keunggulan lokal sehingga memperoleh penghasilan dan melestarikan budaya/tradisi/sumber daya yang menjadi unggulan daerah serta mampu bersaing secara nasional maupun global.

Jika dikaitkan dengan salah satu mata pelajaran sekolah yaitu sains, maka indikator-indikator yang telah disebutkan di atas dapat dijadikan sebagai dasar pengembangan indikator dalam pelajaran sains yang tertuang dalam buku suplemen sains berbasis kearifan lokal. Sains merupakan suatu ilmu yang mempelajari gejala-gejala alam yang ada disekitar. Dalam pembagiannya, Sains terbagi menjadi beberapa bagian yaitu Fisika, Kimia dan Biologi. Ilmu kimia merupakan ilmu yang sangat menarik untuk dikaji karena ilmu kimia adalah ilmu yang mencakup sejumlah aspek bahan-bahan kimia, dan bahan kimia bukanlah bahan abstrak yang mematikan dan ditakuti, karena bahan kimia adalah bahan-bahan sehari-hari yang kita pegang bahkan kita konsumsi (Brady, 1999).

Kabupaten Asmat terletak di Propinsi Papua, diantara 4°-7° LS dan 137°-140° BT. Sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Nduga dan Kabupaten Yahukimo. Sebelah selatan berbatasan dengan Laut Arafura dan Kabupaten Mappi. Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Mimika dan Laut Arafura, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Digoel dan Kabupaten Mappi.

Cukup banyak kebudayaan Asmat yang perlu dilestarikan ditegah-tengah masyarakat yang semakin beragam. Kearifan lokal Suku Asmat yang menarik untuk dikaji dalam bidang sains diantaranya adalah potensi-potensi daerah yang dimiliki Kabupaten Asmat seperti olahan sagu, gaharu, kulit masohi, dan pewarna alami. Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian untuk menganalisis kebutuhan buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat Papua.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Penelitian ini dilakukan di Sekolah Menengah Atas Sederajat (Negeri dan Swasta) di Merauke.

Subjek/informan penelitian ini adalah guru kimia pada sepuluh SMA/ sederajat di Merauke. Informan yang dipilih adalah 12 guru, yang terdiri dari 2 guru SMA N 1 Kurik, 2 guru SMA N 3 Merauke, dan 2 guru di SMA N 1 Merauke, serta masing-masing 1 guru SMK N 3, MA Annajah Yamra, SMA Plus Muhammadiyah, SMK N 1 Tanah Miring, SMK Kesehatan Yaleka Maro, dan SMA N 1 Tanah Miring Merauke. Pemilihan subjek dilakukan dengan memperhatikan kesediaan subjek untuk berpartisipasi dalam pengambilan data selama penelitian.

Fokus penelitian ini diarahkan untuk mendeskripsikan persepsi guru kimia terhadap kebutuhan buku suplemen kimia dan deskripsi mengenai kearifan lokal Suku Asmat Papua.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner terbuka dan pedoman wawancara. Analisis data dilakukan melalui tiga tahap, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

HASIL

Hasil Pemberian Kuesioner Terbuka

Pada bagian ini, disajikan hasil pemberian kuesioner terbuka pada 12 informan yang merupakan guru kimia pada SMA/ sederajat di Kabupaten Merauke. Dari 12 informan dalam penelitian ini, 2 informan mengajar di SMA N 1 Kurik, 2 informan mengajar di SMA N 3 Merauke, dan 2 informan mengajar di SMA N 1 Merauke, serta masing-masing 1 informan yang mengajar di SMK N 3, MA Annajah Yamra, SMA Plus Muhammadiyah, SMK N 1 Tanah Miring, SMK Kesehatan Yaleka Maro, dan SMA N 1 Tanah Miring.

Data hasil pemberian kuesioner dianalisis berdasarkan kategori bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru dirangkum dalam Tabel 1.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa pada umumnya guru telah memiliki buku paket mengikuti kurikulum yang berlaku di sekolah. Beberapa guru melengkapi materi yang ada dengan media internet sehingga menambah wawasan siswa.

Selanjutnya dilakukan analisis lanjut terhadap frekuensi bahan ajar yang digunakan. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa sebagian besar guru lebih sering menggunakan media buku pelajaran pada setiap pertemuan, dan ada juga guru yang menambahkan materi dari internet.

Kemudian dilakukan analisis lanjut terhadap media pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Analisis Mengenai Bahan Ajar yang Digunakan dalam Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Buku kimia erlangga, buku kimia BSE, Intan Pariwara
Informan 2	Bahan ajar yang saya gunakan dalam proses pembelajaran kimia adalah buku kimia yang disediakan di sekolah, serta saya mengambil materi yang ada diinternet sebagai pelengkap
Informan 3	Buku paket dan buku lain yang terkait, laptop
Informan 4	Bahan ajar yang dipakai menggunakan buku mata pelajaran kimia yang menjadi pedoman dari sekolah, mengikuti kurikulum yang berlaku di sekolah. Disini mungkin saya akan mengambil beberapa pelengkap materi dari internet agar menambah wawasan siswa
Informan 5	Buku paket untuk SMK dan buku penunjang lain yang relevan
Informan 6	Buku cetak
Informan 7	Buku BSE, buku intan pariwara, buku erlangga
Informan 8	Buku ajar kimia, buku PR, referensi yang relevan, video praktikum dan sejenisnya yang berhubungan dengan materi
Informan 9	Slide PPT, <i>handout</i> materi, modul, buku paket dan latihan
Informan 10	Buku paket siswa
Informan 11	Buku berdasarkan kurikulum yang digunakan
Informan 12	Buku pelajaran kimia dan internet

Tabel 2. Hasil Analisis Mengenai Frekuensi Bahan Ajar yang Digunakan dalam Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Tiap KBM selalu dipakai
Informan 2	Frekuensi bahan ajar yang saya gunakan dalam proses KBM lebih sering menggunakan buku yang sudah disediakan, hanya pada pertemuan-pertemuan dengan materi tertentu saja saya menambahkan bahan ajar yang saya ambil dari internet
Informan 3	Rutin
Informan 4	Untuk frekuensi yang digunakan sebagai bahan ajar ini, saya lebih sering menggunakan buku mata pelajaran yang sudah ada, mungkin hanya beberapa pertemuan saya menambahkan bahan ajar yang saya dapat dari internet
Informan 5	Menyesuaikan kebutuhan, minimal seminggu sekali
Informan 6	-
Informan 7	Setiap kegiatan KBM dan tugas selalu dipakai
Informan 8	Setiap pertemuan jam pelajaran kimia (kecuali point 4)
Informan 9	Digunakan setiap tatap muka (kelas X 1 kali /minggu, kelas XI 2 kali/minggu)
Informan 10	Selama proses pembelajaran dikelas
Informan 11	Kurang memadai
Informan 12	Setiap pembelajaran menggunakan buku pelajaran, internet digunakan pada saat tertentu

Tabel 3. Hasil Analisis Mengenai Media Pembelajaran yang Digunakan dalam Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	SPU, Gambar, Grafik, Alat Peraga, dll
Informan 2	Pada proses KBM saya menggunakan media berupa slide (<i>power point</i>), infokus, papan tulis (<i>white board</i>), spidol dan poster tabel periodik unsur
Informan 3	Media yang ada di lab, <i>macromedia flash</i> , media yang ada di sekitar
Informan 4	Dalam proses pembelajaran saya menggunakan media hasil teknologi cetak saja, karakteristiknya antara lain, teks dibaca secara linear, menampilkan komunikasi, pengembangannya tergantung pembahasan dan berorientasi atau berpusat pada siswa
Informan 5	Media yang digunakan infokus dan peralatan praktikum sederhana (buatan sendiri) disesuaikan materi, mengingat tidak adanya sarana dan prasarana pendukung
Informan 6	Komputer dan infokus
Informan 7	SPU, gambar, grafik, alat peraga, dll
Informan 8	PPT, LKS
Informan 9	PPT, media flash
Informan 10	<i>White board</i> dan LCD
Informan 11	-
Informan 12	Papan tulis (<i>white board</i>), LCD dan Laptop, LKS

Tabel 4. Hasil Analisis Mengenai Frekuensi Media Pembelajaran yang Digunakan dalam Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Digunakan sesuai kebutuhan materi pembelajaran
Informan 2	Frekuensi media yang saya gunakan, lebih sering menggunakan papan tulis dan spidol serta poster SPU, hal ini dikarenakan ketersediaan infokus yang masih terbatas
Informan 3	Disesuaikan
Informan 4	Untuk frekuensi media pembelajaran saya lebih intens menggunakan media hasil teknologi cetak para pengajar dan lembaga pendidikan hanya berperan sebagai penunjang saja
Informan 5	Menyesuaikan kebutuhan yang utama digunakan yaitu infokus
Informan 6	Tergantung kebutuhan / materi yang diajarkan
Informan 7	Disesuaikan dengan kegiatan proses pembelajaran
Informan 8	-
Informan 9	Digunakan disaat ada / tersedia materi dalam media
Informan 10	<i>White board</i> setiap pembelajaran sedangkan LCD tergantung materi yang diajarkan
Informan 11	-
Informan 12	Setiap pembelajaran menggunakan <i>white board</i> , LCD dan laptop pada materi-materi tertentu, LKS digunakan tiap pembelajaran

Tabel 3 menunjukkan bahwa guru telah menggunakan media yang ada di sekitar dengan maksimal. Hal ini terlihat dari berbagai media elektronik yang digunakan untuk menunjang proses pembelajaran agar materi lebih mudah dipahami oleh siswa.

Selanjutnya dilakukan analisis lanjut terhadap frekuensi media pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 4.

Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa frekuensi penggunaan media pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan. Namun penggunaan media cetak (buku, whiteboard, spidol) masih lebih sering digunakan dibandingkan dengan media elektronik dikarenakan adanya keterbatasan alat.

Selanjutnya dilakukan analisis lanjut terhadap tugas yang diberikan agar dapat mengembangkan pengetahuan siswa. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Mengenai Tugas yang Diberikan untuk Mengembangkan Pengetahuan Siswa

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Soal-soal, merangkum, makalah
Informan 2	Tugas yang biasa saya berikan adalah tugas kelompok dan presentasi, membuat rangkuman materi dan tugas menyelesaikan soal yang dilakukan di rumah ataupun di sekolah
Informan 3	Menjelajahi internet
Informan 4	Tugas yang biasanya diberikan untuk mengembangkannya seperti melakukan presentasi secara berkelompok dan saling membuka sesi tanya jawab, dan untuk pengembangan secara individu saya lebih sering memberikan tugas rumah
Informan 5	Membuat tulisan/makalah berkaitan dengan materi terutama lingkungan dengan sumber internet
Informan 6	Tugas tertulis
Informan 7	PR, merangkum, pembahasan soal-soal, pembuatan karya ilmiah
Informan 8	Mengerjakan tugas LKS, mencari materi diinternet, melakukan percobaan, mempelajari suatu artikel, yang berhubungan dengan materi
Informan 9	Latihan mandiri, browsing materi
Informan 10	Diberikan pekerjaan rumah (PR)
Informan 11	Memberi tugas sesuai materi yang sedang diajarkan dan mencari diinternet
Informan 12	Latihan soal secara mandiri dan kelompok, mencari informasi melalui internet

Tabel 5 menunjukkan bahwa beberapa guru lebih memilih memberikan tugas berupa latihan-latihan baik secara individu maupun kelompok. Namun ada juga yang lebih memilih memberikan tugas berupa pembuatan makalah kemudian dipresentasikan atau merangkum suatu materi dengan tujuan mengembangkan pengetahuan siswa.

Kemudian dilakukan analisis lanjut terhadap perlunya pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam proses pembelajaran. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Mengenai Perlunya Pengenalan Kearifan Lokal Kepada Siswa dalam Proses Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Sangat perlu
Informan 2	Perlu, hal ini dikarenakan agar siswa mengetahui tradisi atau kebudayaan serta kekayaan alam yang ada di sekitar dan kemudian dapat mengelolanya dikemudian hari
Informan 3	Perlu
Informan 4	Menuurut saya perlu karena dalam pelaksanaan pembangunan berkelanjutan dan adanya kemajuan teknologi membuat siswa lupa akan pentingnya tradisi atau kebudayaan masyarakat dalam mengelola lingkungan
Informan 5	Saya rasa diperlukan
Informan 6	Perlu
Informan 7	Perlu
Informan 8	Perlu sekali
Informan 9	Perlu, namun disesuaikan dengan topik / materi yang diajarkan dan disesuaikan dengan metode pembelajaran yang digunakan
Informan 10	Perlu
Informan 11	Perlu
Informan 12	Perlu

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa semua guru merasa sangat diperlukan adanya pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam proses pembelajaran dikarenakan siswa harus mengetahui tradisi atau kebudayaan serta kekayaan alam yang ada di sekitar dan kemudian dapat mengelolanya dikemudian hari.

Selanjutnya dilakukan analisis lanjut terhadap pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam bahan ajar. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Mengenai Perlunya Pengenalan Kearifan Lokal Kepada Siswa dalam Bahan Ajar

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Sangat perlu
Informan 2	Perlu, karena akan lebih mengajarkan siswa untuk mengetahui kearifan lokal yang ada. Hal ini dapat menumbuhkan rasa menghargai dan mencintai kekayaan alam yang ada dilingkungan
Informan 3	Perlu
Informan 4	Perlu, karena kearifan lokal merupakan akumulasi dari hasil aktivitas dalam menyikapi serta memperlakukan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari
Informan 5	Diperlukan
Informan 6	Perlu
Informan 7	Sangat perlu
Informan 8	Iya perlu
Informan 9	Perlu, harus disesuaikan dengan ketersediaan alat dan bahan serta materi khusus
Informan 10	Perlu
Informan 11	Menyesuaikan situasi dan kondisi lingkungan sekitarnya
Informan 12	Perlu

Tabel 7 menunjukkan bahwa siswa perlu memperoleh pengenalan kearifan lokal dalam bahan ajar. Hal ini dirasa perlu karena dapat menumbuhkan rasa menghargai dan mencintai kekayaan alam yang ada dilingkungan.

Pada tahapan berikutnya dilakukan analisis lanjut terhadap pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam media pembelajaran. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Mengenai Perlunya Pengenalan Kearifan Lokal Kepada Siswa dalam Media Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Perlu
Informan 2	Perlu, karena siswa dapat melihat dan menggunakan berbagai jenis kearifan lokal yang ada sehingga dapat memanfaatkan bahan yang ada disekitarnya dengan baik
Informan 3	Perlu
Informan 4	Perlu, karena pembelajaran berbasis keunggulan lokal atau kearifan lokal memiliki beberapa landasan yuridis diantaranya adalah peraturan pemerintah nomor 19 tahun 2005 bab III pasal 14 ayat 1, bahwa untuk SMA / MA / SMALB dapat memasukkan pendidikan berbasis keunggulan lokal
Informan 5	Perlu
Informan 6	Perlu
Informan 7	Sangat perlu
Informan 8	Iya
Informan 9	Perlu, namun harus diimbangi dengan kemampuan guru dalam membuat media
Informan 10	Perlu
Informan 11	Melihat kondisi sekolah dan lingkungan
Informan 12	Perlu

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlu pengenalan kearifan lokal dalam media pembelajaran. Hal ini dirasa penting karena siswa dapat melihat dan menggunakan berbagai jenis kearifan lokal yang ada sehingga dapat memanfaatkan bahan yang ada disekitarnya dengan baik.

Analisis terhadap pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam proses pembelajaran kimia. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Analisis Mengenai Perlunya Pengenalan Kearifan Lokal Kepada Siswa dalam Proses Pembelajaran Kimia

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Perlu
Informan 2	Perlu, karena dalam mata pelajaran kimia di SMA ini terdapat beberapa bab yang bersinggungan/membahas tentang bahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari seperti zat pewarna, dll yang sesungguhnya lebih ramah lingkungan dan bisa didapat dari kekayaan alam Merauke
Informan 3	Perlu
Informan 4	Perlu, sebab siswa akan mengetahui kearifan lokal dimana dia tinggal, memahami berbagai aspek yang berhubungan dengan lokal daerah, mampu mengolah sumber daya yang ramah terhadap lingkungan dan terlibat dalam pelayanan/jasa melestarikan budaya / tradisi / sumber daya daerah
Informan 5	Sangat diperlukan
Informan 6	Perlu
Informan 7	Perlu
Informan 8	Sangat perlu
Informan 9	Perlu, namun siswa harus memiliki dasar / pengalaman terhadap kearifan lokal Papua
Informan 10	Perlu
Informan 11	Perlu
Informan 12	Perlu

Tabel 9 menunjukkan hasil analisis lanjut terhadap perlunya pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam proses pembelajaran kimia yakni sangat diperlukan. Hal ini dikarenakan siswa dapat melihat dan menggunakan berbagai jenis kearifan lokal yang ada sehingga dapat memanfaatkan bahan yang ada disekitarnya dengan baik.

Analisis terhadap penggunaan bahan ajar dan media pembelajaran dalam proses pembelajaran yang menggambarkan kearifan lokal. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Mengenai Penggunaan Bahan Ajar dan Media Pembelajaran dalam Proses Pembelajaran yang Menggambarkan Kearifan Lokal

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Pernah
Informan 2	Pernah, karena di SMA Plus Muhammadiyah ini sudah terdapat lab dan dapat digunakan bahan-bahan alami yang ada di Merauke sebagai bahan praktikumnya
Informan 3	Disesuaikan dengan kebutuhan
Informan 4	Pernah, tapi tidak terlalu sering karena siswa belum terlalu paham tentang kimia murni dan masih belajar tentang dasar-dasar kimia
Informan 5	Tidak pernah
Informan 6	Belum pernah
Informan 7	Pernah
Informan 8	Belum pernah
Informan 9	Pernah dan dilakukan dalam materi senyawa karbon, makromolekul (protein, karbohidrat), tersedia dalam analisis muatan lokal dalam silabus
Informan 10	Belum
Informan 11	Pernah
Informan 12	Belum pernah

Tabel 10 menunjukkan bahwa sebagian besar guru pernah menggunakan bahan ajar dan media pembelajaran dalam proses pembelajaran yang menggambarkan kearifan lokal. Namun, masih ada beberapa guru yang belum pernah menggunakannya.

Analisis terhadap penggunaan bahan-bahan, zat, atau metode yang menggambarkan kearifan lokal dalam proses pembelajaran atau praktikum. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 11.

Tabel 11 menunjukkan bahwa sebagian besar guru belum pernah menggunakan bahan-bahan, zat, atau metode yang menggambarkan kearifan lokal dalam proses pembelajaran atau praktikum. Keterbatasan bahan dan alat menjadi faktor utama hal tersebut belum dilakukan.

Analisis terhadap upaya yang dilakukan oleh guru untuk mengakomodir penerapan proses pembelajaran yang berbasis kearifan lokal. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 12.

Tabel 11. Hasil Analisis Mengenai Penggunaan Bahan-bahan, Zat, atau Metode yang Menggambarkan Kearifan Lokal dalam Proses Pembelajaran atau Praktikum

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Pernah
Informan 2	Pernah namun tidak sering digunakan, karena masih kurangnya alat praktikum yang ada dan hanya membuat alat praktikum yang dirancang sendiri
Informan 3	Disesuaikan dengan kebutuhan
Informan 4	Kalau dalam proses pembelajaran hanya sebatas menjelaskan dan untuk praktikum belum pernah karena kurangnya bahan dan alat yang digunakan
Informan 5	Tidak
Informan 6	Belum pernah
Informan 7	Pernah
Informan 8	Belum pernah
Informan 9	Pernah, dalam praktikum materi protein, karbohidrat
Informan 10	Belum
Informan 11	Pernah
Informan 12	Belum pernah
Informan 12	Perlu

Tabel 12. Hasil Analisis Mengenai Upaya yang Dilakukan Oleh Guru Untuk Mengakomodir Penerapan Proses Pembelajaran yang Berbasis Kearifan Lokal

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Mencari/mensinkronkan antara materi dengan bahan-bahan yang ada di sekitar
Informan 2	Upaya yang saya lakukan adalah mencoba menjelaskan sedikit mengenai kearifan lokal yang ada di Merauke pada saat pelajaran kimia tepat pada materi yang sesuai
Informan 3	Mencoba mengamati dan melakukan percobaan sederhana yang berkaitan dengan materi
Informan 4	Upaya yang digunakan hanya untuk menjelaskan kepada siswa tentang menjaga lingkungan hidup agar tidak tercemar bahan kimia
Informan 5	Tidak ada
Informan 6	-
Informan 7	Mencari bahan dilingkungan sekitar untuk memudahkan siswa memahami materi yang diajarkan
Informan 8	-
Informan 9	Menggunakan pendekatan materi yang terintegrasi dalam muatan lokal
Informan 10	Belum pernah dilakukan
Informan 11	-
Informan 12	Belum pernah
Informan 12	Perlu

Tabel 12 menunjukkan bahwa guru telah melakukan upaya untuk mengakomodir penerapan proses pembelajaran yang berbasis kearifan lokal dengan cara menjelaskan dengan mengaitkan materi pelajaran yang ada. Namun masih ada beberapa guru yang belum melakukannya pada saat proses pembelajaran berlangsung.

Analisis terhadap upaya yang dilakukan oleh sekolah untuk mengakomodir penerapan proses pembelajaran yang berbasis kearifan lokal. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Analisis Mengenai Upaya yang Dilakukan Oleh Sekolah Untuk Mengakomodir Penerapan Proses Pembelajaran yang Berbasis Kearifan Lokal

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Memfasilitasi, menyediakan alat-alat dan dana
Informan 2	Belum ada upaya karena masih ada keterbatasan kemampuan yang dimiliki sekolah
Informan 3	Baru mau melaksanakan/diprogramkan
Informan 4	Belum ada upaya karena sekolah masih memiliki keterbatasan dalam penunjang siswa tentang kearifan lokal
Informan 5	Belum ada
Informan 6	-
Informan 7	Memfasilitasi siswa dan menyediakan alat dan dana
Informan 8	-
Informan 9	Menyiapkan proses kimia dalam pengembangan materi untuk mata pelajaran mulok dan prawirausahaan
Informan 10	Tidak tahu
Informan 11	-
Informan 12	Belum pernah

Tabel 13 menunjukkan bahwa sebagian besar sekolah belum memberikan dukungan untuk mengakomodir penerapan proses pembelajaran yang berbasis kearifan lokal dikarenakan keterbatasan sarana dan prasarana yang ada.

Analisis terhadap adanya buku suplemen yang digunakan selama proses pembelajaran. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Analisis Mengenai Adanya Buku Suplemen yang Digunakan Selama Proses Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Ada
Informan 2	Belum ada, saya hanya menggunakan buku yang disediakan di Sekolah
Informan 3	Belum ada
Informan 4	Belum ada, karena disini saya hanya menggunakan buku yang ada dan sebagai pelengkap hanya mempelajari tentang materi kimia bukan kearifan lokal
Informan 5	Ada namun terbatas. Buku-buku yang ada terutama untuk tingkat SMK sulit didapatkan
Informan 6	Belum ada
Informan 7	Ada
Informan 8	Tidak
Informan 9	Ada
Informan 10	Ada, buku pegangan siswa
Informan 11	Tidak
Informan 12	Ada

Tabel 14 menunjukkan bahwa sebagian besar guru belum memiliki buku suplemen yang digunakan dalam proses pembelajaran. Hal ini dikarenakan sulitnya mencari buku suplemen sehingga guru hanya menggunakan buku yang disediakan pihak sekolah.

Analisis terhadap persepsi guru mengenai kebutuhan buku suplemen yang digunakan selama proses pembelajaran. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Analisis Persepsi Guru Mengenai Kebutuhan Buku Suplemen yang Digunakan Selama Proses Pembelajaran

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Dibutuhkan
Informan 2	Menurut saya belum, tetapi mungkin akan dibutuhkan seiring berjalannya waktu dan perkembangan sekolah
Informan 3	-
Informan 4	Menurut saya tidak, karena sekolah masih memiliki keterbatasan dan belum mampu menjelaskan secara terperinci seperti melakukan praktikum tentang kearifan lokal
Informan 5	Sangat dibutuhkan
Informan 6	Sangat dibutuhkan
Informan 7	Dibutuhkan
Informan 8	Menarik, sangat dibutuhkan
Informan 9	Dibutuhkan sebagai pengembangan mendidik oleh siswa
Informan 10	Perlu
Informan 11	Dibutuhkan
Informan 12	Dibutuhkan membantu siswa mengembangkan diri

Tabel 15 menunjukkan bahwa kebutuhan buku suplemen bagi para guru sangat penting untuk membantu dalam pengembangan mendidik siswa.

Analisis persepsi guru mengenai buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Analisis Persepsi Guru Mengenai Buku Suplemen Kimia Berbasis Kearifan Lokal Suku Asmat

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Kurang tahu kami belum pakai itu
Informan 2	Menurut saya baik karena dapat membantu siswa dalam mempelajari kearifan lokal yang ada di Merauke
Informan 3	-
Informan 4	Menurut saya perlu karena dapat membantu siswa dalam mendalami atau mengetahui kearifan lokal apa saja yang ada kaitannya dengan kimia
Informan 5	Sangat bagus jika ada
Informan 6	Sangat perlu untuk dibuat
Informan 7	Belum tahu atau belum ada buku suplemen kimia kearifan lokal Suku Asmat
Informan 8	Sangat baik
Informan 9	Buku khusus untuk kearifan lokal Suku Asmat belum ada
Informan 10	Menurut saya, sangat bagus agar siswa dapat mengetahui kearifan lokal Papua terutama Suku Asmat
Informan 11	-
Informan 12	Di sekolah kami tidak ada buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat

Tabel 16 menunjukkan bahwa keberadaan buku suplemen berbasis kearifan lokal sangat penting sehingga dapat membantu siswa dalam mendalami atau mengetahui kearifan lokal yang ada disekitar dan ada kaitannya dengan kimia.

Analisis persepsi guru mengenai yang seharusnya tertulis dalam buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 17.

Tabel 17. Hasil Analisis Persepsi Guru Mengenai yang Seharusnya Tertulis dalam Buku Suplemen Kimia Berbasis Kearifan Lokal Suku Asmat

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Belum tahu
Informan 2	Yang seharusnya tertulis adalah hal-hal yang berkaitan dengan kimia seperti, kegunaan-kegunaan kearifan lokal dan akan memudahkan siswa dalam mempelajari kimia
Informan 3	Apa yang menonjol atau kelebihan dari kearifan lokalnya yang lebih dominan
Informan 4	Yag berkaitan dengan bahan-bahan kimia sehingga dapat memudahkan siswa dalam mempelajari kimia karena diberikan contoh nyata yang mudah ditemukan di lingkungan
Informan 5	Kesesuaian materi kimia dengan basis tersebut terutama untuk tingkat SMK
Informan 6	Isinya tentang jenis-jenis tanaman yang dapat digunakan dan bagaimana cara membuatnya
Informan 7	Belum tahu
Informan 8	Keterkaitan antara kearifan lokal Suku asmat dengan materi kimia
Informan 9	Informasi kearifan lokal yang ada, informasi ketersediaan materi kearifan lokal Informasi ketersediaan alat dan bahan yang dapat digunakan didasar lain (diluar Asmat) Tujuan dan manfaat kearifan lokal
Informan 10	Tidak tahu
Informan 11	-
Informan 12	Tidak tahu karena saya tidak memahami atau mengetahui kearifan lokal Suku asmat

Dari Tabel 17 dapat diketahui bahwa sebagian besar guru berpendapat bahwa dalam buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku asmat berisi informasi-informasi yang berkaitan dengan ketersediaan alat dan bahan yang ada, tujuan dan manfaat kearifan lokal Suku Asmat.

Analisis persepsi guru mengenai yang diharapkan dalam buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat. Adapun hasil analisis terhadap jawaban guru pada kuesioner yang telah dibagikan dirangkum dalam Tabel 18.

Dari Tabel 18 menunjukkan harapan yang timbul dari adanya buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal, yakni dapat membantu dan memperluas pengetahuan siswa terhadap kearifan lokal Suku Asmat yang berkaitan dengan kimia serta dapat memanfaatkan sumber daya alam dalam penerapan implementasi di laboratorium.

Tabel 18. Hasil Analisis Persepsi Guru Mengenai yang Diharapkan dalam Buku Suplemen Kimia Berbasis Kearifan Lokal Suku Asmat

Informan yang Memberikan Jawaban	Jawaban Informan
Informan 1	Belum tahu
Informan 2	Dapat membantu siswa dalam memahami ilmu kimia, sehingga dapat membantu memperbaiki masalah-masalah pada proses KBM seperti mengatasi kebosanan siswa
Informan 3	Dapat menjadi acuan tambahan pada proses KBM
Informan 4	Dapat membantu dan memperluas pemahaman siswa tentang kearifan lokal Suku Asmat yang berkaitan dengan kimia
Informan 5	Kiranya buku suplemen ini bisa dibagikan ke sekolah-sekolah terutama sekolah kami (SMK), mengingat sulitnya mendapatkan buku-buku suplemen untuk SMK (terutama pelajaran kimia)
Informan 6	Agar masyarakat dapat mengetahui jenis-jenis tanaman yang dapat dijadikan suplemen
Informan 7	Belum tahu isi dan materinya
Informan 8	Dapat memberikan pengetahuan yang lebih luas mengenai kearifan Suku Asmat dan dapat menarik dan meningkatkan ketertarikan anak terhadap kimia
Informan 9	Dapat membantu guru dalam menerapkan informasi ilmu kearifan lokal Dapat memanfaatkan sumber daya alam dalam penerapan implementasi dilab atau laboratorium
Informan 10	Meningkatkan pengetahuan terhadap kearifan lokal Suku Asmat terutama kepada siswa-siswi
Informan 11	-
Informan 12	Supaya dapat membantu pemahaman materi yang berkaitan dengan kearifan lokal Suku Asmat

Hasil Wawancara

Wawancara ini dilakukan di halaman kampus Universitas Musamus Merauke, Narasumber adalah seorang mahasiswa asli Asmat yang datang ke kota Merauke khusus untuk melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi. Jenis wawancara yang digunakan adalah wawancara tidak terstruktur dengan maksud membangun suasana yang nyaman. Sebelum melakukan wawancara, peneliti melakukan analisa kearifan lokal Suku Asmat melalui dokumen-dokumen yang diperoleh dari internet, sehingga pada proses wawancara ini informan akan diberikan pertanyaan-pertanyaan yang sesuai dengan analisa dokumen yang dilakukan sebelumnya. Adapun rangkuman hasil wawancara dengan informan 1 (EB) terdapat di Tabel 19, informan 2 (ER) di Tabel 20, informan 3 (TU) di Tabel 21.

Tabel 19. Hasil Wawancara Informan 1 dengan Topik Kebiasaan Masyarakat Suku Asmat (Kehidupan Sosial)

Pertanyaan	Jawaban
Suku asmat terkenal dengan ukirannya, kayu jenis apa yang dipakai untuk membuat ukiran tersebut? Ada beragam tarian khas di setiap daerah, salah satu tarian khas yaitu dari daerah asmat (tarian khas Suku Asmat), selain gerakan dalam tarian tersebut, hiasan badan yang dipakai untuk mewarnai tubuh juga sangat khas, dari bahan apa pewarna itu dibuat untuk mewarnai badan dalam tarian?	Untuk membuat ukiran khas Suku Asmat yaitu menggunakan kayu besi Tiga warna yang selalu dipakai dalam tarian kami yaitu warna merah, hitam dan putih. Bahan yang dipakai untuk membuat cat / pewarna untuk menghias tubuh yaitu arang merah terbuat dari tanah, arang putih terbuat dari cangkang kerang, arang hitam terbuat dari kayu yang dibakar.
Terbuat dari bahan apa tas khas dari Suku Asmat (Tas Noken)?	Tas noken dibuat dari kulit kayu besi

Tabel 20. Hasil Wawancara Informan 2 dengan Topik Pengobatan Tradisional

Pertanyaan	Jawaban
Apa yang dipakai oleh masyarakat Suku Asmat untuk pengobatan tradisional?	Masyarakat Suku Asmat menggunakan daun gatal untuk mengobati nyeri otot. Daun gatal merupakan bahan tradisional yang dipakai dalam setiap pengobatan.
Bagaimana proses pengolahan daun gatal tersebut sehingga dapat dipakai untuk mengobati nyeri otot?	Daun gatal dipetik, pohonnya seperti semak-semak dan tingginya mencapai 2 meter, kemudian dipukul-pukul sampai luka (dimemarkan), setelah agak memar-memar basah kemudian tempelkan dibagian tubuh yang terasa sakit.

Tabel 21. Hasil wawancara Informan 3 dengan Topik Makanan Khas Suku Asmat

Pertanyaan	Jawaban
Apa makanan khas dari masyarakat Suku Asmat?	Makanan khas kami yaitu sagu dan keladi
Makanan apa saja yang dibuat dari olahan sagu? Olahan apa saja yang dibuat dari keladi?	Biasa dibikin papeda dan bola-bola sagu Keladi kami juga sangat khas dan biasanya kami rebus kemudian dimakan dengan tambahan lauk seperti daging

Hasil Analisis Studi Literatur dan Studi Langsung

Berdasarkan hasil studi literatur kearifan lokal Suku Asmat, diperoleh beberapa hasil seperti pada Tabel 22.

Tabel 22. Rangkuman Hasil Analisis Studi Literatur dan Studi Langsung

Makanan khas	Pengobatan Tradisional	Kehidupan Sosial
Papeda dan Bola-bola sagu	Penggunaan daun gatal untuk mengobati nyeri otot	Penggunaan kayu besi sebagai media ukiran Asmat
Keladi rebus		Penggunaan kulit kayu besi sebagai bahan pembuatan noken (tas tradisional Suku Asmat)
Ulat sagu bakar		Penggunaan cangkang kerang sebagai pewarna alami dalam upacara adat

Analisis Hubungan Kearifan Lokal Suku Asmat dengan Kimia

Analisis hubungan kearifan lokal Suku Asmat dengan materi pelajaran kimia dapat dirangkum pada Tabel 23.

PEMBAHASAN

Hasil kuesioner terbuka yang telah dirangkum dari 12 guru yang memberikan jawaban mengenai analisis kebutuhan buku suplemen kimia di sekolah, dapat dinyatakan bahwa bahan ajar yang umumnya digunakan adalah buku yang telah disiapkan di sekolah berupa BSE, hanya 3 guru yang menyatakan menggunakan materi tambahan yang diakses dari internet. Frekuensi penggunaan bahan ajar hanya selama proses pembelajaran di kelas. Buku ajar yang tersediapun diakui oleh guru kurang memadai.

Media pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran masih didominasi oleh slide powerpoint yang dikendalikan penggunaannya oleh guru.

Sedangkan frekuensi penggunaan media pembelajaran juga masih disesuaikan dengan kebutuhan atau materi yang diajarkan.

Tabel 23. Rangkuman Hasil Analisis Hubungan Kearifan Lokal Suku Asmat dengan Materi Pelajaran Kimia

No.	Kearifan lokal	Pemahaman masyarakat	Penjelasan ilmiah	Materi Pelajaran Kimia
1	Sagu	Pembuatan papeda Pembuatan kue bola-bola sagu	Saat tepung sagu dilarutkan ke dalam air, akan terbentuk koloid	Koloid
2	Ulat sagu	Meningkatkan stamina	Mengandung protein dan asam amino berupa asam aspartrat, asam glutamat, lisin, dan tirosin	Protein
3	Pewarna alami	Penggunaan kulit kerang sebagai pewarna putih pada tubuh	Mengandung kalsium karbonat	Asam basa
4	Ornamen tradisional	Penggunaan kayu besi sebagai bahan baku ukiran Penggunaan kulit kayu besi sebagai bahan baku noken	Komponen kimia memiliki arti penting bagi kayu karena dapat mempengaruhi sifat keawetan, warna, bau, dan rasa jenis kayu.	Stoikiometri sub bab kadar zat
5	Keladi	Digunakan sebagai makanan pengganti saat tidak memperoleh sagu	Mengandung karbohidrat	Karbohidrat
6	Pengobatan tradisional	Penggunaan daun gatal sebagai pereda pegal-pegal dan sakit kepala	Mengandung monoridin, tryptophan, histidine, alkaloid, flavonoid, asam formiat, dan authraguinones	Hidrokarbon dengan contoh asam format

Tugas yang biasa diberikan kepada siswa agar siswa dapat mengembangkan pengetahuannya berupa tugas mandiri berupa merangkum materi. Beberapa guru memberikan tugas untuk mencari materi melalui internet.

Persepsi guru mengenai pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam proses pembelajaran pada bahan ajar, dan dalam media pembelajaran semuanya beranggapan perlu, meskipun hanya beberapa guru yang memberikan alasan mengapa kearifan lokal perlu untuk dikenalkan pada siswa. Begitupun juga mengenai pengenalan kearifan lokal kepada siswa dalam proses pembelajaran kimia secara khusus, semua guru yang jadi informan menyatakan perlu, dengan beberapa guru memberikan alasan bahwa siswa harus memahami aspek materi yang berhubungan dengan sumber daya lokal.

Penggunaan bahan-bahan, zat atau metode yang menggambarkan kearifan lokal dijawab sebagian informan bahwa belum pernah. Guru yang sudah pernah menggunakan juga mengakui masih jarang. Selanjutnya mengenai upaya yang pernah dilakukan oleh guru untuk mengakomodir penerapan proses pembelajaran yang berbasis kearifan lokal, 6 dari 12 informan menyatakan belum ada upaya selama ini. Enam informan lainnya sudah mencoba menggunakan bahan-bahan yang ada di sekitar yang berkaitan dengan materi.

Pada pertanyaan mengenai upaya yang dilakukan oleh sekolah untuk mengakomodir penerapan proses pembelajaran yang berbasis kearifan lokal, hanya 3 dari 12 informan yang menyatakan sekolah memfasilitasi, 9 informan lainnya menyatakan belum ada upaya dari pihak sekolah.

Selain informasi umum, dalam kuesioner terbuka ditanyakan secara khusus mengenai buku suplemen. Sebagian dari guru menyatakan bahwa belum ada buku suplemen yang digunakan selama proses pembelajaran atau tugas siswa. Guru yang menyatakan ada juga mengakui hal itu masih terbatas. Sembilan dari dua belas guru menyatakan bahwa buku suplemen dibutuhkan untuk membantu siswa mengembangkan diri. Tiga guru lainnya menyatakan belum dibutuhkan karena sekolah masih memiliki keterbatasan untuk mengadakan buku suplemen. Selanjutnya secara khusus untuk buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat, sebagian besar informan menyatakan sangat bagus jika ada, namun di sekolah belum disiapkan.

Jawaban informan sangat beragam untuk pertanyaan mengenai apa saja yang seharusnya tertulis dalam buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat. Lima guru diantaranya yang menyatakan belum tahu. Ada guru yang memberikan saran bahwa yang seharusnya tertulis adalah hal-hal yang berkaitan dengan kimia seperti, kegunaan-kegunaan kearifan lokal dan akan memudahkan siswa dalam mempelajari kimia. Jawaban beragam juga diberikan oleh informan pada pertanyaan mengenai apa yang diharapkan dari adanya buku suplemen kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat, diantaranya dapat membantu siswa dalam memahami ilmu kimia, sehingga dapat membantu memperbaiki masalah-masalah pada proses KBM seperti mengatasi kebosanan siswa, dapat membantu dan memperluas pemahaman siswa tentang kearifan lokal Suku Asmat yang berkaitan dengan kimia, serta dapat memberikan pengetahuan yang lebih luas mengenai kearifan Suku Asmat dan dapat menarik dan meningkatkan ketertarikan anak terhadap kimia.

Kearifan lokal Suku Asmat juga dikaji melalui wawancara terhadap tiga informan yang merupakan masyarakat dari Asmat. Wawancara dengan narasumber 1 dilakukan di halaman kampus Universitas Musamus Merauke, narasumber adalah seorang mahasiswa asli Asmat yang datang ke Merauke khusus untuk melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi, Jenis wawancara yang digunakan adalah wawancara terbuka dan tidak terstruktur dengan maksud membangun suasana yang nyaman. Sebelum melakukan wawancara, peneliti melakukan analisa kearifan lokal

Suku Asmat melalui dokumen-dokumen yang diperoleh dari internet, sehingga pada proses wawancara ini narasumber akan diberikan pertanyaan-pertanyaan yang sesuai dengan analisa dokumen yang dilakukan sebelumnya. Dari hasil wawancara dengan narasumber 1 diperoleh informasi bahwa untuk membuat ukiran khas Suku Asmat yaitu menggunakan kayu besi, Ada beragam tarian khas di setiap daerah, salah satu tarian khas yaitu dari daerah asmat (tarian khas Suku Asmat), selain gerakan dalam tarian tersebut, hiasan badan yang dipakai untuk mewarnai tubuh juga sangat khas, tiga warna yang selalu dipakai dalam tarian kami yaitu warna merah hitam dan putih. Bahan yang dipakai untuk membuat cat / pewarna untuk menghias tubuh yaitu arang merah terbuat dari tanah, arang putih terbuat dari cangkang kerang, arang hitam terbuat dari kayu yang dibakar, serta tas khas dari Suku asmat (Tas Noken) terbuat dari kayu besi.

Wawancara dengan narasumber 2 juga dilakukan di halaman kampus Universitas Musamus Merauke. Narasumber 2 juga merupakan seorang mahasiswa asli Asmat yang datang ke Merauke khusus untuk melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi. Dari hasil wawancara dengan narasumber 2, diperoleh informasi bahwa masyarakat Suku asmat menggunakan daun gatal untuk mengobati nyeri otot. Daun gatal merupakan bahan tradisional yang dipakai dalam setiap pengobatan, Daun gatal dipetik, pohonnya seperti semak-semak dan tingginya mencapai 2 meter, kemudian dipukul-pukul sampai luka (dimemarkan), setelah agak memar-memar basah kemudian tempelkan dibagian tubuh yang terasa sakit.

Wawancara dengan narasumber 3 juga dilakukan di halaman kampus Universitas Musamus Merauke. Narasumber adalah seorang mahasiswa asli Asmat sekaligus menjabat sebagai Koordinator Mahasiswa Suku Asmat di Universitas Musamus Merauke yang datang ke kota merauke khusus untuk melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi, dia berasal dari asli Asmat tepatnya di kampung AKAT (Asmat Darat). Informasi yang diperoleh dari narasumber 3 yaitu, makanan khas Suku Asmat adalah sagu dan keladi, makanan yang dibuat dari olahan sagu berupa papade dan bola-bola sagu, serta untuk keladi biasanya hanya direbus kemudian dimakan dengan tambahan lauk seperti daging.

Sesuai dengan hasil studi literatur kearifan lokal Suku Asmat dan konfirmasi dengan hasil wawancara diperoleh hubungan kearifan lokal Suku Asmat dengan materi kimia, diantaranya sagu hubungannya dengan materi koloid, ulat sagu dengan materi protein, pewarna alami hubungannya asam basa, ornamen tradisional berkaitan dengan materi stoikiometri sub bab kadar zat, keladi berkaitan dengan materi karbohidrat, serta pengobatan tradisional yang berkaitan dengan hidrokarbon dengan contoh asam formiat.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa: (1)guru belum memiliki buku ajar kimia berbasis kearifan lokal Suku Asmat Papua, (2)guru sangat membutuhkan buku suplemen yang berbasis kearifan lokal untuk

memudahkan siswa memahami materi kimia, (3) beberapa kearifan lokal Suku Asmat Papua yang dapat dibahas hubungannya dengan materi kimia, diantaranya sugu hubungannya dengan materi koloid, ulat sugu dengan materi protein, pewarna alami hubungannya asam basa, ornamen tradisional berkaitan dengan materi stoikiometri sub bab kadar zat, keladi berkaitan dengan materi karbohidrat, serta pengobatan tradisional yang berkaitan dengan hidrokarbon dengan contoh asam formiat.

Sesuai dengan hasil penelitian, peneliti akan menyusun buku ajar berupa buku suplemen mengenai beberapa materi mata pelajaran kimia Sekolah Menengah Atas yang juga dapat digunakan oleh kalangan umum.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmadi, I.K. A. S. 2012. *Mengembangkan Pendidikan Berbasis Keunggulan Lokal*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Alfan, M.N.H. 2013. *Studi Budaya di Indonesia*. Bandung: CV Pustaka Setia.
- Asmani, J. 2012. *Pendidikan Berbasis Keunggulan Lokal*. Yogyakarta: Diva Press.
- Brady, J. 1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Hidayat, M.T.I.M. 2008. *Ilmu Alamiah Dasar*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Irianto, Y. 2011. *Kebijakan Pembaruan Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Press.
- JM Echols, H.S. 1996. *Kamus Inggris Indonesia*. Jakarta: PT Gramedia.
- Muchtar. 2013. *Metode Praktis Penelitian Kualitatif Deskriptif*. Jakarta: GP Press Grup.
- Munadi, Y. 2008. *Media Pembelajaran sebuah Pendekatan Baru*. Ciputat: Gaung Persada Press.
- Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pengelolaan Dan Penyelenggaraan Pendidikan*. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. (Online), (<http://www.peraturan.go.id>, diakses 30 Agustus 2017).
- Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan*. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. (Online), (<http://www.peraturan.go.id>, diakses 31 Agustus 2017).
- Prasetyo, Z. 2013. Pembelajaran Sains Berbasis Kearifan Lokal. *Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika* (hlm. 3). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Saebani, B. 2012. *Pengantar Antropologi*. Bandung: CV Pustaka Setia.
- Santoso, E. 2002. *Kamus Praktis Modern Bahasa Indonesia*. Surabaya: Pustaka Dua.
- Sitepu. 2012. *Penulisan Buku Teks Pelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.



Sukmadinata, N. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Rosdakarya.

Sunarto, R. d. 2010. *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi Komunikasi, dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta.

Hayuni Retno Widarti, dkk_Pembelajaran Kimia

Analisis Pelaksanaan Perkuliahan Kimia Organik 1 (Studi Kasus Perkuliahan Kimia Organik 1)

Hayuni Retno Widarti, Siti Marfuah, Rini Retnosari
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: hayuni.retno.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Kimia merupakan materi yang sulit, bersifat abstrak dan kompleks. Kimia organik 1 (KO I) merupakan bagian dari ilmu kimia yang banyak melibatkan konsep-konsep yang bersifat abstrak, sehingga masih ada mahasiswa yang mengalami kesulitan bahkan mengalami miskonsepsi dalam mempelajarinya. Untuk menggali faktor penyebabnya telah dilakukan kajian terhadap kurikulum dan implementasinya, dengan menggunakan berbagai teknik seperti observasi perkuliahan langsung, wawancara, penyebaran angket, serta studi dokumentasi terkait kurikulum mata kuliah KO I. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui proses perkuliahan KO I dan mengidentifikasi konsep-konsep pada materi KO I yang sulit dan mahasiswa banyak mengalami miskonsepsi. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian studi kasus dengan subyek dosen, kurikulum KO I, serta mahasiswa semester 3 yang mengontrak mata kuliah KO I. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan perkuliahan KO I telah sesuai dengan Satuan Acara Perkuliahan (SAP), dan menurut mahasiswa bermanfaat. Hasil rata-rata nilai mahasiswa termasuk cukup dengan rata-rata sekitar 68,36. Meskipun kemampuan mahasiswa pada KO I termasuk kategori cukup, namun masih terlihat adanya kesulitan dan miskonsepsi pada pokok bahasan tertentu. Mahasiswa menemukan kesulitan dalam memahami materi KO I, khususnya pada materi resonansi, gaya antar molekul, isomer ruang, dan persamaan reaksi organik. Berdasarkan penelusuran jawaban soal, umumnya mahasiswa lemah dalam kemampuan menjelaskan fenomena secara submikroskopik dan simbolik. Perlu dilakukan penelitian terkait model perkuliahan yang mampu mengakomodasi pemahaman konseptual tentang kimia yang membutuhkan kemampuan untuk merepresentasikan dan menginterpretasikan permasalahan kimia dalam bentuk yang mudah dimengerti.

Kata kunci: analisis kesulitan, kimia organik I, studi kasus.

Abstract: Chemistry contained difficult, abstract, and complex concepts. Organic Chemistry I (OC I) is part of the chemistry that involves many abstract concepts. It is possible that students have not only difficulties but also misconception in learning OC I. Study about curriculum and its implementation was done with using various techniques such as direct lecture observation, interviews, questionnaire dissemination, and documentation studies related to OC I curriculum to explore its factors. The purpose of this study was to know the learning process of OC I and identify the difficult concepts on OC I materials that many students get misconceptions. This study was case study with lecturer as subject, OC I curriculum, and third semester student who have taken OC I course. The result of the research showed that the implementation of OC I learning has been in accordance with lesson plan and this learning is useful for students. The average result of the

students' grades was sufficient with an average of about 68,36. Although the students' ability in OC I was sufficient, there were still difficulties and misconceptions on certain concepts. Students found difficulties in understanding OC I materials, particularly in resonance materials, intermolecular forces, geometric isomers, and organic reaction equations. Based on the search for students answers, generally students had poor ability to explain the concepts at submicroscopic and symbolic level. It needs to do research related about teaching methods that is able to accommodate conceptual understanding of chemistry that requires the ability to represent and interpret chemical problems easily.

Keywords: analysis of difficulty, organic chemistry I, case study

Berbagai cara telah dilakukan oleh pemerintah Indonesia untuk meningkatkan mutu pendidikan, baik melalui pendidikan formal maupun non formal. Salah satu usaha yang paling penting untuk meningkatkan mutu pendidikan adalah melalui peningkatan proses belajar mengajar. Hal ini dikarenakan dalam proses belajar mengajar terjadi proses komunikasi dan transfer ilmu antar pendidik dan peserta didik. Menurut Achmad (2008) pada hakikatnya proses belajar mengajar merupakan sebuah sistem, yang didalamnya memiliki berbagai komponen yang saling bekerja sama dan terpadu untuk mencapai tujuan pembelajaran. Komponen-komponen di dalam proses belajar mengajar meliputi tujuan pengajaran, pendidik (guru/dosen) dan peserta didik, bahan pelajaran, metode dan strategi belajar mengajar, alat atau media, sumber pelajaran dan evaluasi. Semua komponen tersebut merupakan satu kesatuan yang saling menunjang dalam proses belajar mengajar. Oleh karena itu proses belajar mengajar merupakan faktor yang dominan dalam meningkatkan mutu pendidikan untuk semua bidang studi dan jenjang pendidikan, tidak terkecuali bidang studi kimia pada jenjang pendidikan perguruan tinggi. Salah satu mata kuliah pada bidang studi kimia di tingkat Perguruan Tinggi adalah mata kuliah Kimia Organik I.

Mata kuliah Kimia Organik I (KO I) merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia. Mata kuliah KO I termasuk dalam kelompok mata kuliah keilmuan dan keterampilan (MKK). Materi dalam mata kuliah KO I membekali pengetahuan dasar mahasiswa tentang konsep-konsep dasar kimia organik, yang meliputi analisis senyawa organik, struktur dan ikatan kimia, asam dan basa, pengantar molekul organik dan gugus fungsi, isomeri, dan reaksi senyawa organik (Kurikulum Prodi Pendidikan Kimia, 2016). Hal ini sangat berguna untuk mempelajari mata kuliah lain sebagai bekal mahasiswa mengembangkan kemampuan memecahkan masalah terkait kimia organik lanjut dan sintesis organik. Oleh karena itu pemahaman tentang materi KO I sangat penting bagi mahasiswa untuk belajar ilmu kimia lebih lanjut.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti di salah satu Perguruan Tinggi Negeri di Kota Malang dan kajian terhadap hasil belajar mahasiswa selama ini mencerminkan bahwa perkuliahan KO I masih belum sesuai

dengan harapan. Hasil belajar mahasiswa tergolong kategori cukup, namun terlihat adanya kecenderungan penurunan kemampuan pada beberapa pokok bahasan tertentu. Hal ini terlihat dari dokumentasi rata-rata nilai mata kuliah KO I pada semester genap 2014 - 2015 (dua kelas) dan 2015 - 2016 (tiga kelas) masing-masing 65,78 (58,76 dan 72,81) dan 66,73 (66,45; 68,85; dan 64,88). Oleh karena itu agar perkuliahan KO I semaksimal mungkin mengakomodasi pencapaian tujuan dan memperoleh hasil yang lebih baik, perlu ditemukan solusi untuk mengembangkan perkuliahan yang mampu mengatasi permasalahan tersebut. Untuk menemukan model perkuliahan yang tepat, perlu dilakukan terlebih dahulu kajian mendalam terhadap kurikulum KO I dan implementasi kurikulum dalam perkuliahan selama ini, bagaimana penyelenggaraan perkuliahan KO I selama ini dilaksanakan. Melalui observasi dan kajian ini diharapkan ditemukan berbagai faktor penyebab permasalahan tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk memikirkan solusinya.

Berdasarkan uraian di atas jurusankimia salah satu Lembaga Pendidikan Tenaga Keguruan (LPTK) Negeri di kota Malang Jawa Timur, mencari cara untuk membekali mahasiswa dengan pengetahuan materi subjek, khususnya dengan mengembangkan kemampuan dari topik-topik dalam mata kuliah KO I. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas lulusan. Untuk itu, terlebih dahulu perlu digali bagaimana kurikulum mata kuliah KO I apakah sudah sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu dilakukan studi terhadap pelaksanaan perkuliahan KO I, baik dari sisi mahasiswa, dosen, keterkaitan dengan mata kuliah lain, pelaksanaan pembelajaran, soal-soal/latihan, sistem asesmen, media dan ketepatan serta kesulitan materi. Dari kegiatan tersebut maka akan diketahui inti permasalahan, dan rencana solusinya. Untuk menjawab semua permasalahan tersebut dilakukan penelitian tentang “Analisis Pelaksanaan Perkuliahan Kimia Organik I (Studi Kasus Perkuliahan Kimia Organik I)” di salah satu LPTK Kota Malang Jawa Timur.

METODE

Penelitian dilakukan dengan metode studi kasus mengikuti langkah-langkah menurut Fraenkel & Wallen (2010), dan dilakukan pada program studi pendidikan kimia jurusan kimia di salah satu LPTK Negeri kota Malang Jawa Timur. Studi ini dilakukan untuk mengetahui kesulitan mahasiswa dan permasalahan dalam pengembangan perkuliahan KO I. Mahasiswa kimia yang menjadi fokus penelitian adalah 58 mahasiswa semester 2 yang mengontrak mata kuliah KO I pada program studi pendidikan kimia. Informasi tentang penelitian juga diperoleh dari dosen pengampu mata kuliah KO I. Kajian kurikulum tertulis dan kurikulum implementasi dilakukan melalui studi dokumentasi dan observasi langsung di kelas.

Teknik pengumpulan data yang digunakan ialah observasi langsung ke Ketua Jurusan Kimia salah satu LPTK Negeri di kota Malang, untuk menggali informasi segala hal tentang pelaksanaan perkuliahan serta angket untuk menjangir

respon/tanggapan mengenai pelaksanaan perkuliahan KO I, referensi yang digunakan pada perkuliahan KO I, kesesuaian kurikulum KO I, materi KO I, dan pentingnya penggunaan media pada perkuliahan KO I. Disamping itu juga diberikan respon terbuka/tanggapan mahasiswa tentang penggunaan media, strategi, dan waktu belajar pada pelaksanaan perkuliahan KO I, dan untuk dosen diberikan kuisisioner terkait mata kuliah KO I yang meliputi: (1)materi, (2)pelaksanaan perkuliahan, (3)kesulitan topik-topik/subtopik KO I yang dihadapi mahasiswa, (4)strategi dan saran tentang perlunya pengembangan program pembelajaran mata kuliah KO I, (c)wawancara dilakukan terhadap ketua Kelompok Bidang Keahlian (KBK) Kimia Organik dan dosen pengampu mata kuliah KO I yang bertujuan untuk mengetahui tentang perkuliahan KO I. Selain itu, wawancara juga dilakukan kepada beberapa mahasiswa untuk mengetahui pelaksanaan baik tentang kesulitan materi, metode dan media yang sering dipakai dalam perkuliahan oleh dosen dalam perkuliahan KO I.

HASIL

Mata kuliah KO I merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia salah satu LPTK Negeri di Kota Malang Jawa Timur. Mata kuliah KO I ditempuh mahasiswa pada semester 2 dengan bobot 3sks/3js dan harus sudah menempuh mata kuliah Kimia Dasar I sebagai prasyarat. Manfaat dari mata kuliah KO I adalah membekali mahasiswa dalam mempelajari konsep-konsep dasar kimia organik, sehingga mahasiswa dapat memahami secara komprehensif konsep-konsep dasar senyawa organik. Kompetensi dan bahan kajian mata kuliah KO I dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kompetensi dan Bahan Kajian Mata kuliah Kiia Organik 1.

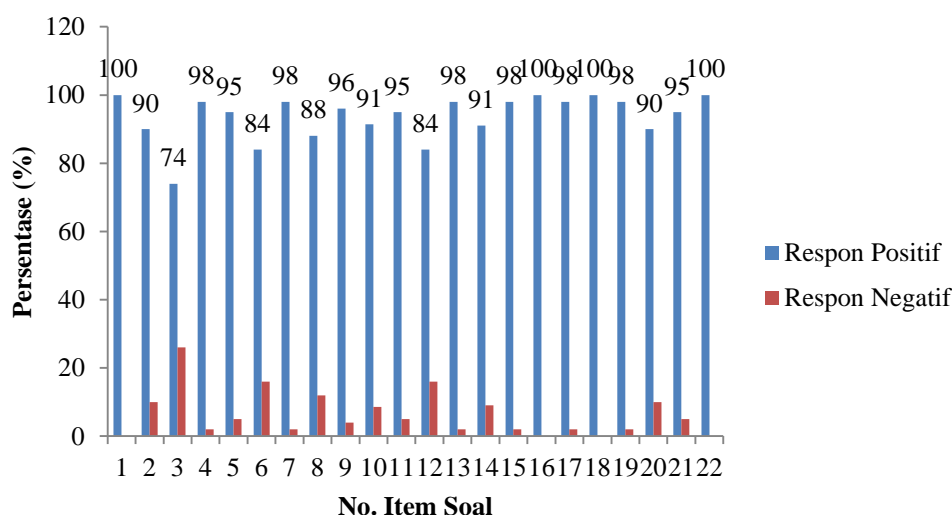
Mata kuliah	Kompetensi	Bahan Kajian
Kimia Organik 1	Memahami secara komprehensif deskripsi konsep-konsep dasar senyawa organik	Analisis senyawa organik, struktur dan ikatan kimia, asam dan basa, pengantar ke molekul organik dan gugus fungsi, isomeri, dan reaksi senyawa organik

Berkaitan dengan mata kuliah KO I telah dilakukan wawancara dan kuesioner kepada Ketua Jurusan Kimia dan Ketua KBK Kimia Organik. Dari kedua wawancara dan kuesioner tersebut dapat ditarik abstraksi bahwa dalam mempelajari KO I diperlukan mata kuliah prasyarat yang menjadi dasar bagi pemahaman dan penguasaan mata kuliah selanjutnya. Mata kuliah prasyarat sangat menentukan keberhasilan proses dan hasil belajar mata kuliah KO I adalah mata kuliah Kimia Dasar I. Hal yang sama juga dilakukan terhadap dosen pembina mata kuliah KO I. Secara garis besar menurut dosen pengampu mata kuliah KO I materi sudah sesuai dengan silabus, mahasiswa mengalami kesulitan pada beberapa pokok bahasan seperti resonansi, struktur penyumbang utama dan penyumbang tambahan, reaksi-reakasi organik, isomer dan gaya antar molekul. Secara lebih jelas beberapa konsep

pada mata kuliah KO I dimana mahasiswa banyak mengalami kesulitan dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan hasil respon mahasiswa terhadap pelaksanaan perkuliahan, referensi, kurikulum, media, dan materi pada matakuliah KO I dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 2. Persentasi Jumlah Mahasiswa yang Kesulitan pada Tiap Pokok Bahasan

No	Pokok Bahasan	Jumlah mahasiswa yang mengalami kesulitan	Persentase
1	Isomer	29	50,00
2	Resonansi	35	60,34
3	Gaya antar molekul	14	24,14
4	Asam basa	3	5,17
5	Reaksi-reaksi organik	18	31,03



Gambar 1. Persentase Respon Mahasiswa Terhadap Perkuliahan KO I

- Keterangan : nomor item angket
 1-8 dan 21 : Kesesuaian pelaksanaan perkuliahan KO I
 9 : Kesesuaian referensi yang digunakan dalam perkuliahan KO I
 10-11 : Kesesuaian kurikulum mata kuliah KO I
 12-17; 20; dan 22 : Pentingnya Media pada perkuliahan KO I
 19 : Pentingnya materi KO untuk mempelajari materi KO tingkat lanjut/kimia lainnya

Dari Tabel 2 terlihat bahwa masih ada mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam mempelajari konsep-konsep pada mata kuliah KO I. Kesulitan mahasiswa yang dominan terutama pada pokok bahasan isomer, resonansi, gaya antar molekul, dan reaksi-reaksi organik. Kesulitan mahasiswa ini harus segera diatasi karena apabila dibiarkan terus akan menimbulkan kesalahan konsep (miskonsepsi) yang berakibat pada penurunan hasil belajar. Oleh karena itu perlu dilakukan solusi untuk

mencegahnya, misalnya dengan menerapkan pembelajaran yang inovatif dengan melibatkan penggunaan media yang representatif sesuai dengan karakteristik materinya. Pentingnya penggunaan media di dalam perkuliahan KO I juga terungkap dari hasil angket respon mahasiswa.

Gambar 1 menunjukkan respon mahasiswa terhadap perkuliahan KO I. Dari Gambar 1 terlihat bahwa rata-rata hampir 95% mahasiswa memberikan respon positif terhadap keseluruhan perkuliahan KO I. Rata-rata 91% mahasiswa memberikan respon positif terhadap kesesuaian pelaksanaan perkuliahan KO I. Hal ini menunjukkan bahwa pelaksanaan perkuliahan KO I sudah menunjukkan kemampuan yang hasus dimiliki mahasiswa, perkuliahan sudah berpusat pada mahasiswa, dan mendorong mahasiswa untuk menemukan konsep-konsep sendiri dengan baik, walaupun masih ada mahasiswa yang kurang motivasi dan mengalami kesalahan konsep. Terkait referensi (buku, jurnal, modul) yang digunakan dalam pembelajaran KO I rata-rata 95% mahasiswa memberikan respon positif bahwa referensi yang digunakan sudah cukup memadai untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Disamping itu 91% mahasiswa memberikan respon positif terhadap kesesuaian kurikulum yang digunakan. Dalam arti bahwa waktu, sks/js, SAP dan silabus yang digunakan sudah sesuai dengan kurikulum. Sebanyak 98% mahasiswa memberikan respon positif bahwa materi KO I sudah sesuai dengan kurikulum.

Berkaitan dengan respon mahasiswa terhadap media bahan ajar yang dipakai pada perkuliahan KO I, rata-rata 96% mahasiswa memberikan respon positif terhadap pentingnya penggunaan media didalam perkuliahan KO I. Perkuliahan KO I membutuhkan bantuan media untuk membantu mahasiswa memahami terjadinya proses resonansi, terjadinya berbagai macam gaya antar molekul, membantu mahasiswa memahami gambar tiga dimensi senyawa organik dan terjadinya reaksi organik. Disamping itu mahasiswa juga lebih mudah memahami konsep-konsep KO I dengan menggunakan bantuan berbagai representasi (gambaran). Hal ini juga sesuai dengan saran dari dosen pada saat wawancara bahwa sangat perlu penggunaan media pembelajaran untuk merepresentasikan konsep kimia terutama yang berkaitan dengan makro, mikro dan simbolik agar konsep yang abstrak lebih mudah dipahami mahasiswa.

Terkait data kemampuan KO I mahasiswa, dari dokumentasi tentang hasil belajar KO I mahasiswa angkatan 2016-2017 disalah satu LPTK Negeri di kota Malang Jawa Timur diperoleh rata-rata dari tiga kelas masing-masing adalah 65,05; 68,09; dan 71,93. Rata-rata total ketiga kelas adalah 68,36 yang termasuk katagori cukup.

Beberapa saran dari 58 mahasiswa yang mengisi angket berkaitan kesulitan mahasiswa dalam memahami materi pada pelaksanaan pembelajaran KO I secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi: (1)mahasiswa merasa kurang memahami struktur penyumbang utama dan penyumbang tambahan, serta kesulitan dalam menentukan struktur hibrida resonansi dan resonansi pada benzena, (2)pembelajaran KO I sebaiknya membahas soal-soal dengan jelas dan runtut, serta

memberi reward pada mahasiswa yang bisa menjawab, (3)jika memberikan penjelasan jangan terlalu cepat, artinya dalam pembelajaran KO I harus pelan-pelan dan tidak terburu-buru agar paham, (4)penggunaan media dapat membuat mahasiswa paham dan sangat praktis, fleksibel, dan memuaskan, (5)penggunaan model atom yang dibuat oleh mahasiswa sendiri sangat membantu dalam memahami KO I, (6)perlu media pembelajaran interaktif yang baik sehingga memudahkan mahasiswa merepresentasikan molekul 3D, (7)diperlukan media pembelajaran yang sesuai untuk mempermudah memahami materi serta meminimalisir miskonsepsi yang sering terjadi, (8)kesulitan dalam mengenali reaksi-reaksi yang terjadi dan banyaknya persamaan reaksi terkadang membingungkan, dan (9)kesulitan dalam merepresentasikan molekul 3D dan menentukan kepolaran suatu senyawa organik.

Dari respon tersebut hampir keseluruhan mahasiswa menyarankan penggunaan media pembelajaran yang mendukung seperti video, animasi dan bentuk media lain yang menarik/mendukung agar mahasiswa lebih mudah memahami konsep dan tertarik belajar KO I.

PEMBAHASAN

Dalam perkuliahan KO I, mahasiswa dituntut untuk memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti menganalisis, mensintesis dan mengevaluasi. Dengan keterampilan tersebut, mahasiswa dapat memiliki penguasaan KO I yang mendalam, karena pada dasarnya, karakteristik KO I adalah (1)sulit karena berkaitan dengan reaksi-reaksi kimia, (2)memerlukan banyak pemahaman konsep yang tinggi, (3)memerlukan pemahaman representasi yang tinggi, (4)memerlukan daya imajinasi yang kuat, (5)memerlukan banyak latihan dan pemahaman aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, dan (6)memerlukan media untuk merepresentasikan materi.

Beberapa kesulitan tergal melalui kajian ini terutama terkait materi resonansi, gaya atar molekul, isomer ruang, dan reaksi-reaksi organik. Kesulitan yang paling besar dihadapi mahasiswa dalam mata kuliah KO I adalah pada pokok bahasan resonansi dan isomer. Keadaan seperti ini sebenarnya terjadi secara berulang dari tahun-tahun sebelumnya, yang mana hal ini menyebabkan tidak tercapainya kompetensi yang diharapkan. Secara umum dapat dinyatakan bahwa kelemahan mendasar dalam perkuliahan KO I ini adalah kurangnya kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan konsep dengan benar. Mahasiswa belum dapat membayangkan apa yang sebenarnya terjadi. Karena ketidaktahuan tersebut, maka ini berimbas pada lemahnya kemampuan mahasiswa memprediksi dan dalam memahami konsep secara utuh. Oleh karena itu di dalam pembelajaran KO I perlu digunakan berbagai representasi yang mendukung. Seperti yang dikemukakan oleh Johnston (1999) dalam Jaber & Joude (2012) bahwa representasi dalam kimia meliputi representasi makro, submikro dan simbolik. Fenomena ini sejalan dengan apa yang diungkapkan oleh Hand & Chio (2010), bahwa dalam perkuliahan

organik, kemampuan merepresentasikan, termasuk mikro dan simbolik merupakan modal dasar mahasiswa untuk menyelesaikan permasalahan terkait organik. Demikian pula Lee dkk. (2001) mengungkapkan berdasarkan penelitiannya bahwa kemampuan memprediksi sangat ditentukan oleh kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan konsep dalam tataran mikro.

Salah satu kelemahan perkuliahan KO I lainnya adalah lemahnya kemampuan mahasiswa dalam konsep yang berhubungan dengan struktur hibrida resonansi. Kemungkinan hal ini terjadi karena mahasiswa sulit membayangkan struktur tersebut secara nyata. Pada dasarnya semua struktur dalam kimia diturunkan berdasarkan pemahaman mikro dan simbolik mahasiswa terkait konsep kimia. Untuk menentukan struktur (resonansi) yang tepat dalam menyelesaikan soal, mahasiswa membutuhkan kemampuan merepresentasikan konsep dalam tingkat mikro. Dari pemahaman tingkat mikro ini, kemudian mahasiswa dapat menurunkan simboliknya, misalnya dalam bentuk rumus molekulnya atau dalam persamaan reaksi. Dari rumus molekul dan persamaan reaksi ini pada akhirnya mahasiswa dapat menurunkan sendiri persamaan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan struktur resonansi, isomer ruang, gaya antar molekul, dan reaksi-reaksi organik. Berdasarkan penelitian dari beberapa peneliti menghasilkan kesimpulan yang sama, bahwa kemampuan multipel representasi merupakan modal untuk memahami kimia secara utuh, dan menjadi ahli kimia yang mumpuni (Chiu & Wu, 2009; Kozma & Russell, 2005; Jaber & Jaoude, 2012).

Pentingnya representasi dalam kimia organik juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti lain. Stull dkk. (2012; 2013) melakukan penelitian tentang penggunaan representasi model konkrit dan virtual, dimana hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa model molekul konkrit dapat menjadi alat belajar yang efektif dalam membantu siswa merepresentasikan konsep kimia organik dengan baik. Hal yang sama juga dilakukan oleh Kumi dkk. (2013) menyatakan bahwa buku teks dapat meningkatkan hubungan referensi antara beberapa jenis representasi kimia seperti proyeksi Newman dan Fisher. Presentasi molekul menggunakan beberapa representasi dan diskripsi memungkinkan siswa untuk melihat hubungan antara representasi molekul 2D - 3D, dan meningkatkan ketrampilan pada materi kimia organik.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil temuan dan pembahasan penelitian studi kasus, maka dapat disimpulkan bahwa meskipun materi KO I dalam perkuliahan telah sesuai dengan uraian materi dalam kurikulum, dan rata-rata nilai mahasiswa sekitar 70 yang masuk dalam kategori cukup, namun masih kurang menggunakan berbagai representasi dalam pembelajarannya. Selain itu, perkuliahan KO I yang selama ini dilaksanakan juga belum mampu meningkatkan penguasaan mahasiswa terutama dalam merepresentasikan kemampuan mikro dan simbolik, yang sangat diperlukan

sebagai dasar untuk membangun pemahaman komprehensif KO I yang banyak melibatkan konsep-konsep yang bersifat abstrak, sehingga masih ada mahasiswa yang mengalami kesulitan dan miskonsepsi.

Berdasarkan hasil penelitian (studi kasus) di atas, perlu dilakukan inovasi pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa dengan menggunakan berbagai representasi (multipel representasi). Inovasi yang dilakukan misalnya dapat menggunakan strategi pembelajaran dengan konflik kognitif atau *problem solving* berbasis multipel representasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Achmad. 2008. Pengaruh Media Permainan Truth And Dare Terhadap Hasil Belajar Kimia Siswa SMA Dengan Visi Sets. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang: Gunung pati Semarang. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 2 (1): 230-235.
- Chiu, M. H. & Wu, H. K. 2009. The Role of Multimedia in the Teaching and Learning of the Triplet Relationship in Chemistry. Dalam J.K. Gilbert & D. Treagust (Eds.). *Multiple Representations in Chemical Education: Models and Modeling in Service Education*. Dordrecht: Springer.
- Fraenkel, J.R. & Wallen, N.E. 2010. *How to Design and Evaluate Research in Education*. 8th Edition. New York: McGraw-Hill
- Hand, B. & Chio, A. 2010. Examining the Impact of Student Use of Multiple Modal Representations in Constructing Arguments in Organic Chemistry Laboratory Classes. *Res Sci Educ*, 40 (29): 29-44
- Lee, K.W.L., Tang, W.U., Goh, N.K., & Chia, L.S. 2001. The Predicting Role of Cognitive Variable in Problem Solving in Mole Concept". *Chemistry Education Research and Practice in Europe*. 2: 285-301.
- Jaber. L. Z. & Jaoude, B.S. 2012. A Macro-micro-symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *Int J Sci Educ*, 34 (7): 973-998.
- Kozma, R. & Russell, J. 2005. Modeling Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. Dalam J. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Kumi, C.B., Olimpo, T.J., Bartlett, F, & Dixon, L.B. 2013. Evaluating the Effectiveness of Organic Chemistry Textbooks in Promoting Representational Fluency and Understanding of 2D–3D Diagrammatic Relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 14: 177–187.
- Kurikulum Prodi Pendidikan Kimia. 2016. Jakarta



Stull, T.A., Hegarty, M., Dixon, B., & Stieff, M. 2012. Representational Translation with Concrete Models in Organic Chemistry. *Cognition and Instruction*, 30(4): 404–434.

Stull, T. A., Barrett, T., & Hegarty, M. 2013. Usability of Concrete and Virtual Models in Chemistry Instruction. *Computers in Human Behavior*, 29: 2546

Dyah Waluyati _Pembelajaran Kimia

Kesalahan Konsep Klasifikasi Materi dan Perubahannya pada Siswa Kelas VII SMPN2 Ngadiluwih Kabupaten Kediri

Dyah Waluyati
SMPN 2 Ngadiluwih Kabupaten Kediri
e-mail: dyahwaluyati9@gmail.com

Abstrak: Sejumlah kesalahan konsep ditemukan dari Klasifikasi Materi dan Perubahannya di kelas VIII, IX, data wawancara didapatkan 55% kesalahan konsep. Tujuan penelitian menemukan kesalahan konsep siswa kelas VII. Metode terdiri dari perencanaan, tindakan, observasi, refleksi. Waktu penelitian Agustus - Oktober 2017. Subyek 32 siswa kelas VII-I. Hasil menunjukkan kesalahan konsep 50,6%, digunakan meremidi kesalahan konsep siswa sejak kelas VII.

Kata kunci: salah konsep, klasifikasi materi dan perubahannya, siswa kelas VII

Abstract: A number of concept errors were found from the Classification of Material and its Changes in class VIII, IX, interview data obtained 55% misconceptions. The aim of the study was to find misconceptions of students in seventh grade. The method consists of planning, action, observation, reflection. Research time August - October 2017. The subjects were 32 students class VII-I. The results show a 50,6% concept error, used to remedial misconceptions of students since grade VII.

Keywords: misconceptions, classification of material and its change, student grade VII

Peningkatan mutu pendidikan adalah menjadi tanggung jawab bersama bagi yg terlibat dalam dunia pendidikan, terutama bagi guru, yang merupakan ujung tombak dalam dunia pendidikan. Guru merupakan salah satu yang berperan dalam menentukan keberhasilan dalam kegiatan belajar mengajar, kesalahan konsep yang diberikan kepada siswa akan menyebabkan kesalahan pemahaman konsep pada siswa. Kesalahan konsep bisa terjadi dari kesalahan konsep dari buku bahan ajar yang digunakan, disini guru harus tahu dimana letak kesalahannya dan bisa membetulkannya.

Pada buku paket K13 IPA kelas VII semester 1 edisi revisi yang diterbitkan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI tahun 2016, setelah membaca materi klasifikasi materi dan perubahannya, jika siswa membacanya bisa menyebabkan kesalahan pemahaman konsep pada siswa. Data temuan kesalahan konsep dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kesalahan Konsep Buku Paket K13 Edisi Revisi

Halaman	Salah konsep
94	Segala sesuatu yang berada di bumi tersusun atas materi yang terdiri atas unsur, seperti air, udara, tanah, dan api.
101	Bagian terkecil dari sebuah unsur adalah atom. Molekul adalah bagian terkecil dari suatu senyawa.
102	Air yang memiliki rumus H ₂ O diuraikan menjadi unsur hidrogen(H) dan unsur oksigen(O)

Adanya data temuan tersebut dijadikan dasar untuk dilakukannya uji coba melalui wawancara dengan kelas VIII dan IX setelah membaca buku paket K13 edisi revisi. Data wawancara didapatkan 55% masih salah dalam memahami konsep unsur, senyawa, campuran serta perubahan fisika dan perubahan kimia. Berdasarkan data temuan tersebut, dapat dijadikan alasan untuk diadakannya penelitian dengan tujuan menemukan kesalahan konsep pada siswa kelas VII SMPN 2 Ngadiluwih Kabupaten Kediri pada materi klasifikasi materi dan perubahannya.

Sumber belajar merupakan informasi yang dapat disajikan dan disimpan dalam berbagai bentuk yang membantu siswa belajar (Sadida, 2014). Sumber belajar dapat berupa buku, media cetak dan elektronik, alam sekitar atau sumber belajar lainnya yang relevan (Prastowo, 2013). Adanya kesalahan konsep atau uraian konsep yang membingungkan pada sumber belajar akan menyebabkan kesalahan pemahaman konsep pada siswa. Kondisi yang demikian mendorong guru untuk memperbaikinya dengan memberikan konsep yang benar dan mudah dipahami sehingga kesalahan pemahaman konsep tidak terus berulang-ulang.

Menurut Padmuningsih (2015) hasil belajar adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keberhasilan yang dicapai oleh seseorang setelah melakukan tes belajar. Hasil belajar yang diperoleh seseorang dapat dijadikan sebagai indikator tentang kemampuan penguasaan seseorang tentang pengetahuan yang dimiliki dalam kegiatan belajar. Pada akhirnya harapan semua guru pada siswanya setelah mengikuti kegiatan belajar mengajar adalah dapat mencapai ketuntasan belajar minimal 85% tuntas dengan nilai mencapai KKM yang sudah ditentukan. KKM IPA kelas VII SMPN 2 Ngadiluwih adalah 75, hasil akhir setelah penelitian ini ditindak lanjuti melalui tes remedial, dari analisis hasil tes remedial akan diketahui ada atau tidaknya kesalahan pemahaman konsep pada materi klasifikasi materi dan perubahannya.

METODE

Penelitian ini termasuk penelitian tindakan kelas yang terdiri dari tahap perencanaan, tindakan, observasi dan refleksi. Penelitian Tindakan Kelas dilakukan untuk memecahkan masalah pembelajaran di kelas. Penelitian ini juga termasuk penelitian deskriptif kuantitatif sebab menggambarkan suatu teknik pembelajaran yang diterapkan di kelas dan selanjutnya menjelaskan hasil yang dapat dicapai dengan menggunakan hitungan. Penelitian ini menggunakan kelas

VII-I SMPN 2 Ngadiluwih Kabupaten Kediri dengan jumlah siswa 32, yang terdiri dari 18 siswa laki-laki dan 14 siswa perempuan. Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari RPP, lembar soal tes harian jenis soal pilihan ganda, lembar observasi kegiatan belajar mengajar yang berupa hasil analisis tes, dan lembar refleksi yang juga berupa analisis hasil tes remedial. Indikator keberhasilan penelitian adalah terbuktinya dugaan tentang adanya kesalahan pemahaman konsep pada materi klasifikasi materi dan perubahannya.

HASIL

Setelah membaca materi dari buku paket K13, ditemukan kesalahan konsep dan kerancuan konsep yang memungkinkan timbulnya kesalahan pemahaman konsep pada siswa. Adanya temuan kesalahan konsep tersebut ditindak lanjuti dengan dilakukan uji coba melalui wawancara terhadap siswa kelas VIII dan IX yang sebelumnya diminta membaca buku paket K13 edisi revisi pada materi Klasifikasi Materi dan Perubahannya. Pengambilan data dilakukan pada hari Kamis tanggal 3 Agustus jam ke 3. Dari 10 siswa kelas VIII-G didapatkan 6 anak masih salah konsep. Pada jam ke 7 di hari yang sama, dari 10 siswa kelas IX F didapatkan 5 anak masih salah konsep. Data tersebut diperoleh dari pertanyaan pemahaman konsep unsur, senyawa, campuran, perubahan fisika dan perubahan kimia. Dari perolehan uji coba wawancara dua jenjang kelas dapat disimpulkan bahwa 55% masih salah dalam memahami konsep.

Pada kegiatan pembelajaran yang direncanakan untuk menemukan kesalahan konsep yang bisa terjadi pada materi klasifikasi materi dan perubahannya pada siswa kelas VII, pada hari Selasa tanggal 5 September 2017 jam ke 3-4, di kelas VII-I yang terdiri dari 32 siswa, 18 siswa laki laki dan 14 siswa perempuan dengan menggunakan buku paket K13 edisi revisi sebagai sumber pemahaman konsep. Siswa diharapkan dapat menemukan konsep dengan membaca materi dari buku paket tersebut. Materi dari buku paket tersebut diantaranya:

A. Cara mengklasifikasikan materi yang meliputi:

1. Klasifikasi materi

Dilakukan, dengan mengamati karakteristik benda, mencatat persamaan dan perbedaan, mengelompokkan berdasarkan persamaan dan perbedaan, dan memberi nama yang sesuai pada setiap kelompok.

2. Unsur, Senyawa, dan Campuran

a. Unsur

Unsur merupakan zat tunggal yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi zat yang lebih sederhana dengan proses kimia biasa.

b. Senyawa

Senyawa merupakan zat tunggal/murni yang dapat diuraikan menjadi dua atau lebih zat yang lebih sederhana dengan proses kimia biasa.

c. Campuran

Campuran adalah suatu materi yang terdiri atas dua zat atau lebih yang masih mempunyai sifat zat asalnya.

B. Cara memisahkan campuran

C. Benda-benda yang dapat mengalami perubahan

1. Perubahan Fisika

Perubahan fisika adalah perubahan zat yang tidak disertai dengan terbentuknya zat baru.

2. Perubahan Kimia

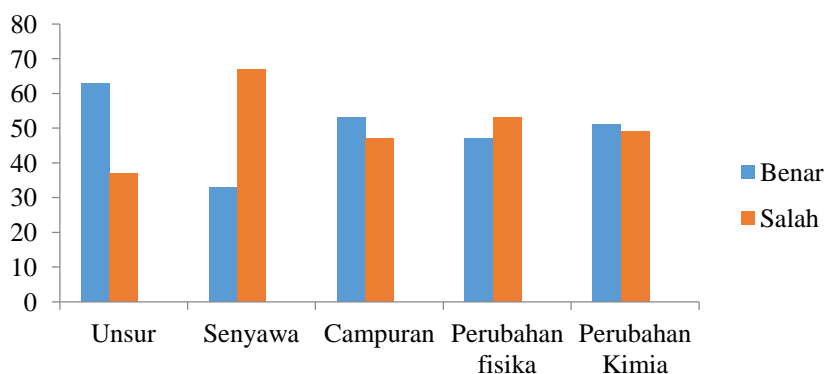
Perubahan Kimia adalah Perubahan zat yang dapat menghasilkan atau membentuk zat baru dengan sifat kimia yang berbeda dengan zat asalnya.

Setelah kegiatan pembelajaran, siswa diberi tes harian untuk menguji pemahaman konsep yang telah diberikan. Untuk mengetahui pemahaman konsep siswa, dibuat soal pilihan ganda yang terdiri dari 10 soal. Masing-masing konsep terdiri dari 2 soal yang berisi pemahaman konsep dan pemberian contohnya. Hasil tes dimasukkan dalam analisis hasil tes harian yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Tes Harian

No.	Uraian	Keterangan
1	Salah konsep unsur	37%
2	Salah konsep senyawa	67%
3	Salah konsep campuran	47%
4	Salah konsep perubahan fisika	53%
5	Salah konsep perubahan kimia	49%

Dari keseluruhan data tersebut diperoleh rata-rata keseluruhan kesalahan konsep $P_{total} = 253\% : 5 = 50,6\%$. Adapun hasil ulangan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar hasil ulangan

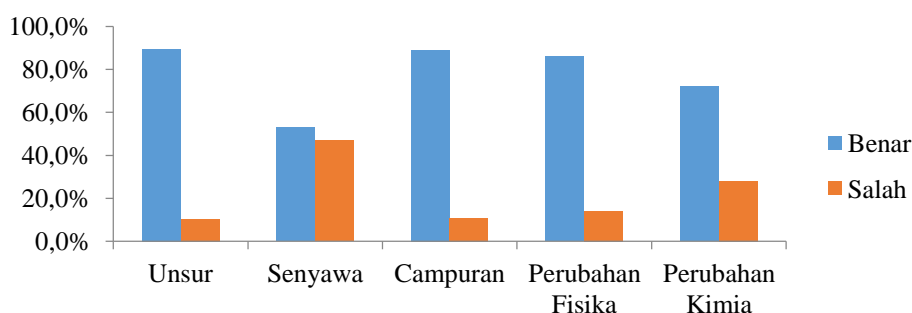
Data tersebut diperoleh dari hasil ulangan dengan menggunakan soal pilihan ganda 10 nomer dengan masing – masing konsep 2 soal, jadi persentase diperoleh dari rata-rata perolehan persentase dari 2 soal masing-masing konsep.

PEMBAHASAN

Dari gambar grafik perolehan data observasi dapat kita ketahui bahwa kesalahan konsep tertinggi pada pemahaman senyawa, dan konsep yang lain juga masih banyak kesalahan. Terbukti persentase kesalahan masih diatas 25% yang merupakan batas kesalahan maksimum dalam Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM). Melihat kenyataan tersebut, dilakukan tindak lanjut dengan memberikan tes remedial yang sebelumnya diberikan pengulangan materi melalui penjelasan singkat tentang konsep-konsep tersebut. Hasil remidi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Tes Remidi

No.	Urain	Keterangan
1	Salah konsep unsur	10,5%
2	Salah konsep senyawa	47 %
3	Salah konsep campuran	10,9%
4	Salah konsep perubahan fisika	14%
5	Salah konsep perubahan kimia	28%



Gambar 2. Hasil Ulangan Remidi

Data grafik pada gambar 2 yang merupakan gambaran perolehan hasil analisis, didapatkan persentase yang masih tinggi pada kesalahan konsep senyawa yaitu 47% masih salah konsep, demikian juga pada konsep perubahan kimia kesalahan konsep 28%. Data tersebut melebihi data maksimum kesalahan konsep dari kriteria ketuntasa minimum yang telah ditentukan yaitu 25%.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa: (1)masih ada kesalahan konsep yang cukup tinggi pada konsep senyawa yaitu 47%, (2)kesalahan konsep pada konsep perubahan kimia juga masih diatas 25% yaitu 28%, (3)kesalahan pemahaman konsep yang terjadi pada klas VIII dan IX masih terjadi di kelas VII-I sebagai kelas uji coba.

Berdasarkan hasil perolehan data dan pembahasan serta hasil kesimpulan, yang menunjukkan masih adanya kesalahan pemahaman konsep pada materi Klasifikasi Materi dan Perubahannya pada siswa kelas VII-I, melalui proses pembelajaran dengan menggunakan metode kajian pustaka menggunakan buku paket K13 edisi revisi tersebut, yang menunjukkan masih tinggi kesalahan

pemahaman konsep senyawa, dan juga konsep perubahan kimia, maka dugaan bahwa materi klasifikasi materi dan perubahannya dari buku paket K13 edisi revisi bisa menyebabkan kesalah pemahaman konsep adalah benar. Jadi diperlukan adanya diagnosis materi klasifikasi materi dan perubahannya dari buku paket K13 edisi revisi tersebut, agar kesalahan pemahaman konsep tidak terjadi terus menerus dan dibawa sampai kejenjang sekolah berikutnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Padmuningsih, S. 2015. *Jurnal Pedagogis, Tangkas Publikasi Ilmiah*. Malang: Dinas Pendidikan Kabupaten Malang.
- Prastowo. 2013. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Jogjakarta: Diva Press.
- Sadida. 2014. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Inkuiri Terbimbing pada Materi Klasifikasi Makhluk Hidup Untuk mengembangkan Kompetensi Siswa Melalui Pemanfaatan Potensi Wilayah Pesisir SMP 4 Nguling Kabupaten Pasuruan*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Sugiarto, T. & Ismawati, E. 2008. *Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VII*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Perbukuan Nasional.
- Widodo, W., Rachmadiarti, F., Hidayati, S.N., Suryanda, A., Cahyana, U., Kistinah, I., Anifah, A., & Suryanti, B. 2016. *Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VII Semester 1 (buku paket K13 edisi revisi)*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia.

Lailatus Sholikhah, dkk_Pembelajaran Kimia

Pemahaman Konsep Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan (K_{sp}) pada Peserta Didik Program 4, 5, dan 6 Semester SMAN 3 Malang

Lailatus Sholikhah, Fariati, Herunata
Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: f4riati@gmail.com

Abstrak: Penelitian pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) pada program 6 semester telah banyak dilakukan. Pemahaman konsep tersebut antara peserta didik program 4, 5, dan 6 semester di SMAN 3 Malang belum pernah diteliti. Tujuan penelitian untuk mengetahui perbedaan pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) pada peserta didik program 4, 5, dan 6 semester di SMAN 3 Malang. Penelitian menggunakan rancangan deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian melaporkan ada perbedaan pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) yang signifikan pada sampel tersebut.

Kata kunci: pemahaman konsep, kelarutan dan K_{sp} , program 4, 5, dan 6 semester

Abstract: Research on the understanding concept of solubility and solubility product constant (K_{sp}) on Semester 6 program has been done. Understanding concept between students of programs 4, 5, and 6 semesters in SMAN 3 Malang has never been studied. The purpose of this research is to know the understanding of solubility concept and solubility product constant (K_{sp}) between students of programs 4, 5, and 6 semesters in SMAN 3 Malang. The study used a quantitative descriptive design. The results of the study reported that there was a difference of understanding of solubility concept and solubility product constant (K_{sp}) significantly in the sample.

Keywords: understanding of concepts, solubility and K_{sp} , program 4, 5, and 6 semesters

Konsep kimia yang kompleks dan saling berkaitan satu dengan yang lain hanya dapat dikuasai jika konsep dasar pada pembentukan konsep baru benar-benar telah dipahami peserta didik. Hasil penelitian Eka (2014:2) tentang pemahaman konsep menunjukkan bahwa salah satu konsep kimia yang bersifat abstrak dan berjenjang adalah konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) yang melibatkan konsep, hitungan, dan materi prasyarat. Rendahnya pemahaman peserta didik pada konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) mengindikasikan pemahaman peserta didik pada konsep dasar yang membangun konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) juga rendah.

Hasil penelitian tentang pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan yang dilakukan oleh Maharani (2013), Eka (2014), & Meilia (2016) di beberapa SMAN dengan program belajar 6 semester diberikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa terdapat kesamaan konsep yang sudah dipahami oleh peserta didik yaitu hasil kali kelarutan (K_{sp}).

Tabel 1. Hasil Penelitian Maharani, Eka, dan Meilia

	Maharani (2013) di SMAN 1 Singosari	Eka (2014) di SMAN 8 Malang	Meilia (2016) di SMAN 1 Turen
Konsep yang dipahami	Hasil kali kelarutan (K_{sp})	Kelarutan senyawa sukar larut dalam air, hasil kali kelarutan (K_{sp})	Hasil kali kelarutan (K_{sp})
Konsep yang belum dipahami	Kelarutan senyawa sukar larut dalam air, hubungan kelarutan senyawa sukar larut dengan penambahan ion senama dan pH	Hubungan kelarutan senyawa sukar larut dengan penambahan ion senama, pH, dan K_{sp} , hubungan Q_c dan K_{sp} (meramalkan pengendapan)	Kelarutan senyawa sukar larut dalam air, hubungan kelarutan senyawa sukar larut dengan penambahan ion senama dan pH, prediksi pengendapan

Penelitian pada program percepatan belajar atau kelas akselerasi tentang pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan belum pernah diteliti di SMAN kota Malang. Salah satu sekolah yang menerapkan program ini adalah SMAN 3 Malang. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul “Pemahaman Konsep Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan pada Peserta Didik Program 4, 5, dan 6 Semester SMAN 3 Malang”.

METODE

Penelitian menggunakan rancangan deskriptif kuantitatif. Sampel penelitian yang dipilih sebanyak 144 peserta didik, yaitu 25 peserta didik program 4 semester kelas X H-2, 18 peserta didik program 5 semester kelas XI H-4, dan program 6 semester kelas XI A-4, XI C-4, dan XI D-4 sebanyak 101. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman yang terdiri dari 33 soal pilihan ganda dengan 1 jawaban benar dan 3 jawaban pengecoh (Eka, 2014) yang telah divalidasi dan diujicobakan. Nilai validitas rata-rata instrumen sebesar 90% tergolong sangat tinggi.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Normalitas

KELOMPOK	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Jumlah Siswa	Signifikansi	
NILAI	4 Semester	25	0,176
	5 Semester	18	0,000
	6 Semester	101	0,024

Pada Tabel 2, uji normalitas menghasilkan nilai signifikansi pada program 4 semester sebesar 0,176 mengindikasikan bahwa data berdistribusi normal, sedangkan nilai signifikansi pada program 5 dan 6 semester berturut-turut sebesar 0,000 dan $0,024 < 0,05$ yang mengindikasikan data tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil tersebut maka digunakan salah satu uji komparatif nonparametris, yakni analisis varians satu jalan Kruskal-Wallis menggunakan aplikasi *SPSS 16.0 for Windows* untuk menguji hipotesis. Hipotesis yang diajukan, yaitu:

- Ho : Tidak terdapat perbedaan pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) yang signifikan antara peserta didik program 4, 5, dan 6 semester
- Ha : Terdapat perbedaan pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) yang signifikan antara peserta didik program 4, 5, dan 6 semester

HASIL

Dari skor jawaban benar peserta didik hasil tes pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) diperoleh *mean*, modus, median, dan standar deviasi yang dapat dilihat pada Tabel 3. Perbandingan pemahaman konsep peserta didik program 4, 5, dan 6 semester dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Data Mean, Median, Modus, dan Standar Deviasi Skor Hasil Tes Pemahaman

Konsep	Peserta Didik Program 4 Semester	Peserta Didik Program 5 Semester	Peserta Didik Program 6 Semester
Mean	25,16	26,11	19,29
Modus	26,00	28,00	22,00
Median	25,00	26,00	20,00
Standar Deviasi	3,70	2,05	5,72

Tabel 4. Perbandingan Pemahaman Konsep Peserta Didik program 4, 5, dan 6 Semester

Konsep	Program Semester	Pemahaman Konsep					
		Tertinggi			Terendah		
		4	5	6	4	5	6
Proses pelarutan			√				√
Kelarutan senyawa sukar larut		√				√	
Hubungan kelarutan senyawa sukar larut dengan penambahan ion senama				√		√	
Hubungan kelarutan senyawa sukar larut dengan pH			√				√
Tetapan hasil kali kelarutan (K_{sp})			√				√
Hubungan kelarutan senyawa sukar larut dengan nilai K_{sp}			√				√
Hubungan Q_c dengan nilai K_{sp}			√				√

Analisis Perbedaan Pemahaman Konsep Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan Peserta didik Program 4, 5, dan 6 Semester

Skor peserta didik dianalisis dengan uji Kruskal-Wallis menggunakan aplikasi *SPSS 16.0 for Windows* untuk membuktikan adanya perbedaan pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) yang signifikan antara

peserta didik program 4, 5, dan 6 semester. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Uji Kruskal-Wallis

	SKOR HITUNG
Chi-Square	30,300
Signifikansi	0,000

Pada Tabel 5 terdapat dua aspek untuk membuat keputusan hipotesis H_0 ditolak atau diterima, dan sebaliknya dengan ketentuan, yaitu H_0 diterima jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 dan nilai *Chi-Square* hitung lebih kecil dari *Chi-Square* tabel. Berdasarkan data analisis uji Kruskal-Wallis pada Tabel 5, nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,50$ dan nilai *Chi-Square* hitung sebesar $30,300 > 5,99$ (nilai *Chi-Square* tabel) yang berarti H_0 ditolak dan H_a diterima, yang artinya terdapat perbedaan pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) yang signifikan antara peserta didik program 4, 5, dan 6 semester.

PEMBAHASAN

Standar deviasi skor hasil tes pemahaman konsep yang diperoleh peserta didik program 4, 5, dan 6 semester berturut-turut sebesar 3,70, 2,05, dan 5,72. Dari Tabel 3, dilaporkan bahwa nilai *mean* dan tingkat homogenitas terbesar dari peserta didik program 5 semester, sedangkan nilai *mean* dan tingkat homogenitas terkecil dari peserta didik program 6 semester. Berdasarkan data tersebut, peserta didik program 5 semester mempunyai pemahaman konsep paling baik daripada peserta didik program 4 dan 6 semester.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu terdapat perbedaan pemahaman konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan yang signifikan pada peserta didik SMAN 3 Malang antara program 4, 5, dan 6 semester. Peserta didik program 5 semester mempunyai pemahaman konsep paling baik daripada peserta didik program 4 dan 6 semester.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan kepada peneliti lain untuk menyusun bahan ajar dengan pendekatan saintifik supaya tidak ada perbedaan pemahaman peserta didik program 4, 5, dan 6 semester.

DAFTAR RUJUKAN

- Eka, A. M. D. 2014. *Identifikasi Pemahaman Konsep Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan pada Siswa SMA Kelas XII SMA Negeri 8 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Maharani, T. Y. 2013. *Menggali Pemahaman Siswa SMA pada Konsep Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan dengan Menggunakan Tes Diagnostik Two-Tier*. (Online), Tahun 2013, Nomor 2 (<http://jurnal->

online.um.ac.id/article/do/detail-article/1/37/1172, diakses 27 Oktober 2017).

Meilia, P. 2016. *Identifikasi Pemahaman Siswa pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan Melalui Tes Diagnostik Pilihan Ganda Dua Tingkat*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.

Mentari Arie Dian Safitri, dkk._Pembelajaran Kimia

Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Kolaboratif terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas XI MIA MAN 1 Malang pada Materi Larutan Penyangga

Mentari Arie Dian Safitri, Ridwan Joharmawan,
Mohammad Sodik Ibnu
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: ridwan.joharmawan.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MAN 1 Malang. Penelitian ini menggunakan rencana penelitian eksperimental semu (*quasy experimental design*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari perbedaan hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing dan inkuiri terbimbing kolaboratif pada materi larutan penyangga (*buffer*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing non-kolaboratif dan inkuiri terbimbing kolaboratif pada materi larutan penyangga. Siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing kolaboratif memperoleh rata-rata hasil belajar sebesar 71,91, sedangkan siswa yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing memperoleh hasil belajar sebesar 64,76.

Kata Kunci: inkuiri terbimbing, kolaboratif, hasil belajar, larutan penyangga (*buffer*)

Abstract: The population in this research was all students grade XI of MAN 1 Malang. Research's design is quasy experimental design. The purposes of the research were distinguish cognitive learning achievement of students that learned by guided inquiry and collaborative guided inquiry on buffer solution topic. The result of this research was there were significant differences cognitive learning achievement of students using guided inquiry and collaborative guided inquiry on the buffer solution topic. Students who learned with collaborative guided the average score of 71,91 while the students that learned with collaborative guided inquiry method had the average score of 64,76.

Keywords: guided inquiry, collaborative, learning achievement, buffer solution

Ilmu Kimia adalah salah satu cabang ilmu sains yang mempelajari tentang materi meliputi struktur, susunan, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertainya (Hariandja dkk., 2008:5). Sastrawijaya (1988:113) juga mengemukakan bahwa tujuan pembelajaran kimia adalah untuk memperoleh pemahaman perihai berbagai fakta serta kemampuan mengenal dan memecahkan masalah. Pembelajaran kimia dilakukan dengan menggunakan 3 level representasi

yaitu level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Anwar, 2010:51). Untuk itu, pemahaman konsep siswa dapat dikatakan sebagai tolak ukur keberhasilan pembelajaran kimia mengingat karakteristik pembelajaran kimia yang kompleks dan saling berhubungan satu sama lain.

Materi larutan penyangga (*buffer*) diajarkan pada kelas XI MA semester 2. Pembelajaran materi larutan penyangga mencakup pemahaman konsep, penerapan langsung dengan cara praktikum, dan perhitungan kimia yang sering dirasakan sulit untuk dipahami oleh siswa MA. Kesulitan siswa dalam mempelajari materi larutan penyangga telah banyak dibahas dan diteliti. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arofah (2012:58) menyebutkan bahwa sebagian besar materi larutan penyangga masih dianggap sukar dan banyak menimbulkan kesalahan konsep pada siswa. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Ansori (2012:56) yang menyatakan bahwa berdasarkan analisis hasil ulangan harian materi larutan penyangga, lebih dari 50% siswa memperoleh nilai di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) dari rata-rata kelas. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan model pembelajaran yang sesuai. Salah satu model pembelajaran yang sesuai untuk pembelajaran kimia adalah model pembelajaran inkuiri. Menurut Wulanningsih dkk. (2012:59), model pembelajaran inkuiri dinilai dapat mengkonstruksi konsep lebih baik melalui tahapan-tahapan ilmiahnya, mulai dari merumuskan masalah, mengumpulkan data, merumuskan kesimpulan, hingga mengkomunikasikan hasil pemikiran yang telah disusun.

Terdapat 2 jenis model pembelajaran inkuiri yang telah dikembangkan sampai saat ini, yaitu inkuiri terbuka dan inkuiri terbimbing. Namun yang dinilai sesuai untuk diterapkan pada pembelajaran kimia MA adalah model pembelajaran inkuiri terbimbing. Hal ini didukung penelitian yang telah dilakukan oleh Zurotunisa (2014:53) yang menyatakan bahwa, model pembelajaran inkuiri terbimbing berdampak positif terhadap hasil belajar kognitif dan sifat ilmiah siswa. Penelitian lain yang dilakukan oleh Nafis (2015:56) juga menunjukkan bahwa hasil belajar dan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa pada pelajaran kimia yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing lebih tinggi dibandingkan dengan yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori.

Namun, sama halnya dengan model pembelajaran yang lain, inkuiri terbimbing juga memiliki kelemahan. Salah satunya adalah model pembelajaran inkuiri terbimbing bersifat membebaskan siswa dalam menggunakan waktunya untuk bereksplorasi terhadap hal yang ingin diketahuinya. Dampaknya, terkadang siswa menjadi kurang fokus dalam memahami materi yang sedang dipelajari. Sementara waktu guru membelajarkan suatu materi sangatlah terbatas. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan aturan tertentu yang membuat siswa tetap dapat mengeksplorasi keingintahuannya, namun juga tetap terfokus pada materi yang sedang dibelajarkan. Salah satunya adalah dengan menerapkan pembelajaran kelompok (Hamid, 2011:117).

Pembelajaran berkelompok dinilai dapat meningkatkan interaksi positif antar siswa sehingga diharapkan siswa tetap terfokus dalam lingkup materi yang diajarkan. Dalam pembelajaran berkelompok, guru akan mengelompokkan siswa yang berkemampuan tinggi, sedang, dan rendah dalam satu kelompok. Pembelajaran diskusi dapat mendorong timbulnya gagasan yang dapat meningkatkan kreativitas siswa dalam memahami suatu materi. Hal ini didukung oleh pernyataan dalam Badan Standar Nasional Pendidikan (2007:16) yang menyebutkan bahwa, pembelajaran mengharapkan peserta didik dapat belajar, baik secara kelompok maupun individu. Salah satu jenis pembelajaran berkelompok (diskusi) yang baik digunakan adalah pembelajaran kolaboratif (*collaborative learning*).

Pembelajaran kolaboratif memiliki langkah pembelajaran yang spesifik dimana masing-masing siswa dituntut untuk bertanggung jawabkan proses belajar mereka sendiri disamping pembelajaran berkelompok. Syamsuri & Ibrahim (2008:55) juga menyebutkan bahwa dalam pembelajaran kolaboratif siswa tidak hanya saling membelajarkan namun masing-masing siswa tetap memiliki hasil belajar secara individual. Langkah pembelajaran kolaboratif ini akan memudahkan guru dalam menilai kemampuan dan pemahaman siswa secara individu. Maka muncul gagasan untuk menggabungkan model inkuiri terbimbing dengan pembelajaran kolaboratif. Harapannya, model pembelajaran yang dihasilkan dapat Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian berjudul “Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Kolaboratif terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas XI MIA MAN 1 Malang Pada Materi Larutan Penyangga”. Penelitian ini bertujuan mengetahui ada atau tidaknya pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing kolaboratif terhadap hasil belajar siswa pada materi pokok larutan penyangga (*buffer*) kelas XI MA.

METODE

Penelitian ini menggunakan rencana penelitian eksperimental semu (*quasy experimental design*). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MAN 1 Malang. Pemilihan MAN 1 Malang sebagai tempat penelitian didasarkan pada pengamatan peneliti dimana kegiatan pembelajaran kimia di sekolah tersebut masih menggunakan metode konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing kolaboratif terhadap hasil belajar siswa pada materi pokok larutan penyangga (*buffer*) kelas XI MA.

Penentuan sampel dalam penelitian ini dilakukan secara *cluster random sampling*, sehingga dipilih kelas XI MIA 4 sebagai kelas eksperimen dan XI MIA 5 sebagai kelas kontrol. Pada kelas kontrol siswa dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing, sedangkan di kelas eksperimen dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing kolaboratif. Instrumen yang digunakan adalah instrumen perlakuan berupa silabus, RPP, LKS, *worksheet*, dan tes kemampuan kognitif sebanyak 30 butir soal

dengan reliabilitas 0,769. Pada penelitian ini diperoleh data lembar keterlaksanaan proses pembelajaran dan hasil belajar kognitif siswa yang dianalisis statistik kuantitatif berupa uji-t pada signifikansi 0,05 dengan bantuan *program SPSS for windows*.

HASIL

Kegiatan pembelajaran dilaksanakan pada tanggal 10, 13, 17, dan 20 februari 2017 di kelas XI MIA 4 dan XI MIA 5 MAN 1 Malang. Sebagai kelas eksperimen digunakan kelas XI MIA 4, yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing kolaboratif. Sedangkan untuk kelas kontrol digunakan kelas XI MIA 5, yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing. Ulangan harian (*postest*) untuk kedua kelas dilakukan pada hari yang sama yaitu pada tanggal 27 Februari 2017.

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, dilakukan analisis untuk mengetahui kemampuan awal siswa di kedua kelas yang akan digunakan untuk penelitian. Berdasarkan data kemampuan awal siswa kedua kelas yang diperoleh dari nilai ulangan harian pada materi sebelumnya yaitu materi larutan asam basa. Hasil uji dua pihak untuk kemampuan awal siswa kedua kelas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kesamaan Rata-rata Kemampuan Awal Siswa

Kelas	Rata-rata	Nilai Signifikasi (Sig. (2-tailed))	Keterangan
Eksperimen	52,36	0,375	Sama
Kontrol	56,15		

Untuk mengetahui bahwa dapat kemampuan awal siswa terdistribusi normal atau tidak, maka dilakukan uji normalitas dengan menggunakan *uji Kolmogrov-Smirnov* pada program *SPSS 16.0 for windows*.

Selain uji normalitas, dilakukan pula uji homogenitas pada data nilai kemampuan awal siswa kedua kelas. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kedua kelas yang digunakan sebagai sampel mempunyai varians yang sama, maka dilakukan uji homogenitas. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hasil uji homogenitas melalui uji kesamaan dua varian dengan *uji Levene* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,436 yang lebih besar dari $\alpha = 0,05$.

Keterlaksanaan pembelajaran untuk kedua kelas diamati melalui lembar observasi yang dibuat sesuai dengan RPP yang telah dirancang selama proses pembelajaran berlangsung. Data keterlaksanaan pembelajaran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Keterlaksanaan Pembelajaran

No	Observer	Persentase Skor Penilaian (%)					
		RPP 1		RPP 2		RPP 3	
		K	E	K	E	K	E
1	Observer 1	94,4	95	94,4	90	100	95
2	Observer 2	94,4	95	94,4	90	100	95
Rata-rata		94,4	95	94,4	90	100	95

Sama halnya dengan data hasil kemampuan awal siswa kedua kelas, data hasil belajar siswa juga perlu dianalisis dengan menggunakan beberapa pengujian dengan metode statistik. Data hasil belajar kognitif diperoleh berdasarkan nilai hasil ulangan harian di akhir bab larutan penyangga (*buffer*). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa rata-rata hasil belajar kognitif siswa di kelas eksperimen lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil belajar kognitif siswa di kelas kontrol. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata nilai hasil belajar kognitif sebesar 71,91 sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata nilai sebesar 64,76.

Sebelum dilakukan analisis uji-t, terlebih dahulu data hasil belajar kognitif kedua kelas diuji dengan menggunakan uji normalitas. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui sebaran data normal atau tidak normal. Analisisnya dengan uji *Kolmagrov-Smirnov* pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa data hasil belajar siswa mempunyai sebaran yang normal karena signifikansinya $> 0,05$. Kelas eksperimen memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,115 sedangkan kelas kontrol memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,200. Kemudian dilakukan juga uji homogenitas pada data hasil belajar kognitif siswa kedua kelas untuk menentukan varian data homogen atau tidak. Analisis data ini menggunakan bantuan program *SPSS 16.0 for windows* dengan uji *Levene* pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hasil uji homogenitas diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,497.

Uji-t dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan hasil belajar antara sebelum dan sesudah perlakuan. Tabel 3 menunjukkan uji hipotesis atau uji-t data hasil belajar kognitif siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Tabel 3. Uji Hipotesis (Uji-t)

Kelas	Rata-rata	Nilai Signifikansi (Sig. (2-tailed))	Keterangan
Eksperimen	70,91	0,046	H ₁ diterima
Kontrol	65,76		

PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil uji dua pihak untuk kemampuan awal siswa untuk kedua kelas diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,375 yang mana nilai ini lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$. Maka, dapat dikatakan bahwa tidak ada perbedaan antara kemampuan awal siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Berdasarkan analisis hasil kemampuan awal, diperoleh hasil kelas kontrol pada materi larutan asam basa memiliki kemampuan awal lebih tinggi daripada kelas eksperimen, yaitu dengan nilai 52,36 untuk kelas eksperimen dan 56,15 untuk kelas kontrol.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hasil uji normalitas dari data nilai kemampuan awal siswa pada kelas eksperimen memiliki nilai signifikansi sebesar 0,093 dan siswa pada kelas kontrol memiliki nilai signifikansi sebesar 0,097 pada taraf kepercayaan 95%. Data kemampuan awal siswa dinyatakan terdistribusi normal jika nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05. Maka data di atas menunjukkan bahwa distribusi data kemampuan awal kedua kelas adalah normal.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hasil uji homogenitas melalui uji kesamaan dua varian dengan uji *Levene* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,436 yang lebih besar dari $\alpha = 0,05$, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kemampuan awal siswa kedua kelas memiliki varian yang homogen.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pembelajaran baik dengan menggunakan model pembelajaran Inkuiri terbimbing maupun menggunakan model Inkuiri terbimbing telah terlaksana sesuai dengan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang telah dibuat.

Data nilai hasil belajar kognitif siswa yang diperoleh merupakan data yang homogen dan normal. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil uji-t dua pihak hasil belajar kognitif siswa memiliki nilai signifikansi sebesar 0,046 atau kurang dari nilai $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hipotesis yang diajukan, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan hasil belajar kognitif siswa antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Dari data di atas juga dapat dilihat, bahwa nilai rata-rata hasil belajar kognitif siswa kelas kontrol adalah sebesar 64,76 sedangkan kelas eksperimen sebesar 71,91. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing kolaboratif lebih besar daripada siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing.

Uji dan analisis pada data kemampuan awal dan hasil belajar siswa menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing kolaboratif terhadap hasil belajar kognitif siswa. Hal ini ditunjukkan dari hasil uji-t dua pihak pada data hasil belajar siswa memiliki nilai signifikansi sebesar 0,046. Angka ini lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$. Sehingga dapat dikatakan bahwa H_1 diterima dan H_0 ditolak.

Dapat dilihat pula dari nilai rata-rata kedua kelas bahwa terdapat pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing kolaboratif terhadap hasil belajar kognitif siswa. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan yang signifikan pada hasil belajar kognitif siswa antara kelas yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing saja dan inkuiri terbimbing kolaboratif. Kelas yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing kolaboratif memiliki rata-rata hasil belajar kognitif sebesar 71,91, sedangkan untuk kelas yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing sebesar 64,76. Sehingga dapat dikatakan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing kolaboratif secara efektif dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa. Hal ini ditunjukkan dari adanya perbedaan hasil belajar kognitif siswa kelas eksperimen sebelum dan setelah diberi perlakuan bila dibandingkan dengan kelas kontrol.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing kolaboratif secara efektif dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan nilai rata-rata hasil belajar kognitif kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing kolaboratif memiliki rata-rata hasil sebesar 71,91, sedangkan untuk kelas yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing sebesar 64,76.

Data ini diperkuat dengan hasil uji-t dua pihak pada data hasil belajar siswa memiliki nilai signifikansi sebesar 0,046. Angka ini lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$. Sehingga dapat dikatakan bahwa H_1 diterima dan H_0 ditolak. Sehingga dapat bahwa terdapat perbedaan hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing kolaboratif dengan yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing saja.

DAFTAR RUJUKAN

- Ansori, Y.N. 2013. *Identifikasi Presepsi Konsep Sukar dan Salah Konsep Siswa pada Materi Perhitungan pH Larutan Buffer di Kelas X IPA MAN II Batu Tahun Ajaran 2012/2013*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Anwar, S. 2010. Pengembangan CD Pembelajaran Interaktif Kimia SMA Berbasis Intertekstualitas Ilmu Kimia sebagai Alternatif Model Pembelajaran. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 15(1): 50-60.
- Arofah, C. 2012. *Identifikasi Presepsi Konsep sukar dan Kesalahan Konsep Buffer Pada Siswa kelas XI IPA SMA Negeri 5 Malang Tahun Ajaran 2011/2012*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Badan Standar Nasional Pendidikan. 2007. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2007 tentang Standar Proses untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Permendiknas.
- Hamid, M.S. 2011. *Metode Edutainment*. Jakarta: DIVA Press.
- Hariandja, D., Cahyana, U., & Purwanto. 2008. *Pengenalan Ilmu Kimia*, (Online), (<http://digilib.itb.ac.id/>, diakses 24 Maret 2017).
- Nafis, M.R.A. 2015. *Perbedaan Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI SMA Negeri 1 Malang yang Dibelajarkan Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Model pembelajaran Ekspositori pada Materi Larutan Penyangga*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Sastrawijaya, T. 1988. *Proses Belajar Mengajar Kimia*. Jakarta: P2PLPTK.
- Syamsuri, I. & Ibrohim. 2008. *Lesson Study (Studi Pembelajaran) Model Pembinaan Pendidikan secara Kolaboratif dan Berkelanjutan; dipetik dari Program SISTTEMS-JICA di Kabupaten Pasuruan-Jawa Timur (2006-2008)*. Malang: FMIPA UM.
- Wulanningsih, S., Prayitno, B.A., & Probosari, R.M. 2012. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Keterampilan Proses Sains Ditinjau dari Kemampuan Akademik Siswa SMA Negeri 5 Surakarta. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2): 33-43.



Zurotunisa, A. 2014. *Pengaruh Metode Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar dan Sikap Ilmiah Siswa Kelas XI SMAN 1 Lawang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA.

Vinsensia H.B.Hayon, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengaruh Kemampuan Penalaran Formal terhadap Hasil Belajar Kimia Dasar Materi Pokok Larutan Penyangga Mahasiswa Semester II Program Studi Pendidikan Kimia Tahun Akademik 2016/2017

Vinsensia H.B.Hayon, Theresia Wariani, Alfons Bunga Naen
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Widya Mandira, Jalan Jend Achmad Yani No 50-52 Kupang
e-mail: vincehayon@gmail.com

Abstrak: Kemampuan penalaran formal adalah kapasitas siswa untuk melakukan operasi-operasi formal yang meliputi penalaran proporsional, pengontrolan variabel, penalaran probabilistik, penalaran korelasional, dan penalaran kombinatorial. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya hubungan dan bagaimana pengaruh kemampuan penalaran formal terhadap hasil belajar kimia dasar materi pokok larutan penyangga mahasiswa semester II Program Studi Pendidikan Kimia tahun akademik 2016/2017. Populasi dan sampel adalah mahasiswa semester II Program Studi Pendidikan Kimia. Instrumen yang digunakan adalah tes hasil belajar dan tes kemampuan penalaran formal. Hasil penelitian menunjukkan ada hubungan antara kemampuan penalaran formal dengan hasil belajar kimia dasar materi pokok larutan penyangga mahasiswa semester II Program Studi Pendidikan Kimia tahun akademik 2016/2017 dengan korelasi *pearson product moment* r_{xy} sebesar 0,23, dan hubungan tersebut berdasarkan analisis regresi sederhana menunjukkan hubungan yang signifikan dengan persamaan $Y = 0,012 X + 221,07$.

Kata kunci: kemampuan penalaran formal, hasil belajar

Abstract: The ability of formal reasoning is the capacity of students to perform formal operations that include proportional reasoning, variable control, probabilistic reasoning, correlation reasoning, and combination reasoning. The aim of this study was to determine the presence or absence of relationships and how the influence of the ability of formal reasoning to the learning outcomes Chemistry Basic material of the buffer solution students semester II Chemistry Education Study Program academic year 2016/2017. Population and sample were second semester students of Chemical Education Study Program. The instrument used was a test of learning outcomes and formal reasoning skills tests. The result of the research shows that there was a correlation between the ability of formal reasoning with the basic chemistry learning result of the subject matter of the buffer of the second semester students of Chemical Education Study Program of academic year 2016/2017 with *pearson product moment* r_{xy} correlation of 0,23, and the relationship based on simple regression analysis showed the relationship which was significant with the equation $Y = 0,012 X + 221,07$.

Keywords: the ability of formal reasoning, learning outcomes

Proses keadaan berpikir secara rasional lazim disebut dengan istilah penalaran yang dalam bahasa Inggris adalah *reasoning*, berasal dari kata *reason* yang berarti alasan. Sebagai suatu kegiatan berpikir maka penalaran mempunyai ciri-ciri tertentu. Ciri yang pertama adalah adanya suatu pola berpikir yang secara luas dapat disebut logika. Ciri penalaran yang kedua adalah bersifat analitik dari proses berpikir. Sifat analitik ini merupakan konsekuensi dari adanya suatu pola berpikir tertentu tanpa adanya pola berpikir tersebut maka tidak akan ada kegiatan analisis, sebab analisis pada hakekatnya merupakan suatu kegiatan berpikir berdasarkan langkah-langkah tertentu. Penalaran merupakan suatu kegiatan berpikir yang menyandarkan diri kepada teori perkembangan kognitif. Salah satu teori yang sangat terkenal berkaitan dengan tingkat perkembangan intelektual adalah teori perkembangan kognitif Piaget yang menyatakan setiap anak mengembangkan kemampuan berpikirnya menurut tahap yang teratur. Pada satu tahap perkembangan tertentu akan muncul skema tertentu yang keberhasilannya pada setiap tahap amat bergantung pada tahap sebelumnya. Menurut Piaget dalam Danim & Khairil (2011: 78), ada empat tahap perkembangan kognitif manusia yakni sensorimotorik, praoperasional, operasional konkret, dan operasional formal. Tahap sensorimotorik, yang berlangsung sejak manusia dilahirkan sampai kira-kira berusia 2 tahun. Pada tahap ini, anak mengkonstruksikan pemahaman mengenai dunia dengan mengkoordinasikan pengalaman sensoris (seperti melihat dan mendengar) dengan tindakan fisik atau motorik. Pengalaman sensoris masing-masing anak cenderung berbeda tergantung pada kesempatannya mengeksplorasi pengalaman sensorisnya itu. Tahap praoperasional, yang berlangsung kira-kira sejak anak berusia 2 - 7 tahun. Pada tahap ini anak mulai mempresentasikan dunia di sekitarnya melalui kata-kata, citra dan gambar-gambar. Tahap operasional konkret, yang berlangsung kira-kira pada usia 7 - 11 tahun. Pada fase ini anak dapat melakukan operasi dan penalaran logis, menggantikan pemikiran intuitif, sepanjang penalaran dapat diaplikasikan pada contoh khusus atau konkret. Tahap operasional formal yang terjadi antara usia 11 - 15 tahun atau usia sekolah menengah pertama, hingga kelas bawah sekolah menengah atas. Pada tahap ini, individu bergerak melebihi dunia pengalaman yang aktual dan konkret. Dia sudah mampu berpikir lebih abstrak dan logis. Pemikir operasional formal lebih sistematis dalam memecahkan masalah. Mereka pun mulai mampu mengembangkan hipotesis tentang mengapa sesuatu terjadi seperti itu dan kemudian menguji hipotesis ini secara deduktif, dengan atau tanpa bimbingan.

Dari operasi logis yang ditemukan Inhelder & Piaget, Lawson dalam Tobin & Capie dalam Nur dalam Wariani (2001:26) mengidentifikasi lima operasi yang disebut dengan kemampuan penalaran formal. Operasi logis itu adalah penalaran proporsional, pengontrolan variabel, penalaran probabilistik, penalaran korelasional, dan penalaran kombinatorial. Penalaran proporsional didefinisikan sebagai suatu struktur kualitatif yang memungkinkan pemahaman sistem-sistem fisik kompleks yang mengandung banyak faktor. Sebagai contoh pemahaman

sistem fisik kompleks ini adalah pemahaman yang berkaitan dengan konsep proporsi dan rasio. Anak yang mampu menalar proporsional dapat mengembangkan hubungan proporsional antara berat dan volume, mentransfer penalaran proporsional dari dua dimensi ke tiga dimensi, menggunakan penalaran proporsional untuk menaksir ukuran suatu populasi yang tidak diketahui. Kemampuan pengontrolan variabel merupakan indeks perkembangan intelektual. Pemikir formal dapat menetapkan dan mengontrol variabel-variabel tertentu dari suatu masalah. Kemampuan mengontrol variabel merupakan salah satu ciri penalaran formal. Para pemikir formal menyadari bahwa pada saat melakukan eksperimen harus dapat mengontrol seluruh faktor yang dapat mempengaruhi variabel respon untuk mengetahui bagaimana pengaruh variabel manipulasi itu terhadap variabel respon. Penalaran probabilistik terjadi pada saat seseorang menggunakan informasi untuk memutuskan apakah suatu kesimpulan berkemungkinan benar atau berkemungkinan tidak benar. Perkembangan penalaran ini dimulai dari perkembangan ide peluang. Ide peluang berkembang kira-kira pada usia 7 sampai dengan 10 tahun. Pada usia tersebut anak dapat membedakan hal-hal yang pasti dan hal-hal yang mungkin. Kemudian pengertian tentang banyak kemungkinan itu menumbuhkan ide tentang peluang atau probabilitas. Anak itu belajar bahwa operasi intelektual yang baru diketahui itu tidak selalu benar. Ia mulai dapat membedakan hal-hal yang pasti terjadi dan hal-hal yang memiliki kemungkinan terjadi dari perhitungan peluang. Konsep probabilitas sepenuhnya dikuasai anak pada tahap operasi formal. Penalaran korelasional adalah pola berpikir yang digunakan seorang anak untuk menentukan kuatnya hubungan timbal balik atau hubungan terbalik antara variabel. Penalaran korelasional melibatkan pengidentifikasian dan pemverifikasian hubungan antara variabel. Penalaran kombinatorial adalah kemampuan untuk mempertimbangkan seluruh alternatif yang mungkin pada suatu situasi tertentu. Individu operasi formal pada saat memecahkan suatu masalah akan menggunakan seluruh kombinasi atau faktor yang mungkin ada kaitannya dengan masalah tersebut. Pemikir formal dapat memperhitungkan seluruh faktor yang mungkin dalam perhitungan sistematis dalam situasi pemecahan masalah banyak faktor. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa kemampuan penalaran formal adalah kapasitas siswa untuk melakukan operasi-operasi formal yang meliputi penalaran proporsional, pengontrolan variabel, penalaran probabilistik, penalaran korelasional, dan penalaran kombinatorial (Nawi, 2012:86).

Pada taraf operasi formal, seseorang akan mampu berpikir lebih abstrak dan logis, serta sistematis dalam memecahkan masalah. Kemampuan ini akan memudahkannya untuk menyerap materi-materi yang dipelajari, sehingga akan dapat meningkatkan prestasi belajarnya. Berdasarkan pengamatan selama mengajar mata kuliah kimia dasar tidak semua mahasiswa mampu berpikir logis, sistematis, kreatif serta berpikir hal-hal yang abstrak. Hal ini disebabkan karena proses pendidikan ditingkat sebelumnya belum maksimal memberikan ruang dan

kesempatan untuk mengembangkan kemampuan memecahkan masalah secara sistematis, logis, serta kritis. Dengan demikian akan berpengaruh pada tingkat perkembangan penalaran peserta didik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh M. Nawi. 2012. “Pengaruh Strategi Pembelajaran dan Kemampuan Penalaran Formal Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa SMA AL ULUM Medan”. Hasil penelitian menunjukkan empat hasil yang dicapai yaitu terdapat 40,625% siswa kelas X SMA AL ALUM Medan memiliki kemampuan penalaran formal berada pada kualifikasi transisi, 50% berkualifikasi formal, serta 9,375% siswa berkualifikasi konkret. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kemampuan penalaran formal terhadap hasil belajar kimia dasar materi pokok larutan penyangga mahasiswa semester II Program Studi Pendidikan Kimia tahun Akademik 2016/2017.

METODE

Jenis Penelitian ini adalah asosiatif, dimana sampel yang terlibat merupakan mahasiswa semester II Program Studi Pendidikan Kimia. Terdapat dua variabel dalam penelitian ini, yakni variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas ialah kemampuan penalaran formal, dan variabel terikat ialah hasil belajar kimia dasar dalam materi larutan penyangga. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tes kemampuan penalaran formal mahasiswa. Adapun kisi-kisi dari tes tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Skor yang diperoleh dari tes digunakan untuk menentukan tingkat kemampuan penalaran mahasiswa, dimana kriteria interpretasi skor dimuat dalam Tabel 2.

Tabel 1. Kisi- kisi Kemampuan Penalaran Formal.

Indikator	Butir soal	Jumlah Soal
Menumbuhkan ide tentang peluang	1,2,5,6	4
mengontrol variabel	3,4	2
Menentukan dan mengidentifikasi variabel	7,8	2
Mempertimbangkan seluruh alternatif	9,10	2

$$\text{Nilai kemampuan penalaran formal} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh siswa}}{\text{jumlah skor maksimum}} \times 100$$

Tabel 2. Kriteria Interpretasi Skor

Skor	Nilai	Klasifikasi
0-1	0-10	Konkrit
2-3	20-30	Transisi
4-5	40-50	Awal formal
6-10	60-100	Formal

Analisis data untuk menguji hipotesis penelitian asosiatif dilakukan menggunakan teknik statistik inferensial, didahului dengan uji normalitas dan linearitas. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui adanya hubungan antara kemampuan penalaran formal (X) terhadap hasil belajar (Y) menggunakan analisis korelasi tunggal (korelasi *Pearson Product Moment* (r)). Rumus yang digunakan adalah :

$$r_{XY} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Hipotesa yang ditetapkan kemudian diuji signifikansinya menggunakan persamaan regresi linear sederhana, hingga diperoleh hubungan kemampuan penalaran formal (X) dan hasil belajar kimia dasar (Y) mengikuti persamaan regresi berikut.

$$\hat{Y} = a + bX$$

HASIL

Analisis korelasi untuk pengujian adanya hubungan antara kemampuan penalaran formal dengan hasil belajar diperoleh nilai r_{XY} sebesar 0,23. Dari nilai korelasi yang ada dapat diketahui besarnya sumbangan variabel X terhadap Y sebesar 5,29%, sedangkan sisanya sebesar 94,71% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini.

Pengaruh kemampuan penalaran formal terhadap hasil belajar dapat dilihat dari hasil perhitungan analisis statistik regresi sederhana diperoleh persamaan regresi sederhana sebagai berikut:

$$Y = 0,012 X + 221,07$$

PEMBAHASAN

Hubungan kemampuan penalaran formal dengan hasil belajar yang diukur menggunakan tes baku penalaran formal dapat dilihat pada hasil perhitungan statistik korelasi *pearson product moment* yang diperoleh adalah $r_{XY} = 0,23$ termasuk dalam kategori cukup kuat, yang berarti ada hubungan yang cukup kuat antara kemampuan penalaran formal dengan hasil belajar. Hal ini menunjukkan bahwa variabel kemampuan penalaran formal memberikan sumbangan (kontribusi) terhadap hasil belajar sebesar 5,29%, sedangkan 94,71% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti misalnya motivasi belajar, intelegensi, kebiasaan belajar dan lain-lain. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh M. Nawi. 2012. "Pengaruh Strategi Pembelajaran dan Kemampuan Penalaran Formal Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa SMA AL ULUM Medan". Hasil penelitian menunjukkan empat hasil yang dicapai yaitu terdapat 40,625% siswa kelas X SMA AL ALUM Medan memiliki kemampuan penalaran formal berada

pada kualifikasi transisi, 50% berkualifikasi formal, serta 9,375% siswa berkualifikasi konkret.

Pengaruh kemampuan penalaran formal terhadap hasil belajar dapat dilihat dari hasil perhitungan analisis statistik regresi sederhana diperoleh persamaan regresi sederhana sebagai berikut: $\hat{Y} = a + bX$ $\hat{Y} = 221,07 + 0,012X$ $Y = 0,012 X + 221,07$. Persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa konstanta sebesar 221,07 menyatakan bahwa jika tidak ada kemampuan penalaran formal maka hasil belajar yang diperoleh adalah 221,07. Koefisien regresi sebesar 0,012 menyatakan bahwa setiap penambahan (tanda +) satu satuan kemampuan penalaran formal akan meningkatkan hasil belajar sebesar 0,012. Sebaliknya, jika penurunan satu satuan kemampuan penalaran formal maka akan semakin rendah pula hasil belajar. Jadi, tanda + menyatakan arah hubungan searah, dimana peningkatan atau penurunan kemampuan penalaran formal akan mengakibatkan kenaikan atau penurunan hasil belajar. Menurut Nawi (2012:6) kemampuan penalaran formal merupakan kapasitas siswa untuk melakukan operasi-operasi formal yang meliputi penalaran proporsional, pengontrolan variabel, penalaran probabilistik, penalaran korelasional, dan penalaran kombinatorial. Pada taraf operasi formal, seseorang akan mampu berpikir lebih abstrak dan logis, serta dapat lebih sistematis dalam memecahkan masalah (Danim & Khairil, 2011:8). Kemampuan ini akan memudahkannya untuk menyerap materi-materi yang dipelajari, sehingga dapat meningkatkan prestasi belajarnya.

SIMPULAN

Terdapat hubungan yang signifikan antara kemampuan penalaran formal terhadap hasil belajar kimia dasar materi pokok larutan penyangga mahasiswa semester II Program Studi Pendidikan Kimia Tahun Akademik 2016/2017 dengan nilai korelasi *pearson product moment* yang diperoleh adalah $r_{XY} = 0,23$ berada pada kategori cukup kuat. Ada pengaruh yang signifikan antara kemampuan penalaran formal terhadap hasil belajar kimia materi pokok larutan penyangga mahasiswa semester II Program Studi Pendidikan Kimia Tahun Akademik 2016/2017 diperoleh persamaan regresi sederhana $Y = 0,012 X + 221,07$.

DAFTAR RUJUKAN

- Danim dan Khairil. 2011. *Psikologi Pendidikan*. Bandung: Alfabeta
- Nawi, M. 2012. *Pengaruh Strategi Pembelajaran Dan Kemampuan Penalaran Formal Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Sekolah Menengah Atas (Swasta) Al Ulum Medan*, dalam Jurnal Tabularasa PPS UNIMED Vol. 9 No.1, hal 86
- Wariani, Theresia. 2001. *Hubungan Antara Gaya Kognitif dan Kemampuan Penalaran Formal dengan Hasil Belajar Mahasiswa (Implementasi Perangkat Multimodel Pembelajaran Kimia Dasar II Pokok Bahasan Laju Reaksi*. Surabaya: UNESA

Ririn Iswanti, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Berbasis Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (*Higher Order Thinking Skills*) Siswa pada Materi Hidrolisis Garam Kelas XI SMA

Ririn Iswanti, Endang Budiasih, Parlan
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang No. 5 Malang 65145
e-mail: ririn.iswanti01@gmail.com

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) berbasis pendekatan saintifik pada materi hidrolisis garam, selanjutnya LKS dilakukan validasi untuk mengetahui tingkat kevalidannya. LKS juga dilakukan uji coba di kelas eksperimen untuk mengetahui keefektifannya dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) siswa pada materi hidrolisis garam. LKS yang dikembangkan diharapkan dapat memudahkan siswa dalam mengkonstruksi konsep yang dipelajari pada proses pembelajaran. Penelitian ini mengadaptasi model pengembangan bahan ajar yang dikemukakan oleh Thiagarajan dkk. (1974), yakni model pengembangan 4D yang terdiri dari tahap *define, design, develop, dan disseminate*. Pada penelitian ini tahap *disseminate* dilakukan terbatas hanya pada satu sekolah. Produk hasil pengembangan terdiri dari LKS untuk siswa dan LKS yang dikembangkan untuk panduan guru. Data yang diperoleh pada penelitian ini terdiri dari data kualitatif dan data kuantitatif yang berasal dari hasil validasi dan uji efektivitas. Berdasarkan hasil validasi diperoleh bahwa LKS hasil pengembangan dinyatakan valid dengan persentase rata-rata yang diperoleh sebesar 90,5%, sehingga LKS layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Dari hasil uji efektivitas LKS, diperoleh skor rata-rata *N-Gain* sebesar 0,72 dengan kriteria peningkatan termasuk kategori tinggi, sehingga dapat dinyatakan bahwa LKS hasil pengembangan terbukti efektif meningkatkan HOTS siswa. Dari hasil perhitungan ketuntasan kelas diketahui bahwa sebanyak 25 siswa dari 30 siswa telah mencapai KKM pada hasil *posttest*, dan diperoleh ketuntasan kelas sebesar 83,33%. Selain itu, dari hasil penilaian kepraktisan LKS oleh siswa diperoleh persentase rata-rata sebesar 83,3%, sehingga LKS dapat dinyatakan layak untuk diterapkan dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa LKS hasil pengembangan terbukti efektif meningkatkan HOTS siswa. Penelitian lebih lanjut untuk uji efektivitas pada skala yang lebih luas dan penerapan LKS hasil pengembangan dalam pembelajaran pada skala yang lebih luas diajarkan untuk dilakukan.

Kata kunci: lembar kegiatan siswa (LKS), pendekatan saintifik, hidrolisis garam, kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS)

Abstract: The aim of this research was develop worksheet based on scientific approach on salt hydrolysis material, then worksheet was validated to know the level of validity. Worksheet was also conducted experimental class experiments to determine their effectiveness in improving students' high-order thinking skills (HOTS) on salt

hydrolysis topic. Worksheet developed was expected to facilitate students in construct concepts learned in the learning process. This research adapted the model of development of teaching materials that was conveyed by Thiagarajan *et al.* (1974), which is a 4D development model consisting of define, design, develop, and disseminate stages. In this study the disseminate stage was limited to one school. Product development result consisted of LKS for students and LKS developed for teacher guidance. The data obtained in this study consisted of qualitative data and quantitative data derived from the validation and effectiveness test. Based on the validation results obtained that the worksheet of development was declared valid with the average percentage obtained by 90,5%, so the worksheet was feasible for use in learning. From the results of worksheet effectiveness test, the average score of N-Gain was obtained by 0,72 with the criteria of improvement including the high category, so it could be stated that the worksheet of the development result proved to be effective in increasing the students' HOTS. From the results of class mastery calculation was known that as many as 25 students from 30 students have achieved KKM on posttest results, and obtained mastery of the class of 83,33%. In addition, from the results of the worksheet practicality assessment by students obtained an average percentage of 83,3%, so that worksheet can be declared eligible to be applied in learning. Based on these results it could be concluded that worksheet result of development proved effective to increase HOTS students. Further research to test effectiveness on a wider scale and the application of worksheet results of development in learning on a wider scale was recommended to be undertaken.

Keywords: worksheet, scientific approach, salt hydrolysis, higher order thinking skills (HOTS)

Ilmu kimia merupakan cabang dari ilmu pengetahuan alam atau sains. Ilmu kimia mempelajari terkait komposisi, sifat, struktur, perubahan materi, serta energi suatu zat (Permendikbud No 24 Tahun 2016). Kajian ilmu kimia sebagian mencakup pengetahuan yang bersifat konkrit, dan sebagian lainnya mencakup pengetahuan yang bersifat abstrak. Salah satu materi kimia yang dipelajari di SMA adalah hidrolisis garam. Materi tersebut mengacu pada KD 3.11 dan KD 4.11 yang pada tertera silabus untuk Kurikulum 2013. Mengacu pada KD tersebut diketahui bahwa materi hidrolisis garam mencakup konsep yang bersifat abstrak dan materi hitungan. Karakteristik materi hidrolisis garam yang demikian menyebabkan sebagian siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep pada materi ini. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kimia dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit, dan sebanyak 84,2% siswa menganggap materi hidrolisis garam sebagai materi yang sulit (Sa'idah & Suyono, 2012). Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, dapat dilakukan dengan mengoptimalkan peran aktif siswa selama proses pembelajaran sesuai yang disarankan dalam Kurikulum 2013. Pembelajaran yang seperti demikian dapat dilakukan dengan melibatkan secara aktif siswa dalam proses pembelajaran atau disebut sebagai pembelajaran berpusat pada siswa (*student centered*).

Pada faktanya di lapangan, dalam pelaksanaan pembelajaran kimia di sekolah masih belum sepenuhnya menerapkan Kurikulum 2013. Berdasarkan hasil temuan di lapangan diketahui bahwa guru belum maksimal menerapkan pendekatan saintifik dalam pembelajaran kimia di sekolah, pembelajaran masih cenderung menggunakan metode konvensional sehingga beberapa kemampuan siswa tidak berkembang dengan baik, seperti kemampuan merencanakan (C6) siswa yang masih rendah (Anggara, dkk., 2015). Hasil temuan lain, bahwa dalam pembelajaran yang ada sekarang masih belum menghasilkan siswa pemikir (Sunarya, dkk., 2013). Pembelajaran yang diterapkan di sekolah kebanyakan masih berorientasi pada materi, sehingga kurang memperhatikan proses siswa belajar dan mengembangkan kemampuan yang dimilikinya, salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis. Fakta yang dikemukakan peneliti juga didukung pernyataan lain yang menyatakan bahwa kebanyakan pembelajaran di sekolah cenderung menekankan keterampilan berpikir tingkat rendah (Bassham, dkk., dalam Redhana & Liliarsi, 2008). Pembelajaran seperti demikian menyebabkan siswa mengalami kesulitan untuk mengaplikasikan konsep yang telah dipelajarinya untuk memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang terkait. Berdasarkan fakta penelitian yang dikemukakan di atas, menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran yang ada sekarang masih kurang memfasilitasi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi atau *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Berpikir tingkat tinggi mencakup kemampuan berpikir kritis, logis, reflektif, metakognitif, dan berpikir kreatif (Mainali, 2012).

Hasil studi internasional yang dilakukan oleh *The Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2015 menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia berada pada peringkat ke-62 dari 70 negara, dengan skor rata-rata literasi sains yang diperoleh adalah 403, dan masih berada dibawah skor rata-rata internasional yaitu 493 (OECD, 2015). Hasil studi lain, yakni studi oleh *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) tahun 2011 menunjukkan kemampuan literasi sains siswa Indonesia berada di urutan ke-40 dari 42 negara dengan pencapaian skor 406 (IEA TIMSS, 2011). Hasil tersebut dapat dijadikan indikasi bahwa dimungkinkan kemampuan *HOTS* siswa SMA juga masih rendah. Fakta ini tentunya kurang sesuai dengan tujuan penerapan Kurikulum 2013 yang diharapkan dapat membekali peserta didik menguasai kecakapan abad 21, yang meliputi kemampuan HOTS.

Pentingnya siswa mempunyai kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) adalah membekali siswa dalam kehidupan bermasyarakat, maupun untuk studi lanjut (Permendikbud No 24 Tahun 2016). Alasan lain, pembelajaran kimia yang dilakukan dengan mengembangkan kemampuan HOTS membuat pengetahuan yang dipelajari menjadi tersimpan lebih lama dan lebih mudah ditransfer, sehingga siswa lebih mudah memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep kimia tersebut untuk menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang terkait (Mainali, 2012).

Adapun alternatif solusi yang telah dilakukan sebagai upaya untuk mengoptimalkan penerapan kurikulum 2013 yang mengarah pada pengembangan HOTS siswa, diantaranya menerapkan pembelajaran berbasis konstruktivistik. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa model pembelajaran *guided discovery learning* efektif meningkatkan keterampilan pemecahan masalah kimia (Sulistyowati, dkk., 2012). Upaya lain, mengembangkan bahan ajar untuk mata pelajaran kimia yang sesuai dengan Kurikulum 2013, yakni mengembangkan modul pembelajaran berbasis pendekatan saintifik pada materi kesetimbangan kimia, dan dari hasil validasi diketahui bahwa produk telah memenuhi kriteria layak untuk diterapkan dalam pembelajaran (Ratnaningtyas, 2015).

Alternatif lain yang diberikan oleh peneliti adalah mengembangkan bahan ajar lain berupa Lembar Kegiatan Siswa (LKS) berbasis pendekatan saintifik. Lembar Kegiatan Siswa (LKS) adalah lembaran-lembaran yang berisi tugas yang harus dikerjakan oleh siswa (Departemen Pembinaan SMA, 2008:13). LKS dapat juga berupa lembar petunjuk atau langkah-langkah untuk menyelesaikan tugas yang mengacu pada kompetensi dasar yang ingin dicapai. Alasan yang mendasari peneliti ingin mengembangkan LKS yakni, LKS yang sekarang beredar kebanyakan merupakan LKS pasca pembelajaran yang berisi rangkuman materi dan latihan-latihan soal, bukan LKS yang menunjang proses pembelajaran untuk membantu siswa mengkonstruksi konsep. Pernyataan peneliti didukung dari hasil observasi oleh peneliti terdahulu yang diketahui bahwa dalam proses pembelajaran kimia telah menggunakan LKS sebagai salah satu sumber belajar, namun LKS yang digunakan bukan buatan dari guru ataupun sekolah yang bersangkutan, melainkan dari penerbit sehingga LKS bersifat umum dan tidak secara khusus disesuaikan dengan karakteristik siswa pada sekolah tersebut (Firdani & Poedjiastoeti, 2015).

Adapun kelebihan dari LKS yang dikembangkan diantaranya, LKS diharapkan dapat memudahkan siswa dalam mengkonstruksi pengetahuan yang dipelajari dalam proses pembelajaran, LKS juga diharapkan dapat melatih siswa untuk belajar secara mandiri dalam memahami dan menjalankan suatu tugas tertulis. LKS yang dikembangkan juga diharapkan dapat memudahkan guru dalam penyampaian materi. LKS yang dikembangkan sendiri tentunya lebih mudah disesuaikan dengan kompetensi yang ingin dicapai, serta karakteristik siswa penggunaannya. Selanjutnya, LKS juga dilakukan uji coba untuk mengetahui keefektifannya dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa (HOTS) pada materi hidrolisis garam setelah dibelajarkan menggunakan LKS hasil pengembangan.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka peneliti perlu melakukan penelitian dan pengembangan dengan judul “Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Berbasis Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (*Higher Order Thinking Skills*) Siswa pada Materi Hidrolisis Garam Kelas XI SMA.”

METODE

Model pengembangan yang digunakan pada penelitian ini mengadaptasi dari model pengembangan bahan ajar, yakni model pengembangan 4D yang terdiri dari tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate* (Thiagarajan, dkk., 1974). Tahap *disseminate* dilakukan hanya terbatas pada kelas eksperimen pada satu sekolah. Model pengembangan ini dipilih dengan pertimbangan bahwa model ini sistematis, runtut, dan mudah diikuti langkah-langkahnya. Langkah-langkah pengembangan produk pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan ketentuan model yang dipilih dan disesuaikan keperluan dalam mengembangkan produk.

Validasi dilakukan untuk mengetahui kevalidan LKS hasil pengembangan. Validasi yang dilakukan meliputi empat aspek, yakni kelayakan isi, kebahasaan, penyajian materi, dan tata letak. Validasi dilakukan oleh validator ahli dan dua orang validator praktisi, yang dilakukan penilaian menggunakan angket. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari penilaian yang disusun menggunakan skala Likert, dan data kualitatif diperoleh dari komentar dan saran dari validator.

Uji efektivitas dilakukan untuk mengetahui keefektifan LKS hasil pengembangan dalam meningkatkan HOTS siswa pada materi hidrolisis garam. Uji efektivitas LKS dilakukan dengan cara menerapkan produk hasil pengembangan pada kelas uji coba yang dipilih. Efektivitas LKS hasil pengembangan ditentukan dari peningkatan rata-rata *N-Gain score* siswa, perhitungan ketuntasan kelas, dan penilaian kepraktisan LKS oleh siswa. Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini meliputi angket validasi, instrumen soal HOTS pada materi hidrolisis garam, dan angket respon siswa. Instrumen validasi berupa lembar penilaian yang berupa skor 4,3,2, dan 1 disusun sesuai skala Likert. Skor yang diperoleh kemudian dihitung persentase rata-rata validitas LKS hasil pengembangan menggunakan rumus berikut. Kriteria penentuan kevalidan LKS hasil pengembangan tertera pada Tabel 1.

$$P = \frac{\sum X}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

P : persentase

$\sum X$: jumlah skor penilaian tiap aspek

n : skor tertinggi tiap aspek x jumlah validator

Tabel 1. Kriteria Penentuan Kevalidan LKS Hasil Pengembangan

Kriteria Validitas (%)	Tingkat Validitas
85,01-100,00	Sangat valid
70,01-85,00	Valid
50,01-70,00	Cukup valid
01,00-50,00	Tidak valid

(Sumber: Akbar, 2013)

Efektivitas LKS hasil pengembangan diketahui dari perhitungan *N-Gain Score* dari peningkatan nilai *pretest* dan *posttest* siswa pada materi hidrolisis garam.

Penentuan *N-Gain score* siswa dihitung menggunakan rumus berikut. Kriteria penentuan kategori perolehan *N-Gain Score* siswa tertera pada Tabel 2.

$$N-Gain = \frac{S_{pos}-S_{pre}}{S_{maks}-S_{pre}}$$

Keterangan:

S_{pos} : skor *posttest*

S_{pre} : skor *pretest*

S_{maks} : skor maksimal ideal

Tabel 2. Kategori Perolehan *N-Gain Score*

Batasan	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 < g \leq 0,7$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

(Sumber: Hake, 1999)

Efektivitas LKS hasil pengembangan juga ditentukan dari perhitungan ketuntasan kelas dan perhitungan tingkat kepraktisan LKS oleh siswa. Keefektifan pembelajaran menggunakan LKS hasil pengembangan dapat dilihat dari persentase ketuntasan kelas dari hasil *posttest* dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Ketuntasan Kelas} = \frac{\sum \text{siswa yang memperoleh nilai} \geq \text{KKM}}{\sum \text{siswa yang mengikuti posttest}} \times 100\%$$

Jika diperoleh ketuntasan kelas $\geq 80\%$, maka LKS hasil pengembangan dapat dinyatakan efektif meningkat HOTS siswa pada materi hidrolisis garam (Akbar, 2013).

Efektivitas LKS hasil pengembangan juga ditentukan dari penilaian siswa menggunakan angket respon siswa. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tanggapan siswa terhadap kepraktisan LKS hasil pengembangan. Penentuan tingkat kepraktisan LKS hasil pengembangan dihitung menggunakan rumus berikut. Kriteria penilaian kepraktisan LKS hasil pengembangan tertera pada Tabel 3.

$$P = \frac{\sum X}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

P : persentase

$\sum X$: jumlah skor penilaian siswa tiap aspek

n : skor tertinggi tiap aspek x jumlah siswa

Tabel 3. Kriteria Penilaian Hasil Uji Kepraktisan

Kriteria Kepraktisan (%)	Kategori Kepraktisan
81,00-100	Sangat praktis
61,00-80,00	Praktis
41,00-60,00	Cukup praktis
21,00-40,00	Kurang praktis
0,00-20,00	Tidak praktis

(Sumber: Adaptasi dari Akbar, 2013)

HASIL

Hasil Validasi

Validasi dilakukan untuk mengetahui kevalidan LKS hasil pengembangan. Validasi yang dilakukan meliputi empat aspek, yakni kelayakan isi, kebahasaan, penyajian materi, dan tata letak. Hasil validasi LKS secara keseluruhan tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi LKS Keseluruhan

No	Aspek yang dinilai	Skor Rata-rata	Persentase (%)	Kriteria
1.	Kelayakan Isi	3,57	89,30	Sangat valid
2.	Kebahasaan	3,62	90,50	Sangat valid
No	Aspek yang dinilai	Skor Rata-rata	Persentase (%)	Kriteria
3.	Penyajian Materi	3,62	90,50	Sangat valid
4.	Tata Letak	3,67	91,70	Sangat valid
	Rata-rata	3,62	90,50	Sangat valid

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh skor rata-rata keseluruhan sebesar 3,62 dengan persentase sebesar 90,50%.

Hasil Uji Efektivitas

Uji efektivitas dilakukan untuk mengetahui keefektifan LKS hasil pengembangan dalam meningkatkan HOTS siswa pada materi hidrolisis garam. Efektivitas LKS hasil pengembangan ditentukan dari perhitungan *N-Gain Score* siswa terhadap nilai *pretest* dan *posttest* pada materi hidrolisis garam kelas eksperimen. Hasil perhitungan *N-Gain Score* tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *N-Gain Score*

Rata-rata		Rata-rata <i>N-Gain Score</i>	Kategori Peningkatan
30,43	<i>Pretest</i>	0,72	Tinggi
80,20	<i>Posttest</i>		

Berdasarkan Tabel 5. diketahui rata-rata *N-Gain Score* sebesar 0,72. Efektivitas LKS hasil pengembangan juga ditentukan berdasarkan perhitungan ketuntasan kelas siswa kelas eksperimen. Hasil perhitungan ketuntasan kelas tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Ketuntasan Kelas

Jumlah Siswa Yang Memperoleh Nilai \geq KKM	Jumlah Siswa Keseluruhan	Persentase Ketuntasan Kelas (%)	Kesimpulan
25	30	83,33	Telah mencapai kriteria ketuntasan kelas yang ditetapkan

Berdasarkan Tabel 6. diketahui bahwa ketuntasan kelas sebesar 83,33%. Efektivitas LKS hasil pengembangan juga ditentukan dari penilaian kepraktisan LKS oleh siswa. Setelah serangkaian proses pembelajaran telah usai, setiap siswa di kelas uji coba diminta mengisi angket penilaian terhadap LKS yang digunakan pada proses pembelajaran. Hasil perhitungan kepraktisan LKS oleh siswa tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Tingkat Kepraktisan LKS oleh Siswa

No.	Aspek yang dinilai	Rata-Rata Skor	%	Kriteria
1	Kemudahan pembelajaran dengan menggunakan LKS yang dikembangkan	4,3	84,4	Sangat Praktis
2	Kemudahan memecahkan masalah dalam pembelajaran menggunakan LKS yang dikembangkan	4,3	86	Sangat Praktis
3	Kesesuaian LKS dengan kebutuhan siswa	4,1	83	Sangat Praktis
4	Kemudahan penyajian materi dalam LKS yang dikembangkan	4,0	80	Praktis
5	Kemudahan bahasa yang digunakan dalam LKS	4,2	84	Sangat Praktis
6	Kejelasan kalimat dalam LKS	4,2	83,1	Sangat Praktis
7	LKS yang dikembangkan dapat menambah pengetahuan mengenai materi hidrolisis garam	4,3	87	Sangat Praktis
8	LKS yang dikembangkan dapat menambah keterampilan praktikum siswa	4,2	83	Sangat Praktis
9	LKS yang dikembangkan dapat memotivasi siswa	4,1	83	Sangat Praktis
10	LKS yang dikembangkan dapat memotivasi siswa dalam memecahkan masalah	4,0	80	Praktis
11	LKS yang dikembangkan dapat memberi semangat siswa mencari informasi	4,2	84	Sangat Praktis
12	LKS yang dikembangkan dapat menarik siswa dalam mempelajari aplikasi materi hidrolisis garam dalam kehidupan sehari-hari	4,0	80,6	Praktis
13	LKS yang dikembangkan pada materi hidrolisis garam sesuai untuk pembelajaran	4,0	80,6	Praktis
14	Desain LKS yang dikembangkan menarik	4,2	84	Sangat Praktis
15	LKS yang dikembangkan dapat memberikan daya tarik siswa untuk belajar	4,0	79,4	Praktis
16	LKS yang dikembangkan membuat siswa sering menulis dan menggunakan alat	4,2	84,4	Sangat Praktis
17	LKS yang dikembangkan membuat siswa berinteraksi aktif dengan teman	4,3	85	Sangat Praktis
18	LKS yang dikembangkan mempermudah siswa dalam memahami konsep	4,2	84,4	Sangat Praktis
	Rata-rata	4,2	83,3	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 7. diperoleh skor rata-rata sebesar 4,2 dengan persentase sebesar 83,3%.

PEMBAHASAN

Melalui uji validasi, diketahui bahwa LKS berbasis pendekatan saintifik pada materi hidrolisis garam telah memenuhi kriteria “sangat valid” berdasarkan penilaian ke empat aspek yang ditentukan, sehingga LKS hasil pengembangan layak untuk diterapkan dalam pembelajaran.

Berdasarkan uji efektivitas, LKS hasil pengembangan terbukti efektif meningkatkan HOTS siswa pada materi hidrolisis garam dengan peningkatan termasuk kategori “tinggi”. Hal ini menunjukkan bahwa LKS hasil pengembangan efektif dalam meningkatkan HOTS siswa pada materi hidrolisis garam, sehingga LKS dapat diterapkan dalam pembelajaran di kelas dalam skala yang lebih luas. Secara pencapaian kelas juga menunjukkan bahwa LKS hasil pengembangan diketahui efektif ketika diterapkan dalam pembelajaran di kelas.

LKS berbasis pendekatan saintifik pada materi hidrolisis garam dari aspek kemudahan penggunaan untuk siswa, penyajian materi, kebahasaan, grafis, dan manfaat dari LKS yang dikembangkan untuk siswa telah memenuhi kriteria “sangat praktis” sehingga layak untuk diterapkan dalam pembelajaran di kelas.

SIMPULAN DAN SARAN

LKS hasil pengembangan ini telah dilakukan validasi oleh validator ahli yakni dosen Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang dan dua orang validator praktisi yakni guru kimia SMAN 10 Malang. Validasi yang dilakukan meliputi empat aspek, yakni kelayakan isi, kebahasaan, penyajian materi, dan tata letak. Dari hasil validasi diperoleh persentase rata-rata keseluruhan sebesar 90,50% dengan kategori “sangat valid”. Hasil ini menunjukkan bahwa LKS hasil pengembangan layak diterapkan dalam pembelajaran. Selanjutnya LKS hasil pengembangan dilakukan uji efektivitas dalam pembelajaran untuk mengetahui keefektifannya dalam meningkatkan HOTS siswa pada materi hidrolisis garam. Dari hasil uji efektivitas diperoleh skor rata-rata *N-Gain Score* sebesar 0,72 dengan kategori peningkatan termasuk kategori “tinggi”. Dari hasil perhitungan ketuntasan kelas diperoleh persentase sebesar 83,33%. Dari hasil penilaian kepraktisan LKS hasil pengembangan oleh siswa diperoleh persentase rata-rata sebesar 83,3% dengan kategori “sangat valid”. Hasil ini menunjukkan bahwa LKS hasil pengembangan terbukti efektif meningkatkan HOTS siswa.

Berdasarkan hasil kajian produk akhir hasil pengembangan disarankan beberapa hal berikut ini. (1) Berdasarkan pengamatan peneliti selama uji efektivitas produk pada kelas eksperimen masih ditemukan siswa yang kurang memahami langkah-langkah pembelajaran yang disajikan pada LKS. Oleh karena itu, peran aktif guru dalam membimbing siswa selama proses pembelajaran dianjurkan dilakukan untuk memudahkan siswa melakukan kegiatan pembelajaran. (2) LKS

hasil pengembangan telah dilakukan uji efektivitas dan dari hasil tersebut diketahui bahwa produk telah terbukti efektif meningkatkan HOTS siswa. Oleh karena itu, penggunaan produk dalam skala lebih luas seperti di kelas lain, atau di sekolah lain juga dianjurkan. (3) Model pengembangan LKS ini dapat dijadikan sebagai salah satu pilihan untuk mengembangkan bahan ajar lain pada mata pelajaran untuk materi kimia yang lain.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Anggara, P.N., Kadaritna, N, & Sofyan, E. 2015. Efektivitas Pendekatan Saintifik dalam Meningkatkan Keterampilan Merencanakan pada Materi Hidrolisis Garam. *Jurnal Pembelajaran dan Pendidikan*, 4(2): 631-643.
- Departemen Pembinaan SMA. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Depdiknas.
- Firdani, A.I. & Poedjiastoeti, S. 2015. Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Berorientasi *Guided Discovery* untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Asam Basa Kelas XI SMA. *UNESA Journal of Chemical Education*, 4 (2): 262-271.
- Hake, R.R. 1999. Analyzing Change Gain Scores. *American Educational Research Association's Division D, Measurement and Research Methodology*, - (-): 1-4.
- IEA. 2011. *Overview TIMSS and PIRLS 2011 Achievement*, (Online), (https://drive.google.com/open?id=0B_hG-avrSDg1RENrT111UzRpdmM, diakses tanggal 10 Juli 2017).
- Mainali, B.P. 2012. Higher Order Thinking In Education. *Academic Voices A Multidisciplinaty Journal*, 2(1): 5-10.
- OECD. 2015. *PISA 2015 Result in Focus*, (Online), (<http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-result-in-focus.pdf>, diakses tanggal 10 Juli 2017).
- Permendikbud RI Nomor 24 tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran Pada Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. 2016. Jakarta: Kemendikbud.
- Ratnaningtyas, L.C. 2015. *Pengembangan Modul Kesetimbangan Kimia Menggunakan Pendekatan Ilmiah (Scientific Approach) untuk Siswa SMA Kelas XI*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Redhana, I.W. & Liliyasi. 2008. Program Pembelajaran Keterampilan Berpikir Kritis pada Topik Laju Reaksi untuk Siswa SMA. *Forum Kependidikan*, 27(2): 105-115.

- Sa'idah, G., & Suyono. 2012. *Penerapan Strategi Pembelajaran PDEODE (Predict, Discuss, Explain, Observe, Discuss, Explain) untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa pada Materi Pokok Hidrolisis Garam di SMAN 2 Bojonegoro*. Prosiding Seminar Nasional Kimia UNESA 2012, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, 25 Februari.
- Sulistiyowati, N., Widodo, A.T., & Sumarni, W. 2012. Efektivitas Model Pembelajaran Guided Discovery Learning terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Kimia. *Chemistry in Education*, 2(1): 49-55.
- Sunarya, Y., Kurnia., & Wulandari, A.D. 2013. Pembelajaran Praktikum Berbasis Inkuiri untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Laju Reaksi. *Jurnal Riset dan Praktik Pendidikan Kimia*, 1(1): 18-26.
- Thiagarajan, Sivasailam., Semmel, Dorothy.S., Semmel, & Melvyn. I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children A Sourcebook*. Indiana: Indiana University Bloomington.

Dewi Lestarani, dkk_Pembelajaran Kimia

Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Model Pembelajaran *Learning Cycle 5E-Think Pair Share* pada Materi Larutan Penyangga

Dewi Lestarani, Endang Budiasih, Siti Marfu'ah
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: endang.budiasih.fmipa@um.ac.id

Abstrak: Tulisan ini mengkaji perbedaan kemampuan berpikir kritis antara siswa yang dibelajarkan dengan model *Learning Cycle 5E* dipadu *Think Pair Share* dan yang dibelajarkan *Learning Cycle 5E*. Kemampuan berpikir kritis adalah proses mental yang mencakup kemampuan merumuskan masalah, memberikan dan menganalisis argumen, melakukan observasi, menyusun hipotesis, melakukan deduksi dan induksi, mengevaluasi, mengambil keputusan serta melaksanakan tindakan. Model LC 5E-TPS merupakan desain model pembelajaran antara model pembelajaran kooperatif TPS yang dipadukan dengan model pembelajaran LC 5E. Penerapan model LC 5E-TPS pada materi larutan penyangga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Kata kunci: kemampuan berpikir kritis, *learning cycle 5E*, *think pair share*

Abstract: This paper examined the differences in critical thinking ability between students taught with LC 5E learning combined with Think Pair Share and students taught with LC 5E learning. Critical thinking is a mental process that includes the ability to formulate problems, give and analyze arguments, make observations, arrange hypotheses, perform deduction and induction, evaluate, take decisions and implement actions. LC 5E-TPS model is a model learning design between cooperative learning model TPS combined with the LC 5E learning model. The application of LC 5E-TPS model to the material of the auxiliary solution was expected to improve students' critical thinking ability.

Keywords: critical thinking ability, *learning cycle 5E*, *think pair share*

Ilmu kimia merupakan salah satu cabang sains yang memiliki karakteristik tertentu yakni bersifat abstrak dan kompleks. Beberapa ahli mengemukakan pendapatnya mengenai karakteristik konsep dalam ilmu kimia. Konsep kimia bersifat abstrak karena ilmu kimia berkaitan dengan objek-objek dan peristiwa-peristiwa abstrak seperti konsep tentang atom, molekul, ion, orbital dan ionisasi. Sastrawijaya (1988:178) mengemukakan bahwa konsep di dalam ilmu kimia merupakan konsep yang berjenjang dari yang sederhana ke konsep yang lebih tinggi

tingkatannya, sehingga konsep dasar akan mendukung pemahaman konsep selanjutnya.

Salah satu bahan kajian pelajaran kimia di SMA adalah larutan penyangga. Materi larutan penyangga merupakan materi yang banyak berisi konsep bersifat abstrak, banyak penjelasan dan perhitungan serta rumus kimia sehingga siswa sulit mempelajarinya (Nachdhiyah, dkk., 2013). Beberapa materi prasyarat yang harusnya dikuasai siswa sebelum mempelajari larutan penyangga adalah stoikiometri, kesetimbangan kimia dan larutan asam basa.

Siswa yang tidak memiliki pemahaman yang baik terhadap konsep dasar kimia menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami ilmu kimia (Nakhleh, 1992). Konsep dasar kimia sangat penting karena jika tidak dapat dipahami dengan baik, maka konsep atau teori kimia lanjutannya pun sulit dipahami (Sirhan, 2007). Kesulitan yang dihadapi siswa dalam mempelajari kimia meliputi kesulitan dalam memahami konsep, kesulitan dalam mengerjakan tugas dengan angka-angka dan kesulitan dalam menggunakan alat-alat praktikum. Kesulitan-kesulitan yang dihadapi siswa tersebut menyebabkan siswa menjadi takut dan menganggap kimia merupakan mata pelajaran yang sulit dipelajari sehingga siswa menjadi pasif dalam pembelajaran. Kepasifan siswa dalam proses belajar ini dapat menyebabkan hasil belajar yang diperoleh menjadi rendah.

Perkembangan di era globalisasi yang penuh persaingan selain memiliki hasil belajar yang baik siswa dituntut untuk memiliki kemampuan berpikir kritis (Nurbaeti, 2015). Kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan yang diperlukan siswa untuk memberikan respon terhadap tantangan atau masalah yang dihadapinya. Kemampuan berpikir kritis memungkinkan siswa menganalisis dan mengevaluasi informasi yang tepat untuk pemecahan masalah (Ennis, 2011). Sependapat dengan itu, Halpern (2013) menjelaskan bahwa kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan siswa dalam mempertimbangkan alasan secara lisan, menganalisis makna, kemampuan menguji hipotesis yang dikemukakan, mempertimbangkan alternatif solusi, kemampuan pengambilan keputusan serta kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan ini harus dilatihkan melalui penggunaan strategi pembelajaran yang tepat.

Fakta di lapangan menunjukkan kemampuan berpikir kritis siswa masih kurang dikarenakan pembelajaran kimia hanya sebatas menghafalkan rumus dan konsep (Widiawati, 2015). Widiawati (2015) menyatakan bahwa pendekatan pembelajaran yang banyak dan sering digunakan bersifat *teacher center learning* yaitu pembelajaran yang berpusat pada guru. Pembelajaran berpusat pada guru mengakibatkan siswa pasif dalam pembelajaran dan hanya mengandalkan guru sebagai sumber belajarnya.

Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk memecahkan masalah tersebut sekaligus untuk memperbaiki kualitas pembelajaran kimia adalah pendekatan pembelajaran berpusat pada siswa (*student center leaning*) dimana siswa dapat mencari, menemukan dan melakukan pengalaman belajarnya sendiri yang aktif

dengan menerapkan model pembelajaran konstruktivistik. Beberapa manfaat dari penerapan model pembelajaran konstruktivistik yaitu dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya, memberikan kemampuan berpikir dan pemahaman siswa dalam pembelajaran.

Model pembelajaran konstruktivistik memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk aktif mengeksplorasi pengetahuan, kemudian membangun sebuah konsep dan akhirnya menerapkannya. Di antara berbagai model pembelajaran konstruktivistik, model pembelajaran yang telah dilaporkan berpotensi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa adalah model pembelajaran *Learning Cycle*. Model pembelajaran *Learning Cycle* menggunakan prinsip-prinsip konstruktivisme sosial yang memandang belajar sebagai suatu proses sosial yang aktif di mana peserta didik berbagi ide dan berinteraksi dalam kelompok untuk membangun pemahaman mereka bersama-sama. Selama proses ini, perubahan perkembangan pengetahuan dapat terjadi dalam konstruksi peserta didik melalui interaksi (Opara & Waswa, 2013). Dalam proses pembelajaran peserta didik terlibat aktif namun pola interaksinya tidak terstruktur dengan baik sehingga perlu dipadukan dengan model pembelajaran kooperatif tertentu. Menurut Iskandar (2004), fase-fase dalam *Learning Cycle* 5E yaitu fase *engagement* (undangan), fase *exploration* (eksplorasi), fase *explanation* (penjelasan), fase *elaboration* (penerapan), fase *evaluation* (evaluasi).

Diperlukan model pembelajaran yang dapat bersinergi dengan model pembelajaran daur belajar sehingga interaksi antarsiswa menjadi baik yaitu model pembelajaran kooperatif. Model pembelajaran kooperatif merupakan cara belajar menggunakan kelompok-kelompok kecil sehingga peserta didik bekerja dan belajar bersama untuk mencapai tujuan bersama (Johnson & Johnson, 1991). Salah satu model pembelajaran kooperatif yang menekankan interaksi sosial adalah model pembelajaran *Think Pair Share* (TPS). Pengintegrasian dua model pembelajaran LC dan TPS dapat menjadikan pola diskusi yang lebih terstruktur sehingga suasana kelas tetap kondusif dan dapat mengoptimalkan terjadinya interaksi positif, saling menghargai, dan kerja sama antar peserta didik.

Model pembelajaran TPS melibatkan aktivitas *think* yang mendorong siswa untuk berpikir secara individu, aktivitas *pair* yang mendorong siswa untuk melakukan diskusi dengan pasangannya dan aktivitas *share* yang mendorong siswa untuk mempresentasikan hasil diskusinya. Model pembelajaran kooperatif TPS memiliki kelebihan, (1) resiko rendah karena diskusi dilaksanakan intens dalam kelompok kecil (Othman & Othman, 2012), (2) diawali dengan proses berpikir (*think*) kemudian berdiskusi (*share*), (3) menekankan siswa untuk berpikir, menanggapi dan saling membantu.

PEMBAHASAN

Peranan *Learning Cycle 5E-Think Pair Share* dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis

Model pembelajaran LC 5E merupakan model pembelajaran konstruktivistik yang memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk aktif mengeksplorasi pengetahuan, kemudian membangun sebuah konsep dan akhirnya menerapkannya. Pada proses pembelajaran peserta didik mengalami kesulitan untuk menyelesaikan masalah secara mandiri (individu) yang diberikan oleh guru. Apabila peserta didik tidak dapat mengatasi permasalahan tersebut, maka mereka membutuhkan bantuan (*scaffolding*) dari teman sebaya atau orang lain yang lebih mampu untuk mengatasi permasalahan tersebut. Bantuan atau *scaffolding* yang dapat diberikan kepada peserta didik yaitu dengan menerapkan pembelajaran kooperatif TPS.

Pembelajaran kooperatif memberikan kesempatan kepada peserta didik dengan kemampuan heterogen untuk bekerja bersama teman-teman sebayanya dalam mengkonstruksikan konsep dan berbagi pemahaman dalam kelompok kecil, sehingga peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir ilmiah tinggi dapat berbagi pengetahuan dengan peserta didik yang kemampuan berpikir ilmiahnya rendah dalam menyelesaikan permasalahan yang diberikan guru (Arends, 2007). Model pembelajaran TPS dapat memberikan kesempatan bagi peserta didik berinteraksi dalam membangun konsep, berbagi pemahaman sehingga kemampuan berpikir peserta didik meningkat. Secara lebih rinci tahapan LC 5E dan LC 5E-TPS dapat dilihat pada Tabel 1.

Beberapa hasil penelitian yang relevan menunjukkan bahwa model pembelajaran LC 5E memberikan dampak positif terhadap hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis. Hasil penelitian Meiliyana (2007) dan Nurbaeti (2015) menunjukkan penerapan model *Learning Cycle* memberikan hasil positif terhadap kemampuan berpikir kritis. Penelitian yang dilakukan oleh Sele (2016) juga menyatakan bahwa pembelajaran yang berbasis TPS lebih baik dibanding pembelajaran konvensional karena dapat melatih dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Kemampuan Berpikir Kritis

Tujuan utama dari pendidikan adalah untuk menghasilkan individu yang dapat beradaptasi dengan kondisi yang berbeda, dapat berpikir dengan cara yang berbeda, fleksibel dan tepat, dapat mengembangkan keterampilannya, menghasilkan ide-ide, memiliki kemampuan berkomunikasi yang baik, berpikir tingkat tinggi dan kemampuan untuk memecahkan masalah (Özsoy-Güneş, 2015). Namun dalam proses pelaksanaannya tujuan pendidikan ini belum dapat tercapai dengan baik. Penyebabnya adalah kurangnya informasi dan proses pemecahan masalah bagi peserta didik serta proses pembelajaran di kelas terlalu fokus pada konten pelajaran (Shakir, 2009). Proses pembelajaran yang menekankan pada

hafalan dan fokus pada konten pelajaran menyebabkan peserta didik tidak dapat menganalisis dan mensintesis makna yang tepat dari pengetahuan yang dipelajari.

Tabel 1. Tahapan LC 5E dan LC 5E-TPS

LC 5E	LC 5E-TPS
<p>Fase 1: Engagement Guru menggali pengetahuan awal peserta didik dengan memberikan pertanyaan seputar materi yang akan dipelajari.</p>	<p>Fase 1: Engagement Guru menggali pengetahuan awal peserta didik dengan memberikan pertanyaan seputar materi yang akan dipelajari.</p>
<p>Fase 2: Exploration Peserta didik melakukan percobaan, mengumpulkan data, menganalisis data hasil percobaan dan membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan.</p>	<p>Fase 2: Exploration Peserta didik melakukan percobaan, mengumpulkan data, menganalisis data hasil percobaan dan membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan.</p>
<p>Fase 3: Explanation Peserta didik menjelaskan hasil eksplorasinya sehingga dihasilkan pengetahuan yang baru. Selain itu peserta didik dapat melakukan kajian pustaka dari berbagai sumber.</p>	<p>Fase 3: Explanation- Think Pair Share Think: guru memberikan waktu kepada peserta didik menganalisis data hasil percobaan, menjelaskan konsep, menghubungkan konsepsatu dan konsep lainnya dan membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. Selain itu peserta didik dapat melakukan kajian pustaka dari berbagai sumber. Pair: guru meminta peserta didik untuk mendiskusikan segala sesuatu yang telah mereka pikirkan secara berpasangan. Share: Guru meminta pasangan-pasangan peserta didik menjelaskan hasil eksplorasinya sehingga dihasilkan pengetahuan yang baru.</p>
<p>Fase 4: Elaboration Guru memberikan masalah baru dan meminta peserta didik menyelesaikannya secara mandiri (individu), kemudian melakukan diskusi kelas.</p>	<p>Fase 4 : Elaboration-Think Pair Share Guru memberikan masalah baru dan meminta peserta didik menyelesaikannya secara berpasangan (2 orang) Pembelajaran <i>Think Pair Share</i> terintegrasi pada fase Elaboration sebagai <i>scaffolding</i>. Think: Guru memberikan waktu kepada peserta didik untuk berpikir. Pair: Guru meminta peserta didik berpasangan, dan mendiskusikan segala yang sudah mereka pikirkan. Interaksi selama periode ini dapat bertukar ide atau berupa transfer pengetahuan yang telah peserta didik dapatkan pada tahap sebelumnya secara individu. Share: guru meminta pasangan-pasangan peserta didik untuk berbagi sesuatu yang telah didiskusikan bersama pasangannya masing-masing dengan seluruh kelas.</p>
<p>Fase 5: Evaluation Peserta didik mengerjakan soal <i>posttest</i>.</p>	<p>Fase 5: Evaluation Peserta didik mengerjakan soal <i>posttest</i>.</p>

Kemampuan siswa yang kurang dalam menganalisis dan mensintesis pengetahuan mengarah pada kurangnya kemampuan berpikir kritis peserta didik. Solusinya adalah pemberian tugas yang mewajibkan peserta didik berpikir kritis, bukan fokus pada hafalan (Schaferman, 1991). Oleh sebab itu, peran guru sangat penting dalam

proses pembelajaran. Pemberian instruksi yang jelas dan melakukan kegiatan belajar yang menarik di kelas dapat mempengaruhi proses berpikir peserta didik.

Berpikir kritis dapat didefinisikan sebagai aktifitas kognitif yang efektif, teroganisir dan memungkinkan untuk meningkatkan pemahaman individu dan keterampilan mengemukakan pendapat (Chaffe, 1994). Saat ini, penting bagi tiap individu untuk aktif dalam berpikir kritis dan keterampilan memecahkan masalah, kemampuan memperoleh informasi, mencari dan memberikan kontribusi informasi yang dibutuhkan untuk membawa perubahan dan pengembangan pola pikir. Situasi ini merupakan harapan baru dalam dunia pendidikan.

Kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan untuk menganalisis hakikat permasalahan yang sedang terjadi, kemampuan mengemukakan dan melakukan solusi yang telah dipilih berdasarkan analisis tertentu serta mampu mengevaluasi implementasi alternatif solusi tersebut (Fisher, 2001). Selanjutnya kemampuan berpikir kritis juga berorientasi pada hasil, rasional, logis dan berpikir evaluatif dalam hal menerima (atau menolak) apa yang diputuskan, diikuti dengan keputusan apa yang harus dilakukan kemudian bertindak sesuai dengan keputusan yang dibuat dan bertanggungjawab terhadap keputusan yang diambil (Zoller, 1999).

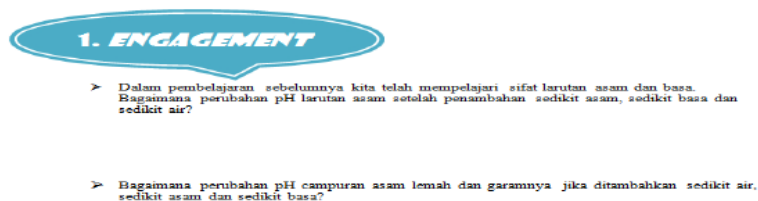
Seseorang dengan kemampuan berpikir kritis yang baik akan memiliki enam kecakapan yaitu, (1)interpretasi yang merupakan kecakapan memaknai hakikat dari berbagai peristiwa yang terjadi, (2)analisis adalah kecakapan dalam menelaah makna yang telah diketahui sebelumnya melalui data maupun terhadap pendapat yang diperoleh saat melakukan pemaknaan, (3)evaluasi merupakan kecakapan untuk menilai hasil analisis yang telah diperoleh sehingga dengan kecakapan ini, solusi yang dihasilkan dapat diketahui kelebihan dan kekurangannya, (4)mengambil keputusan adalah kecakapan untuk mengidentifikasi berbagai hal yang dibutuhkan untuk menarik kesimpulan dan hipotesis yang logis, (5)penjelasan merupakan kecakapan untuk menyatakan hasil pemikiran dan menilai kualitas hasil secara konseptual, metodologis dan kontekstual, (6)regulasi diri merupakan kecakapan untuk memantau lima kecakapan yang telah diurai sebelumnya (Facione, 2013). Berikut ini pendapat Paul dan Linda (2008) tentang beberapa manfaat yang dapat diperoleh peserta didik apabila memiliki kemampuan berpikir kritis, yaitu (1)akan mampu memunculkan pertanyaan penting terkait dengan permasalahan yang dihadapi, (2)mampu mengumpulkan dan mengkaji informasi yang relevan, (3)mampu mengambil kesimpulan dan memberi solusi secara tepat, dan (4)mampu berkomunikasi dengan orang lain. Kemampuan berpikir kritis juga akan membuat peserta didik mencapai hasil belajar yang efektif, mandiri, sistematis, berwawasan luas, percaya diri, mampu mengendalikan diri dan dapat mengevaluasi dirinya.

Pembelajaran Materi Larutan Penyangga dengan model pembelajaran LC 5E-TPS

Ilmu kimia merupakan salah satu cabang sains yang memiliki karakteristik tertentu yakni bersifat abstrak berisi konsep, banyak penjelasan dan perhitungan serta rumus kimia. Oleh sebab itu, ilmu kimia berperan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Melalui pembelajaran kimia dengan model LC 5E-TPS kemampuan berpikir kritis siswa ditingkatkan. Tahapan model pembelajaran LC 5E-TPS untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi larutan penyangga adalah sebagai berikut.

1. Engagement

Kegiatan pada fase ini adalah untuk mendapatkan perhatian peserta didik, mendorong kemampuan berpikirnya dan membantu untuk menggali kembali pengetahuan yang dimilikinya. Hal penting yang perlu dicapai oleh guru pada fase ini adalah timbulnya rasa ingin tahu pada tema atau topik yang sedang dipelajari. Keadaan tersebut dapat dicapai dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan kepada peserta didik tentang fakta atau fenomena yang berkaitan dengan materi yang akan dipelajari.



Gambar 1. Contoh Bagian Engagement

2. Exploration

Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berpikir, merencanakan, meneliti, mengorganisasikan informasi yang dikumpulkan baik dengan cara kelompok maupun individu tanpa instruksi atau pengarahan langsung dari guru. Peserta didik bekerja memanipulasi objek, melakukan percobaan secara ilmiah, melakukan pengamatan, mengumpulkan data sampai membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang dilakukan.

2. EXPLORATION

Untuk mengetahui jenis-jenis larutan penyangga maka perhatikan data percobaan berikut!
 Kemudian isilah kotak yang kosong!

Larutan	pH awal	pH setelah ditambah 1 mL		Larutan penyangga/ bukan penyangga	Jenis penyangga	
		HCl 0,1 M	NaOH 0,1 M		Asam	Basa
10 mL CH ₃ COOH 0,01 M						
10 mL NH ₄ OH 0,01 M						
10 mL NH ₃ 0,01 M ditambah 10 mL NH ₄ Cl 0,01 M	11,63	11,52	11,67			
10 mL CH ₃ COOH 0,01 M ditambah 10 mL CH ₃ COONa 0,01 M	4,74	4,73	4,75			

Gambar 2. Contoh Bagian Exploration

3. Explanation

Peserta didik dalam kegiatan ini dilibatkan dalam menganalisis hasil eksplorasinya untuk melengkapi, menyempurnakan dan mengembangkan konsep yang sudah diperoleh. Pada tahap ini sangat penting adanya diskusi antar peserta didik untuk saling mengkritisi penjelasan konsep peserta didik yang satu dengan peserta didik yang lain. Peserta didik didorong untuk menjelaskan konsep yang dipahami dengan kata-kata sendiri dan menunjukkan contoh-contoh yang berhubungan dengan konsep untuk melengkapi penjelasannya. Guru dapat mengenalkan istilah-istilah baru yang belum diketahui peserta didik. Pada kegiatan yang berhubungan dengan percobaan guru dapat memperdalam hubungan antar variabel atau kesimpulan yang diperoleh peserta didik. Hal ini diperlukan agar peserta didik dapat meningkatkan pemahaman konsep yang dipelajari.

Pertanyaan
Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut secara individu dan kalian bisa membuat sumber belajar yang lain.

1. Bagaimana reaksi dioksida CH_3COONa dalam larutan tersebut? Komponen apa saja yang dihasilkan dari reaksi tersebut?
2. Apa saja komponen dalam larutan yang terdiri dari CH_3COOH dan CH_3COONa ?
a. CH_3COOH - asam kuat/ asam lemah?
b. CH_3COONa terdiri dari ion apa saja?

a.
b.
3. Larutan tersebut termasuk penyangga asam atau basa?
4. Apa saja komponen dalam larutan yang terdiri NH_3 dan NH_4Cl ?
a. NH_3 - basa kuat/ basa lemah?
b. NH_4Cl terdiri dari ion apa saja?

Fase Fair
Setelah menjawab pertanyaan di atas, diskusikanlah jawabanmu dengan teman sebangkumu selama 5 menit!

Fase Share
Setelah kalian berdiskusi dengan teman sebangkumu, komunikasikan hasil diskusi kalian di depan kelas!

Gambar 3. Bagian *Explanation*.

4. Elaboration

Pada fase ini peserta didik diberikan kesempatan untuk mengembangkan dan memantapkan pemahaman terhadap konsep yang telah dikuasainya dengan menerapkannya pada persoalan yang baru tetapi masih tetap sesuai dengan konsep yang dipelajari. Peserta didik diarahkan untuk memperoleh penjelasan alternatif dengan menggunakan data atau fakta yang telah mereka eksplorasi dalam situasi yang baru.

Fase Think
Untuk memahami lebih mendalam materi di atas, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut secara individu!

1. Bagaimana sistem kerja larutan penyangga karbonat di dalam darah jika metabolisme menghasilkan senyawa asam? (Tinjaulah berdasarkan komponen penyusun larutan penyangga di tengkopi reaksi)

2. Bagaimana pengaruh penambahan sedikit asam kuat terhadap reaksi pada soal no. 1?
3. Bagaimana pengaruh penambahan sedikit basa kuat terhadap reaksi pada soal no. 1?

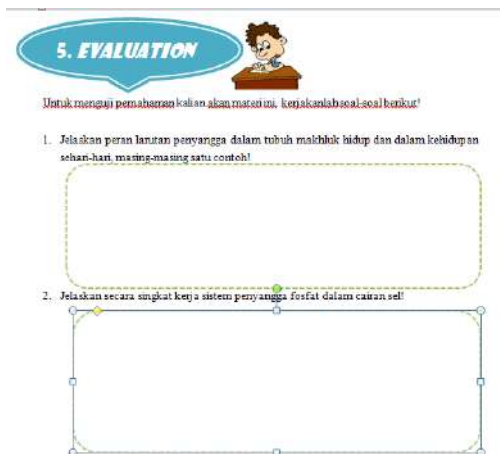
Fase Fair
Setelah menjawab pertanyaan di atas, diskusikanlah jawabanmu dengan teman sebangkumu selama 5 menit!

Fase Share
Setelah kalian berdiskusi dengan teman sebangkumu, komunikasikan hasil diskusi kalian di depan kelas!

Gambar 4. Bagian *Elaboration*.

5. Evaluation

Kegiatan ini meliputi penilaian proses dan evaluasi penguasaan konsep yang diperoleh peserta didik. Guru membuat lembar pengamatan untuk menilai kinerja dan suatu tes untuk menilai pemahaman peserta didik.



Gambar 5. Bagian *Evaluation*

SIMPULAN

Hasil pembelajaran larutan penyangga pada siswa kelas XI IPA berupa nilai capaian kemampuan berpikir kritis siswa setelah pembelajaran berlangsung pada kelas yang dibelajarkan model *Learning Cycle 5E* dipadu *Think Pair Share* diharapkan lebih tinggi dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan model *Learning Cycle 5E*.

DAFTAR RUJUKAN

- Arends, R.I. 2007. *Belajar untuk Mengajar*. Edisi Ketujuh. Terjemahan Helly Prajitno Soetjipto dan Sri Mulyantini Soetjipto. 2008. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Chaffee, J. 1994. *Thinking Critically*. Boston: Houghton Mifflin.
- Ennis, R. H. 2011. *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*, (Online), (http://faculty.education.illinois.edu/rhennis/documents/TheNatureofCriticalThinking_51711_000.pdf, diakses 20 Oktober 2016).
- Facione, A.P. 2013. *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. Millbrae: Measured Reasons and The California Academic Press.
- Fisher, A. 2001. *Critical Thinking An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Halpern, D.F. 2013. *Critical Thinking Workshop for Helping Our Students Become Better Thinker*. (Online), (<https://louisville.edu/ideastoaction/-/files/featured/halpern/critical-thinking.pdf>, diakses 20 Oktober 2016).

- Iskandar, S. M. 2004. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis*. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. 1991. *Learning Together and Alone: Cooperation Competition and Individualization*. Third Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- Meiliyana, V.S. 2007. *Penerapan model pembelajaran Learning Cycle (LC) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas X semester 2 MAN Malang 1 pada materi pokok reaksi redoks*. Malang. Universitas Negeri Malang
- Nachdhiyah, A.N. 2013. *Pengaruh Penggunaan Modul Pembelajaran Kimia Berbasis Learning Cycle 5-E pada Materi Larutan Penyangga (Buffer) terhadap Hasil Belajar*. Malang: Universitas Negeri Malang
- Nurbaeti, M. 2015. *Hubungan Gaya Belajar Dengan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kemampuan Kognitif Siswa Pada Mata Pelajaran Kimia*. Malang: Pascasarjana Universitas Tadulako.
- Opara, F. & Waswa, P. 2013. Enhancing Students' Achievement in Chemistry Through the Piagetian Model: The Learning Cycle. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, 4 (4):1270-1278.
- Othman, M & Othman, M. 2012. The Proposed Model of Collaborative Virtual Learning Environment for Introductory Programming Course. *Turkish Online Journal of Distance Education*. 13 (1): 100-111
- Özsoy-Güneş, Z., dkk. 2014. The Reflection of Critical Thinking Dispositions on Operational Chemistry and Physics Problems Solving of Engineering Faculty Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 174 (2015) 448 – 456.
- Paul, R & Linda, E. 2008. *The Miniature Guide to Critical Thinking Concept and Tools*. Foundation for Critical Thinking Press.
- Sastrawijaya, T. 1988. *Proses Belajar Mengajar Kimia*. Jakarta. P2LPTK
- Schafersman, S. D. 1991. *An Introduction to Critical Thinking*, (Online), (<http://www.freeinquiry.com/critical-thinking.html>, diakses 22 Oktober 2016).
- Sele, Y. 2016. *Perbandingan Keterampilan Metakognitif, Kemampuan Berpikir Kritis Dan Karakter Siswa Dalam Pembelajaran Biologi Melalui Strategi Reciprocal Teaching, Think Pair Share Dan Reciprocal Teaching Dipadu Think Pair Share*. Malang: Universitas Negeri Malang
- Shakir, R. 2009. Soft Skills at the Malaysian Institutes of Higher Learning. *Asia Pacific Education Review*, 10: 309-315.

Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2): 2-20.

Widiawati, W. 2015. *Pengaruh Penerapan Model Problem Solving Berkelompok Terhadap Motivasi Belajar, Kemampuan Berpikir Kritis Serta Hasil Belajar Konseptual Dan Algoritmik Siswa SMA Negeri 6 Malang Pada Materi Larutan Penyangga*. Malang: Universitas Negeri Malang

Zoller, U. & Pushkin, D. 2007. Matching Higher-Order Cognitive Skills (HOCS) promotion goal with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. *The Royal Society of Chemistry*, 8(2): 153-171.

Wawan Wahyu, dkk_Pembelajaran Kimia

Pengembangan LKS berbasis Kreativitas bagi Siswa SMA Kelas X dalam Membuat Alat Pendeteksi Banjir Sederhana

Wawan Wahyu, Ali Kusrijadi, Dede Hamjah
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Bandung Jawa Barat
e-mail: wawan_wahyu@upi.edu

Abstrak: Pengembangan lembar kerja siswa (LKS) berbasis kreativitas dalam membuat alat pendeteksi banjir sederhana ini bertujuan untuk memfasilitasi siswa menciptakan karya kreatif melalui pembelajaran kimia. Metode yang digunakan adalah penelitian berbasis desain (*design-based research*) terhadap 10 siswa salah satu SMA di Kota Bandung. Pengembangan LKS ini melibatkan 5 orang validator dan instrumen berupa lembar penilaian yang mengacu pada Indikator Kreativitas Williams (1968) serta menggunakan prinsip penggunaan bahan sekitar siswa yang mudah didapat dan murah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karya siswa ini telah memenuhi kriteria kreatif berkategori sangat baik. Disarankan bahwa pembuatan karya kreatif siswa perlu dikembangkan pada topik-topik kimia lainnya.

Kata kunci: LKS, kreativitas, pendeteksi banjir sederhana

Abstract: Development of student worksheets (LKS) based on creativity in making this simple flood detection tool aims to facilitate students to create creative work through chemistry learning. The method used was design-based research (*design-based research*) to 10 students of one of senior high school in Bandung. The development of LKS involved 5 validators and instruments in the form of assessment sheets referring to the Williams Creativity Indicator (1968) and used the principle of using the material around students which was easy to obtain and cheap. The results showed that the work of this student has met the criteria of creative categorize very well. It is suggested that students' creative work should be developed on other chemical topics.

Keywords: LKS, creativity, simple flood detection

Hingga saat ini, penelitian tentang pengembangan kreativitas siswa dalam pembelajaran masih terus dikembangkan dalam dunia pendidikan. Hernawanti (2013) menyatakan bahwa pengembangan kurikulum 2013 ditujukan untuk mendapatkan insan Indonesia yang produktif, kreatif, inovatif, dan afektif melalui penguatan sikap, keterampilan, dan aspek kognitif yang terintegrasi. Akan tetapi, pada kenyataannya menurut Birgili (2015) banyak siswa tidak menguasai bagaimana menerapkan kemampuan kognitifnya sebagai obyek dari pembelajaran dan pendidikan. Adanya Kompetensi Dasar (KD) keempat dalam kurikulum 2013

sebagai perwujudan aspek keterampilan menunjukkan bahwa perlunya sebuah pembelajaran yang bukan hanya menitik beratkan pada aspek kognitif saja.

Pada saat ini, penelitian mengenai kreativitas banyak dilakukan baik di luar negeri maupun dalam negeri. Di luar negeri, salah satunya adalah penelitian Birgili (2015) yang berjudul “*Creative and Critycal Thinking Skill in Problem-based Learning Environments*”. Dalam jurnalnya disebutkan bahwa salah satu alat yang sangat berguna dalam meningkatkan kreativitas dan kemampuan berpikir kritis adalah pembelajaran berbasis masalah dalam lingkungan kelas. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh *University of Abardeen* tentang *Creative Pedagogies* pada tahun 2011 menerapkan pembelajaran berbasis inkuiri untuk meningkatkan kreativitas siswa (Das, dkk., 2011).

Di dalam negeri telah dilakukan penelitian pendidikan mengenai kreativitas, salah satunya ialah “Pengembangan Kreativitas Siswa dengan Implementasi Pembelajaran Inkuiri pada Pendidikan Jasmani” (Juliantine, 2009). Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa pembelajaran yang berpusat pada siswa dapat meningkatkan Kreativitas. Selain itu terdapat penelitian dari Murtiningrum dkk. (2013) dengan judul “Pembelajaran Kimia dengan *Problem Solving* Menggunakan Media *E-Learning* dan Komik Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Abstrak dan Kreativitas Siswa”.

Dalam pengaplikasian suatu metode pembelajaran dibutuhkan media yang mampu menunjang pembelajaran. Menurut Kemp dan Dayton (1985) media pembelajaran memiliki kontribusi sebagai penyampai pesan pembelajaran supaya lebih terarah, pembelajaran memiliki daya tarik lebih, pembelajaran menjadi lebih interaktif, waktu pelaksanaan pembelajaran menjadi lebih efisien, meningkatkan kualitas pembelajaran, serta meningkatkan sikap positif siswa dan guru terhadap pembelajaran. Salah satu media pembelajaran yang dapat dikembangkan adalah Lembar Kerja Siswa (LKS).

LKS biasanya berupa petunjuk, langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu tugas. Suatu tugas yang diperintahkan dalam lembar kegiatan harus jelas kompetensi dasar yang akan dicapainya. LKS juga harus dilengkapi dengan buku lain atau referensi lain yang terkait dengan materi tugasnya (Madjid, 2007). Hal-hal yang dimuat dalam LKS dapat membantu guru dalam memudahkan proses belajar mengajar dan mengarahkan siswanya untuk dapat menemukan konsep-konsep melalui aktivitasnya sendiri dalam kelompok kegiatan (Darmodjo dan Kaligis, 1993). LKS terdiri atas enam komponen yaitu petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, informasi pendukung, latihan-latihan, lembar kegiatan, dan evaluasi.

Berbagai penelitian telah dilakukan guna mengetahui efektifitas LKS yang dikembangkan. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Syaifullah dan Dwiningsih (2016) dalam jurnal yang berjudul “Penerapan Lembar Kerja Siswa Berorientasi *Science, Envirovment, Technology, and Society (SETS)* pada Materi Pokok Koloid kelas XI SMA”. Dalam jurnalnya disebutkan bahwa LKS yang

dikembangkan mampu meningkatkan kepedulian siswa terhadap lingkungan sekitar.

LKS berfungsi sebagai penuntun belajar dimana LKS berisi pertanyaan atau isian yang jawabannya mengharuskan siswa membaca buku atau sumber lainnya. Dengan kata lain LKS berfungsi sebagai penguatan dari proses belajar siswa. Selain itu, LKS berfungsi sebagai petunjuk praktikum atau kegiatan lain yang memerlukan kemampuan psikomotor.

Lembar kerja yang tersedia belum banyak yang memuat kreativitas dan menunjang pendekatan saintifik (berpola 5M yakni mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, membuat produk, mengkomunikasikan) terutama dalam topik larutan elektrolit dan nonelektrolit. Tuntutan dari kurikulum yang tertuang dalam KD 4.8 siswa harus mampu membedakan daya hantar listrik berbagai larutan melalui perancangan dan pelaksanaan percobaan. Oleh karena itu, adanya lembar kerja siswa yang mampu menunjang pembelajaran ini dirasa perlu disusun dan dikembangkan.

Larutan elektrolit dan nonelektrolit merupakan salah satu topik yang dipelajari oleh siswa SMA dikelas X semester genap. Materi larutan elektrolit dan nonelektrolit seringkali dianggap materi yang mudah sehingga biasanya guru hanya memberikan tugas membaca dan latihan. Akan tetapi, materi ini merupakan materi yang potensial untuk mengembangkan kreativitas siswa. Biasanya materi larutan elektrolit dan nonelektrolit hanya dipelajari melalui gambar, penjelasan guru atau praktikum sederhana, akan tetapi pembelajaran yang menuntut pengaplikasian dari konsep larutan elektrolit dalam kehidupan sehari-hari masih jarang dilakukan.

METODE

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah penelitian berbasis desain (*design-based research*). Penelitian ini mengembangkan suatu desain dan prosedur evaluasi dalam menghimpun dan menganalisis data secara runtut untuk menentukan manfaat dari suatu praktik pendidikan (Patton, 2009; Sukmadinata, 2011). Metode penelitian ini merupakan bagian dari pembuatan keputusan, yaitu untuk membandingkan suatu kejadian, kegiatan, atau produk dengan standar yang telah ditetapkan (Riduwan, 2012).

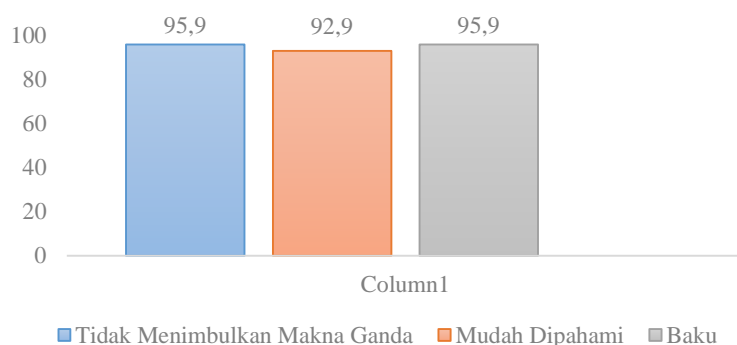
Dalam penelitian ini melibatkan 10 orang siswa dari salah satu SMA di Kota Bandung. Pengembangan LKS berbasis kreativitas melibatkan 5 orang validator dan instrumen berupa lembar penilaian yang mengacu pada Indikator Kreativitas Williams (1968). Instrumen penelitian merupakan suatu alat untuk mengukur fenomena-fenomena yang teramati dalam sebuah penelitian (Sugiyono, 2006). Lembar penilaian berkaitan dengan lingkup maksud atau pokok isi dari subjek penelitian (Cohen, 2007). Data dalam penelitian ini diperoleh dari hasil validasi oleh 3 orang dosen kimia dan 2 orang guru kimia senior, serta 10 orang siswa yang menjadi subyek penelitian. Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian

diolah dan dianalisis serta diinterpretasikan ke dalam berbagai kategori yang dikemukakan oleh Riduwan (2015).

HASIL

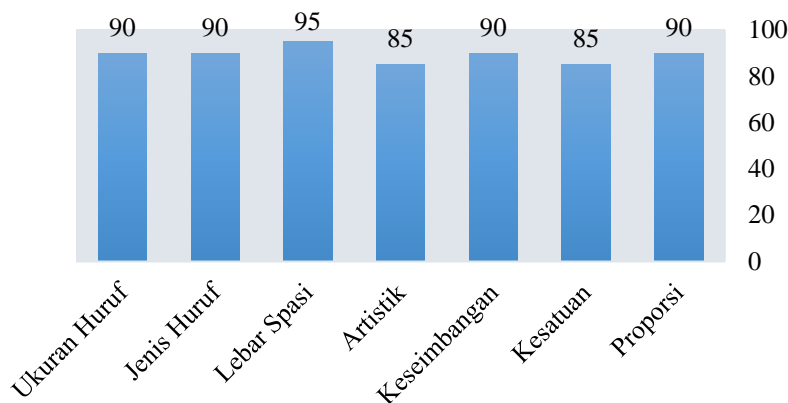
Hasil penilaian tentang kesesuaian komponen LKS berbasis Kreativitas dengan syarat konstruk dan syarat teknis LKS dapat dianalisis dari hasil lembar penilaian konstruk. Lembar penilaian konstruk telah disusun berdasarkan ketentuan syarat konstruk dan teknis menurut Widjajanti (2008) serta komponen kualitas LKS menurut Depdiknas (2008). Lembar penilaian konstruk meliputi tata bahasa dan kejelasan kalimat serta tata letak dan perwajahan yang menjadi aspek pertimbangan pada LKS berbasis kreativitas. LKS yang baik pada hakikatnya harus dapat dimengerti oleh siswa.

Tata bahasa dan kejelasan kalimat menurut Darmodjo & Kaligis (Widjajanti, 2008) termasuk ke dalam syarat konstruk penyusunan LKS. Hal ini menjadi dasar lembar penilaian konstruk yang membaginya menjadi empat aspek penilaian, yaitu tidak menimbulkan makna ganda, mudah dipahami, baku, dan menarik. Hasil lembar validasi konstruk tata bahasa dan kejelasan kalimat terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Penilaian Tata Bahasa dan Kejelasan Kalimat dalam LKS

Hasil penilaian konstruksi LKS lainnya yaitu menilai aspek tata letak dan perwajahan LKS berbasis kreativitas dibagi kembali menjadi tiga bagian yaitu tulisan, gambar, dan penampilan. Penilaian bagian tulisan pada aspek tata letak dan perwajahan LKS terbagi menjadi tiga indikator penilaian yaitu ukuran huruf, jenis huruf, dan lebar spasi. Bagian gambar dan penampilan meliputi artistik, keseimbangan, kesatuan, dan proporsi. Secara keseluruhan perolehan persentase skor hasil penilaian tata letak dan perwajahan terhadap LKS berbasis kreativitas dalam membuat alat pendeteksi banjir sederhana berdasarkan prinsip kerja alat uji daya hantar larutan elektrolit dituangkan pada diagram seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Persentasi Hasil Validasi Tata Letak dan Perwajahan LKS

Secara keseluruhan, hasil validasi konstruk memperoleh skor rata-rata 93,5% dan termasuk ke dalam kategori sangat kuat menurut Riduwan (2015).

Hasil penilaian konten dikaitkan dengan kesesuaian karya kreatif siswa berdasarkan kriteria karya kreatif yang mengacu pada Indikator Kreativitas Wiliams (1968) meliputi 5 aspek, yakni kelancaran (*fluency*), fleksibilitas (*flexibility*), keaslian (*originality*), elaborasi (*elaboration*), dan evaluasi (*evaluation*). Secara lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penilaian Karya Kreatif Siswa

No.	Indikator Kreativitas Wiliams	Skor Siswa (%)	Interpretasi Skor
1.	Kelancaran (<i>fluency</i>)	90	Sangat Kuat
2.	Fleksibilitas (<i>flexibility</i>)	90	Sangat Kuat
3.	Keaslian (<i>originality</i>)	95	Sangat Kuat
4.	Elaborasi (<i>elaboration</i>)	90	Sangat Kuat
5.	Evaluasi (<i>evaluation</i>)	90	Sangat Kuat
Rata-rata Skor (%)		91,00	Sangat Kuat

Hasil karya kreatif siswa berupa alat pendeteksi banjir sederhana dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Hasil karya ini diperoleh dari siswa Kelompok 1 dan Kelompok 2 yang masing-masing berjumlah 5 orang. Hasil karya kreatif siswa Kelompok 1 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Karya Kreatif Siswa Kelompok 1

Berdasarkan Gambar 3, produk yang dihasilkan oleh siswa menggunakan botol bekas, paku sebagai elektroda, dan larutan garam sebagai larutan elektrolit. Adapun hasil karya kreatif siswa Kelompok 2 disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Karya Kreatif Siswa Kelompok 2

Berdasarkan Gambar 4, produk yang dihasilkan oleh siswa menggunakan kaleng bekas sebagai wadah larutan elektrolit, larutan garam sebagai larutan elektrolit, elektroda karbon, dan indikator menggunakan lampu LED .

PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 1, hasil penilaian terhadap tata bahasa dan kejelasan kalimat LKS berbasis kreativitas memperoleh rata-rata skor sebesar 94,9%, menurut Riduwan (2015) skor ini termasuk dalam kategori sangat kuat. Hal tersebut berarti bahwa tata bahasa dan kejelasan kalimat dalam LKS berbasis kreativitas sudah tergolong sangat jelas dan efektif sehingga layak untuk dipergunakan. Meskipun konstruk dalam LKS sudah tergolong sangat kuat, terdapat beberapa saran dari validator terkait komponen-komponen yang divalidasi.

Pada Gambar 2, nampak bahwa perolehan rata-rata skor untuk bagian tulisan sebesar 91,67% yang menurut Riduwan (2015) tergolong dalam kategori sangat kuat. Hal tersebut mengandung makna bahwa penyajian tulisan dalam LKS berbasis kreativitas sudah tergolong sangat baik untuk menunjang dan menarik perhatian siswa. Indikator penilaian untuk aspek ukuran huruf memperoleh skor sebesar 90% dimana menurut Riduwan (2015) termasuk dalam kategori sangat kuat. Hal tersebut berarti bahwa ukuran huruf dalam LKS sudah sangat sesuai sehingga memberikan kenyamanan dalam membaca LKS. Indikator jenis huruf memperoleh skor 90% yang menurut Riduwan (2015) termasuk dalam kategori sangat kuat. Hal tersebut berarti bahwa jenis huruf yang digunakan pada LKS berbasis kreativitas sudah sangat sesuai untuk memberikan kenyamanan dalam membaca LKS.

Indikator lebar spasi memperoleh skor sebesar 95% yang menurut Riduwan (2015) termasuk ke dalam kategori sangat kuat. Hal tersebut mengandung makna bahwa lebar spasi yang digunakan pada LKS berbasis kreativitas sudah sangat sesuai dengan penataan huruf dalam pengaturan penyebaran ruang yang tersedia

dalam LKS. Selanjutnya adalah penilaian bagian gambar pada aspek tata letak dan perwajahan LKS berkaitan dengan nilai artistik komponen LKS. Penilaian ini memperoleh skor sebesar 85%, menurut Riduwan (2015) nilai tersebut tergolong dalam kategori sangat kuat. Hal tersebut mengandung makna bahwa keteraturan dalam pengulangan warna, bentuk, garis, dan huruf sudah sangat sesuai dalam LKS berbasis kreativitas. Berdasarkan Gambar 2, perolehan skor untuk bagian penampilan memperoleh skor 88,33% yang menurut Riduwan (2015) tergolong dalam kategori sangat kuat. Hal tersebut mengandung makna bahwa penampilan LKS yang dibuat sudah sangat baik. Indikator penilaian untuk aspek keseimbangan memperoleh persentase skor sebesar 90%, yang menurut Riduwan (2015) tergolong dalam kategori sangat kuat, artinya terdapat keseimbangan yang sangat baik dari bidang kertas yang tersedia dengan isi LKS.

Indikator kesatuan memperoleh skor sebesar 85% yang menurut Riduwan (2015) tergolong ke dalam kategori sangat kuat, artinya komponen dalam LKS memiliki kesatuan hubungan antar satu unsur dengan unsur lain yang sangat sesuai sehingga membentuk hubungan yang utuh dan lebih bermakna. Indikator penilaian proporsi memperoleh skor sebesar 90% yang menurut Riduwan (2015) termasuk ke dalam kategori sangat kuat. Hal ini berarti bahwa perbandingan antara format dengan ukuran dalam LKS sudah sangat baik

Rubrik jawaban siswa disusun berdasarkan indikator kreativitas Williams (1968), syarat konstruk dan teknis LKS, serta materi larutan elektrolit. Rubrik ini memaparkan berbagai kategori jawaban siswa pada LKS, yang setiap kategorinya memuat skor sebagai interpretasi bobot perilaku kreatif yang dilakukan siswa. Tujuannya adalah untuk mengetahui kesesuaian LKS berbasis kreativitas terhadap penggunaannya pada siswa. Rubrik penilaian yang dipakai dalam uji coba terbatas divalidasi terlebih dahulu kesesuaiannya oleh pakar. Hasil penilaian karya kreatif siswa, seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 memiliki rata-rata 91,00%. menurut Riduwan (2015) nilai tersebut tergolong kategori sangat kuat, hal ini menunjukkan bahwa hasil karya siswa telah memenuhi kriteria karya kreatif dengan sangat baik.

Pada Gambar 3 dan Gambar 4, diperoleh fakta bahwa LKS berbasis kreativitas telah berhasil memfasilitasi siswa dalam membuat hasil karya kreatif. Pada kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa siswa telah terbukti menggunakan bahan-bahan yang mudah didapat dan murah seperti penggunaan botol bekas, paku sebagai elektroda, dan larutan garam sebagai larutan elektrolit (dapat dilihat pada Gambar 3). Selain itu, siswa menggunakan kaleng bekas sebagai wadah larutan elektrolit, larutan garam sebagai larutan elektrolit, elektroda karbon, dan indikator menggunakan lampu LED (dapat dilihat dalam Gambar 4). Kedua kelompok siswa tersebut telah melampaui serangkaian langkah yang difasilitasi melalui LKS berbasis kreativitas yang telah dikembangkan dalam penelitian ini.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa LKS berbasis kreativitas yang telah dikembangkan telah memenuhi kriteria penilaian konstruksi dan konten dengan kategori sangat baik. Selain itu, karya siswa ini telah memenuhi kriteria kreatif yang mengacu pada indikator kreativitas Williams (1968) dengan kategori sangat baik. Disarankan bahwa pembuatan karya kreatif siswa perlu dikembangkan pada topik-topik kimia lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Birgili, B. 2015. Creative and Critical Thinking Skill in Problem-based Learning Environments. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 2(2): 71-80.
- Cohen, L. 2007. *Research Method In Education. Sixth Edition*. Canada: Routledge Taylor and Francis Group.
- Darmodjo, H. & Kaligis, J. 1993. Pendidikan IPA II. Jakarta: Dirjen Dikti.
- Das, S., Dewhurst, Y., & Gray, D. 2011. A Teacher's Repertoire: Developing Creative Pedagogies. *International Journal of Education & the Arts*, 12(15): 1-40.
- Depdiknas. 2005. Pedoman Penyusunan LKS SMA. Jakarta: Depdiknas.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Depdiknas.
- Hernawanti, K. 2013. *Belajar IPA Menurut Kurikulum 2013*. Jurnal Program Pasca sarjana, Universitas Negeri Semarang.
- Juliantine, T. 2009. Pengembangan Kreativitas Melalui Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri dalam Pendidikan Jasmani. *The International Conference of Physical Education and Sport*. Bandung-FPOK-UPI.
- Kemp, J.E. & Dayton, D.K. 1985. *Planning and Producing Instructional Media*. Cambridge: Harper & Row Publishers.
- Madjid, A. 2007. *Perencanaan Pembelajaran (Mengembangkan Standar Kompetensi Guru)*. Bandung: PT. Remaja Rodakarya.
- Murtiningrum, T., Ashadi, & Mulyani, S. 2013. Pembelajaran Kimia dengan *Problem Solving* Menggunakan Media *E-Learning* dan Komik Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Abstrak dan Kreativitas Siswa. *Jurnal Inkuiri*. 2(3): 288-301.
- Patton, M.Q. 2012. *Metode Evaluasi Kualitatif*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Riduwan. 2012. *Belajar Mudah Penelitian untuk Guru-Karyawan dan Peneliti Pemula*. Bandung: Alfabeta.

- Sugiyono. 2006. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmadinata, S. 2007. *metode penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya
- Syaifullah, I. & Dwiningsih, K. 2016. Penerapan Lembar Kerja Siswa Berorientasi *Science, Environment, Technology, and Society (SETS)* pada Materi Pokok Koloid kelas XI SMA. *Unesa Journal of Chemical Education*. 5 , 684-688.
- Widjajanti, E. 2008. Kualitas Lembar Kerja Siswa, *Makalah Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UNY.
- Williams, F.E. 1968. *Workshop on The Use and Adaptation of New Media for Developing Creativity*. U.S: Department of Health, Education and Welfare Office of Education.

Atik joedanarni_Pembelajaran Kimia

Penerapan Kotak Asam Basa untuk Meningkatkan Karakter dan Prestasi Belajar Kimia Siswa SMP

Atik Joedanarni
SMP Negeri 4 Kediri
Jalan Sersan Suharmaji Gg.IX/52, Kediri
e-mail: atikjoedanarni@ymail.com

Abstrak: Kotak asam basa merupakan perpaduan model pembelajaran *Discovery Learning* dengan permainan mengambil kertas/benda tentang materi pelajaran yang ada di dalam kotak. Kotak asam basa memberi kesempatan kepada guru untuk meningkatkan karakter nasionalis, gotong royong, dan mandiri siswa dalam mempelajari materi asam basa. Kotak asam basa memberi kesempatan siswa untuk mendeskripsikan kata yang tepat berdasarkan konsep-konsep asam basa sehingga akan meningkatkan prestasi belajarnya. Penelitian ini bertujuan meningkatkan karakter dan prestasi belajar siswa kelas VII-K SMPN 4 Kediri dengan penerapan kotak asam basa. Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas, yang terdiri dari dua siklus. Data penguatan karakter diperoleh dari angket, dan peningkatan prestasi belajar siswa diperoleh dari nilai tes diakhir siklus kedua. Siswa berhasil jika skor nilai minimal 80 dan secara klasikal 85% siswa mencapai nilai minimal 80. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan kotak ajaib dapat meningkatkan karakter yakni dari 61,76% pada siklus I menjadi 91,12% pada siklus II, dan meningkatkan prestasi belajar siswa (persentase ketuntasan dari 64,71% pada siklus I dan menjadi 88,24% pada siklus II).

Kata kunci: kotak asam basa, karakter, prestasi belajar

Abstract: The acid base box was a blend of *Discovery Learning* model with a game of taking papers/items about the subject matter in the box. The acid base box provided an opportunity for teachers to improve the nationalist, share work, and stand alone characters of students in studying on the topic of acid base. The acid base box provided students the opportunity to describe the right words based on acid base concepts that will improve their learning achievement. This study aims to improve the character and achievement of students of grade VII-K SMPN 4 Kediri with the application of the acid base box. This study was a classroom action research, which consists of two cycles. Strengthening of character data obtained from questionnaire, and improvement of student achievement obtained from test value at the end of second cycle. Students succeed if the score at least 80 and 85% classically students achieve a minimum score of 80. The results showed that the magic box application could increase the character from 61,76% in cycle I to 91,12% in cycle II, and improved student's learning achievement (percentage of mastery from 64,71% in cycle I and become 88,24% in cycle II).

Keywords: acid base box, character, learning achievement

Maraknya penggunaan HP serta kemajuan teknologi yang lain merupakan pisau yang bermata dua yakni jika teknologi dimanfaatkan dengan baik maka sangat membantu dalam perkembangan siswa dalam dunia pendidikan. Tetapi disisi lain banyak akibat negatif yang ditimbulkan seperti rokok dan minuman beralkohol yang hanya karena terpengaruh teman alias gengsi di usia dini, maraknya tawuran dengan masalah yang tidak jelas, pelecehan seksual yang terjadi dimana-mana dengan usia masih di bangku pendidikan dasar, seks bebas yang mulai meraja dimana-mana, keterlibatan anak-anak dalam narkoba, serta masih banyak lagi perbuatan-perbuatan yang tidak sepatasnya dilakukan anak-anak di bawah umur akibat melihat tayangan yang tidak sepatasnya. Hal tersebut menunjukkan karakter bangsa yang sudah luntur dan terpengaruh dengan kebebasan. Ketidakwaajaran perilaku tersebut dapat dicegah melalui dunia Pendidikan.

Kurikulum 2013 hadir sesuai dengan kebutuhan bangsa yakni usaha pemerintah untuk mengembalikan karakter bangsa yang mulai luntur dan tidak sesuai dengan Pancasila. Pemerintah telah berusaha untuk memfasilitasi agar pendidikan dapat berperan aktif dalam meningkatkan karakter bangsa yang otomatis akan diikuti oleh peningkatan prestasi dengan meluncurkan Permendikbud no 69 tahun 2013 tentang kurikulum 2013 yang bertujuan untuk mempersiapkan manusia Indonesia agar memiliki kemampuan hidup sebagai pribadi dan warga negara yang beriman, produktif, kreatif, inovatif, dan afektif serta mampu berkontribusi pada kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan peradaban dunia. Dengan demikian menjadi tanggung jawab setiap guru untuk mengimplementasikan kurikulum 2013 sehingga terwujud cita-cita bangsa. Apabila segenap insan pendidikan mengimplementasikan kurikulum 2013 tentu sejak dini karakter bangsa akan tertanam pada diri siswa sehingga tidak sampai terjadi perilaku yang tidak wajar.

Siswa kelas VII sangat memerlukan pembentukan karakter yang intensif. Hal ini disebabkan siswa masih terbawa ketika dibangku SD yakni terlalu manja, minta diperhatikan, egois, semaunya sendiri, belum mandiri dan belum bisa bekerjasama dengan temannya. Guru SD cenderung memanjakan siswa karena yang penting siswa mau bersekolah hingga lulus karena wajib sekolah dasar. Salah satu kelas VII adalah kelas VII-K. Siswa umumnya berasal dari keluarga yang mampu, akibatnya siswa cenderung manja, sangat individualis dan mau menang sendiri. Kelas ini merupakan kelas unggulan di SMP Negeri 4 Kediri, secara akademis siswa pandai dari hasil tes awal, tetapi dalam proses pembelajaran sangat pasif, kurang percaya diri untuk mengungkapkan pendapatnya, terlebih Kimia adalah mata pelajaran yang baru bagi siswa, di SD siswa belum pernah mengenalnya. Keadaan demikian tentu saja mengganggu jalannya KBM dan mereka memiliki sikap yang tidak tidak merespon dalam proses belajar. Salah satu tugas guru adalah mengetahui kesulitan siswa dan merupakan hak siswa untuk mendapatkan pembelajaran dengan baik (TIM JICA, 2008:30). Guru berkewajiban

untuk mendeteksi lebih awal kesulitan siswa dan berusaha untuk segera mendapat pemecahan.

Pengalaman tahun pertama mengajar di kelas VII berkewajiban membenahi sikap mereka sesuai kurikulum 2013. Ini merupakan proses yang panjang dan harus segera ditangani. Penanganan yang cepat harus dilakukan mengingat siswa harus bisa segera menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru. Tidak pantas jika siswa SMP Negeri 4 Kediri yang memiliki penghargaan yang banyak tetapi ternyata siswanya tidak seperti yang diharapkan. Demikian juga prestasi belajar siswa masih memprihatinkan yakni hanya 52,94% siswa yang mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) secara ideal seharusnya 85% atau hanya 18 dari 34 siswa di atas KKM. "Guru yang cerdas adalah dia yang semakin mampu menciptakan PAKEM" (Mangunwijaya, 2007:74). Hal ini berarti bahwa guru harus menciptakan suasana pembelajaran yang bermakna, menyenangkan, kreatif, dinamis, dan interaktif/dialogis sehingga siswa aktif.

Keprihatinan ini mendorong guru untuk mencari cara agar keaktifan dan kemampuan siswa bisa maksimal. Pada penelitian ini guru ingin mengembangkan pembelajaran kotak asam basa yakni perpaduan model pembelajaran *Discovery Learning* dengan permainan mengambil kertas/benda tentang materi pelajaran yang ada di dalam kotak. Kotak asam basa memberi kesempatan kepada guru untuk meningkatkan karakter nasionalis, gotong royong, dan mandiri siswa dalam mempelajari materi asam basa. Kotak asam basa memberi kesempatan siswa untuk mendeskripsikan kata yang tepat berdasarkan konsep-konsep asam basa sehingga akan meningkatkan prestasinya, guru benar-benar memberikan keleluasaan pada siswa untuk kreatif dan inovatif dengan berpikir ilmiah.

Guru melihat keefektifan kotak asam basa dalam menggali ilmu siswa secara mandiri dan seluas-luasnya melalui buku-buku atau internet yang dilanjutkan dengan leluasa mengujinya melalui eksperimen untuk membuktikan golongan asam atau golongan basa dan mampu mengaktifkan siswa sehingga tidak rebutan sendiri atau membuat ulah di Kegiatan Belajar Mengajar (KBM). Melalui kegiatan tersebut siswa berusaha untuk memecahkan masalah dengan rasa ingin tahu yang besar karena diberi kesempatan bereksperimen. Siswa aktif dan berkonsentrasi dalam pembelajaran sehingga dapat meningkatkan prestasi belajar

Satu hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan metode mengajar ialah harus selalu bervariasi tidak monoton sehingga pembelajaran di kelas menjadi efektif, sukses serta memuaskan bagi siswa maupun bagi guru itu sendiri. Mengajar bukan sekedar memindahkan pengetahuan dari otak guru ke otak siswa tetapi mengajar adalah memimpin, membimbing, dan mengarahkan siswa untuk mendapatkan kebenaran (pengetahuan) sekaligus terbentuk sikap dan kebiasaan belajar dan bekerja yang baik untuk dapat belajar secara berdiri sendiri tanpa bantuan. Jadi mengajar adalah pembentukan (*forming*) sesuai dengan kodrat dan lingkungan siswa.

Menerapkan kotak asam basa menunjukkan bahwa guru memberi kesempatan kepada siswa untuk menggali ilmu melalui internet, majalah/surat kabar dan dapat melalui buku-buku referensi, selanjutnya secara berkelompok saling berdiskusi terhadap temuannya sehingga wawasan siswa bertambah karena diberi kesempatan untuk saling melengkapi apa yang ditemukan. Disini peran guru memfasilitasi siswa untuk berkembang bersama.

Selama proses penerapan kotak asam basa sedapat mungkin guru kritis sehingga tidak terjadi banyak kesalahan dan mengingatkan siswa cara menyampaikan pendapat jika tidak sesuai dengan kehendak siswa yakni selalu mengacungkan tangan dan belajar berbicara lambat dan lembut sehingga kesannya sopan. Siswa tidak perlu berdebat melainkan jika tidak ada titik temu dapat mencatatnya untuk dibawa ke diskusi secara umum.

Kelebihan energi yang dimiliki siswa pada saat KBM dapat dipilih strategi kotak asam basa yang sesuai dengan Kurikulum 2013. Strategi yang digunakan bervariasi sesuai konten materi untuk mengaktifkan siswa sehingga siswa memiliki keingintahuan yang tinggi terhadap materi yang disampaikan. Penerapan strategi dari Kurikulum 2013 sangat tepat sehingga akan menghasilkan generasi yang kreatif dan inovatif untuk mempersiapkan generasi emas 2045.

Kemauan yang keras dan daya saing yang tinggi sangat diperlukan untuk mempersiapkan generasi emas 2045. Untuk itu siswa diarahkan dengan proses pembelajaran kotak asam basa yang menuntut siswa bekerjasama, gotong royong dan toleransi dengan penerapan strategi seperti diatas dan jelas dimasukkan ke dalam penilaian. Penilaian yang mewajibkan mereka bekerjasama akan menumbuhkan kebiasaan yang akhirnya akan menjadi kepribadian siswa.

Sikap jujur yang mereka miliki terus dipupuk sehingga menghasilkan generasi yang nantinya siswa jujur dalam bekerja, tidak akan melakukan korupsi, dan kolusi yang merugikan banyak pihak. Ketersinggungan siswa dalam berdiskusi dapat diatasi dengan memberikan logika untuk bisa menghargai orang lain saat dilihat dan tidak perlu tersinggung.

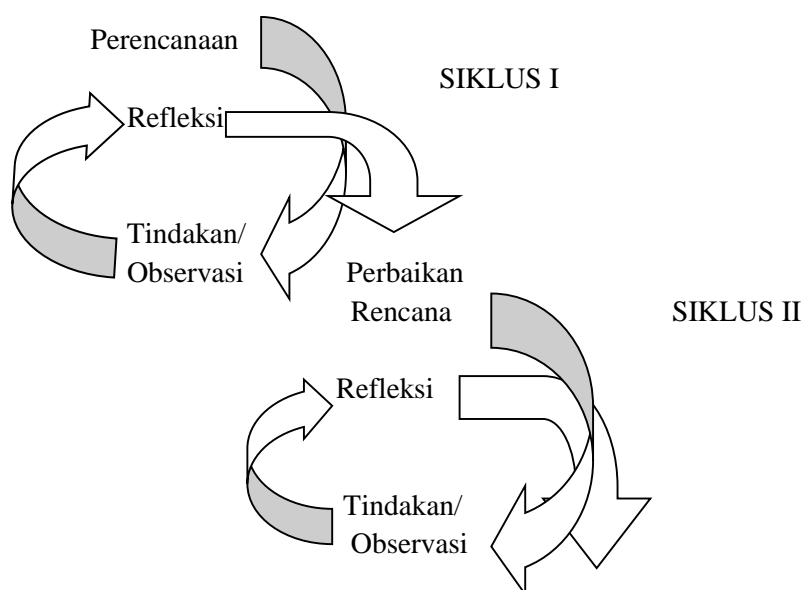
Discovery learning adalah sebuah proses interaktif yang secara aktif melibatkan siswa melalui pembelajaran yang bermakna (Hauser, 2007:2). Langkah-langkah pembelajaran yakni: (1)menciptakan situasi (stimulasi), (2)pembahasan tugas dan identifikasi masalah, (3)observasi, (4)pengumpulan data, (5)pengolahan data dan analisis, (6)verifikasi, dan (7)generalisasi. Keunggulan pembelajaran *Discovery learning* menurut Kuhlthau (2007: 25) antara lain: (1)siswa secara aktif dilibatkan dalam penyelidikan, (2)siswa membangun konsep dari apa yang telah mereka ketahui, (3)siswa mengembangkan berpikir tingkat tinggi dengan bimbingan guru dalam proses pembelajaran, (4)siswa mempunyai variasi model pembelajaran, (5)siswa dapat berinteraksi sosial dengan siswa lain, (6)siswa dapat belajar melalui instruksi serta pengalaman nyata untuk mengembangkan kemampuan kognitifnya.

Penelitian ini bertujuan meningkatkan pembentukan karakter dan prestasi belajar siswa kelas VII-K SMPN 4 Kediri tahun pelajaran 2015/2016 dalam mempelajari asam basa.

METODE

Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif sebab menggambarkan suatu teknik pembelajaran yang diterapkan di kelas, menjelaskan dan mendeskripsikan kegiatan dalam KBM yang berlangsung dan selanjutnya menjelaskan hasil yang dapat dicapai dengan menggunakan hitungan.

Penelitian ini termasuk penelitian tindakan kelas (*Class Action Research*). PTK dilakukan untuk memecahkan masalah pembelajaran di kelas agar terjadi peningkatan sesuai dengan harapan dalam hal ini terjadi peningkatan penguatan karakter dan prestasi siswa. PTK terdiri dari 2 siklus. Setiap siklus terdiri dari 2 kali pertemuan. Masing-masing siklus terdiri dari: (1) perencanaan awal, sebelum mengadakan penelitian peneliti menyusun rumusan masalah, tujuan dan membuat rencana tindakan, termasuk di dalamnya instrumen penelitian dan perangkat pembelajaran; (2) tindakan dan observasi, meliputi tindakan yang dilakukan oleh peneliti sebagai upaya membangun pemahaman konsep siswa serta mengamati hasil atau dampak dari diterapkannya penerapan pembelajaran kotak asam basa; (3) refleksi, peneliti mengkaji, melihat dan mem-pertimbangkan hasil atau dampak dari tindakan yang dilakukan berdasarkan lembar pengamatan yang diisi oleh pengamat; (4) perbaikan rencana, berdasarkan hasil refleksi dari pengamat, guru membuat rancangan yang direvisi untuk dilaksanakan pada siklus berikutnya. Siklus spiral dari tahap-tahap penelitian tindakan kelas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Desain Penelitian Tindakan Kelas

Subyek penelitian ini menggunakan kelas VII-K SMPN 4 Kediri dengan jumlah siswa 34. Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari silabus, RPP, lembar penilaian hasil kerja siswa, lembar observasi kegiatan belajar mengajar, dan tes tulis jenis pilihan ganda. Indikator keberhasilan penelitian adalah terpenuhinya kriteria ketuntasan minimal (KKM) sebesar 80 oleh paling tidak 85% siswa.

Ketuntasan belajar individual dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Ketuntasan Belajar Individual} = \frac{\text{Jml. Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Ketuntasan belajar klasikal dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Ketuntasan Belajar Klasikal} = \frac{\text{Jml. Siswa yang mencapai KKM}}{\text{Jumlah seluruh siswa sekelas}} \times 100\%$$

HASIL

Siklus I

a. Tahap Perencanaan Tindakan I

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di kelas VII-K SMP Negeri 4 Kediri, maka tindakan yang direncanakan pada siklus I adalah pembelajaran kotak asam basa pada materi klasifikasi asam basa. Dalam penelitian ini dipersiapkan daftar kelompok belajar siswa, rencana pelaksanaan pembelajaran, lembar kerja siswa, kisi-kisi soal, naskah soal, kunci jawaban soal dan skor nilai, lembar daftar nilai, lembar observasi aktivitas siswa selama proses pembelajaran, lembar observasi pengamatan karakter siswa selama proses pembelajaran, lembar daftar hadir siswa, sumber belajar yang berupa buku-buku yang relevan, Internet dan media pembelajaran berupa alat-alat percobaan, ICT.

b. Tahap Pelaksanaan dan Observasi I

Pelaksanaan kegiatan belajar mengajar untuk siklus 1 dilaksanakan pada tanggal 7 September 2015 dan 12 September 2015 di kelas VII-K dengan jumlah siswa 34. Dalam hal ini peneliti bertindak sebagai guru model. Adapun proses belajar mengajar mengacu pada rencana pelajaran yang telah dipersiapkan.

Siswa diberi kesempatan berkelompok untuk menerapkan kotak asam basa yakni pada awal pertemuan guru menjelaskan kepada siswa untuk berkelompok kemudian mengambil satu benda dari kotak yang ada di meja guru secara bergantian selanjutnya setiap siswa wajib untuk mencari dari referensi benda yang didapat tergolong asam atau basa, untuk memastikan siswa diberi kesempatan untuk bereksperimen menggunakan kertas lakmus dan pH meter untuk memastikan. Setelah menerima penjelasan, guru membentuk kelompok, memberi kesempatan setiap kelompok untuk maju ke meja guru mengambil benda dalam kotak yang tertutup sehingga siswa hanya bisa meraba dan mengambilnya. Tiap siswa berkewajiban menyelesaikan sendiri tugasnya tetapi tetap dibentuk kelompok

dengan tujuan bisa mendiskusikan dengan temannya jika mengalami kesulitan. Tiap siswa diberi kesempatan untuk mencari melalui referensi dan kemudian mengujinya dengan kertas lakmus dan pH meter yang tersedia, tiap kelompok membuat tabel sesuai kreatifitas siswa. Selanjutnya tiap kelompok diberi kesempatan mempresentasikan hasil penemuannya dengan menampilkan hasil dari tiap siswa.

Pada akhir pelaksanaan pembelajaran, siswa diberi tes tulis dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan siswa dalam proses belajar yang telah dilakukan. Pengamatan (observasi) dilaksanakan bersamaan dengan pelaksanaan belajar mengajar. Observer adalah kolega guru. Adapun data hasil penelitian pada siklus I disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penilaian karakter diambil dari keaktifan siswa Siklus I

No	Penilaian Karakter	>KKM	%
1	Nasionalis(Tidak membedakan teman)	24	70,59
2	Gotong Royong	21	61,76
3	Mandiri	19	55,88
	Rata-rata	21	61,76

Tabel 1 menunjukkan bahwa penguatan karakter siswa baru mencapai 61,76% atau 21 dari 34 siswa. Hal ini menunjukkan secara klasikal penguatan karakter masih rendah dan belum mencapai 85%. Hasil tes menunjukkan bahwa dari 34 siswa yang mencapai KKM baru 22 siswa atau baru 64,71%. Dengan demikian secara klasikal ketuntasan belajar belum tercapai.

c. Tahap Refleksi I

Hasil refleksi siklus I berdasarkan pengamatan kinerja siswa diketahui terdapat kelebihan dan kelemahan. Kelebihan tersebut ialah: (1)anak-anak antusias untuk memahami materi pelajaran karena merupakan materi baru yang belum pernah didapatkan di SD, (2)anak dapat leluasa untuk berpendapat dan menguji benda yang diterimanya, (3)guru lebih mudah dalam menyampaikan materi karena siswa telah memiliki referensi dari hasil browsing baik melalui buku maupun internet, dan (4)kegiatan belajar mengajar sesuai dengan RPP. Adapun kelemahan dan rencana perbaikan tindakan pada siklus I dipaparkan pada Tabel 2.

Dalam pelaksanaan siklus I dapat diketahui hasil rekapitulasi yang didasarkan pada hasil pengamatan dari tiap individu dan hasil tes tiap individu, yang dipaparkan pada Tabel 3.

Untuk siswa yang belum mencapai KKM pada materi asam basa, maka diadakan remidi diluar jam pembelajaran.

Tabel 2. Kelemahan dan rencana Perbaikan Tindakan

No	Kelemahan Siklus I	Rencana Tindakan Siklus II
1.	Anggota kelompok berdasarkan nomor absen	Anggota kelompok tidak berdasarkan nomor absen/acak tetapi dari hasil tes
2.	Siswa yang pandai tidak dibagi secara merata di setiap kelompok	Siswa yang pandai dibagi secara merata di setiap kelompok
3.	Siswa lebih senang bekerja sendiri sehingga wawasan kurang	Mengarahkan siswa untuk saling berdiskusi agar bisa melengkapi pengetahuannya
4.	Masih ada siswa yang kurang memperhatikan	Memberikan perhatian khusus bagi siswa yang bersangkutan
5.	Identitas anggota kelompok kurang jelas	Membuat identitas setiap siswa lebih jelas
6.	Kesimpulan materi kurang lengkap	Melengkapi kesimpulan materi
7.	Waktu yang tersedia untuk presentasi kurang karena tidak ada batasan waktu	Memberi batasan setiap anak untuk presentasi
8.	Reward bagi kelompok yang menyelesaikan lebih awal masih kurang	Memberikan reward pada kelompok yang menyelesaikan lebih awal

Tabel 3. Rekapitulasi Siklus I

Pengamatan	Hasil Test
Setelah dilakukan pengamatan pada tiap siswa berdasarkan kerjasama dikelom-poknya diketahui bahwa sebagian besar siswa masih dibawah rata-rata atau cukup, bahkan ada sebagian siswa yang kurang dalam hal kerjasama dengan teman dan kurang bisa menyampaikan pendapatnya	Dari hasil test yang dilakukan pada tiap siswa dapat diketahui bahwa siswa yang mencapai KKM untuk penguatan karakter adalah 61,76% dan unuk prestasi siswa adalah 64,71% atau dibawah KKM. Sehingga secara klasikal belum mencapai ketuntasan.

Siklus II

a. Tahap Perencanaan Tindakan II

Berdasarkan refleksi hasil siklus I maka tindakan yang direncanakan pada siklus II adalah kotak asam basa pada materi unsur, senyawa dan campuran. Dalam penelitian ini dipersiapkan daftar kelompok belajar siswa tetap agar lebih bisa bekerjasama dan kondisi sama, rencana pelaksanaan pembelajaran yang telah direvisi, LKS, Kisi-kisi soal, naskah soal, kunci jawaban soal dan skor nilai, lembar daftar nilai, lembar observasi aktivitas siswa selama proses pembelajaran, lembar observasi pengamatan karakter siswa selama proses pembelajaran, lembar daftar hadir siswa, sumber belajar yang berupa buku-buku yang relevan, internet dan media pembelajaran berupa alat-alat percobaan, ICT.

b. Tahap Pelaksanaan dan Observasi II

Pelaksanaan kegiatan belajar mengajar untuk siklus II dilaksanakan pada tanggal 19 September 2015 dan 21 September 2015 di kelas VII-K dengan jumlah siswa 34. Dalam hal ini peneliti bertindak sebagai guru model. Adapun proses belajar mengajar mengacu pada rencana pelajaran yang telah dipersiapkan.

Siswa diberi kesempatan berkelompok untuk menerapkan kotak asam basa yakni Pada awal pertemuan guru menjelaskan kepada siswa untuk berkelompok kemudian mengambil satu benda dari kotak yang ada di meja guru secara bergantian selanjutnya setiap siswa wajib untuk mencari dari referensi benda yang didapat tergolong asam atau basa, untuk memastikan siswa diberi kesempatan untuk

bereksperimen menggunakan indikator alami. Setelah menerima penjelasan, guru membentuk kelompok, memberi kesempatan setiap kelompok untuk maju ke meja guru mengambil benda dalam kotak yang tertutup sehingga siswa hanya bisa meraba dan mengambilnya. Setiap siswa berkewajiban menyelesaikan sendiri tugasnya tetapi tetap dibentuk kelompok dengan tujuan bisa mendiskusikan dengan temannya jika mengalami kesulitan. Setiap siswa diberi kesempatan untuk mencari melalui referensi dan kemudian mengujinya dengan indikator alami, tiap kelompok membuat tabel sesuai kreatifitas siswa. Selanjutnya tiap kelompok diberi kesempatan mempresentasikan hasil penemuannya dengan menampilkan hasil dari tiap siswa.

Pada akhir pelaksanaan pembelajaran, siswa diberi tes tulis dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan siswa dalam proses belajar yang telah dilakukan. Pengamatan (observasi) dilaksanakan bersamaan dengan pelaksanaan belajar mengajar. Observer adalah kolega guru. Adapun data hasil penelitian pada siklus II disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penilaian Karakter Diambil dari Keaktifan Siswa Siklus II

No	Penilaian Karakter	>KKM	%
1	Nasionalis(Tidak membedakan teman)	33	97,06
2	Gotong Royong	32	94,12
3	Mandiri	28	82,35
	Rata-rata	31	91,12

Tabel 4 menunjukkan bahwa penguatan karakter siswa telah mencapai 91,12% atau 31 dari 34. Hal ini menunjukkan secara klasikal penguatan karakter telah berhasil diatas 85%.

Hasil Tes menunjukkan bahwa dari 34 siswayang mencapai KKM 30 siswa atau 88,23%. Dengan demikian secara klasikal ketuntasan belajar telah tercapai.

c. Tahap Refleksi II

Pada siklus II masih terdapat tindakan yang kurang mendukung yaitu siswa kurang bisa memperluas pengetahuannya dengan menggunakan sumber-sumber yang lain sehingga meskipun telah mencapai KKM secara klasikal tetapi masih kurang merata. Karena sudah mencapai KKM secara klasikal maka penelitian dianggap sudah selesai tidak perlu siklus lanjutan.

PEMBAHASAN

Hasil pengamatan oleh observer menunjukkan bahwa implementasi karakter bangsa yakni nasionalis (tidak membedakan teman), gotong royong dan mandiri meningkat, hal ini terjadi karena pembelajaran telah terencana dengan segala instrumen pembelajaran dan penelitian sehingga guru lebih terarah dalam pembelajaran. Sesuai dengan Rusyan, Kusdinar, & Arifin (1989:85) menyatakan untuk memperbaiki kualitas pembelajaran perlu diawali dengan perencanaan pembelajaran yang diwujudkan dengan adanya desain pembelajaran. Pembelajaran

berpusat pada siswa bukan pada guru sehingga dalam pembelajaran siswa memperoleh konsep dan fakta melalui proses, juga sesuai dengan Nurhadi dkk. (2004:73) yang menyatakan bahwa siswa belajar lebih banyak lagi ketimbang hanya konsep dan fakta, mereka mempelajari berbagai proses yang terlibat dalam pemantapan konsep dan fakta. Antusias guru meningkat karena guru selalu mengalami suasana baru sesuai dengan Nurhadi dkk. (2004:73) menyatakan guru dituntut menyesuaikan diri terhadap gaya belajar siswa-siswanya. Antusias siswa juga meningkat karena siswa dalam belajar membangun pengetahuannya sendiri, siswa merasa menemukan sendiri sehingga siswa merasa senang. Hal ini sesuai Susanto (2002:6) menyatakan bahwa siswa belajar sains melalui keaktifan untuk membangun pengetahuannya sendiri, membandingkan informasi baru dengan pemahaman yang telah dimiliki, dan menggunakan semua pengetahuan atau pengalaman itu untuk bekerja melalui perbedaan-perbedaan yang ada pada pengetahuan baru dan lama untuk mencapai pemahaman baru.

Penggunaan media telah menumbuhkan ketertarikan siswa terhadap pelajaran kimia sehingga siswa mendengarkan/memperhatikan penjelasan guru agar dapat melaksanakan proses pembelajaran dengan benar, siswa juga antusias untuk membaca buku sebagai referensi dalam pembelajaran, sehingga tercipta suasana kelas yang aktif dan menyenangkan. Pada pembelajaran dengan kotak asam basa, saat mengambil dalam kotak merupakan tahap yang disukai siswa karena mereka belajar sambil pengamatan langsung dan memudahkan siswa memahami konsep. Siswa cenderung memasukkan dalam *long term memory* sehingga mereka tidak akan mudah lupa pada apa yang sudah pernah dilihat dan dialami. Ketika mengamati benda dari kotak tampak kerjasama antarsiswa atau antara siswa dengan guru, hal ini sesuai dengan Silberman (2006:13) menyatakan bahwa pembentukan tim membantu siswa menjadi lebih mengenal satu dengan yang lain atau menciptakan semangat kerjasama dan saling ketergantungan. Menurut Ibrahim (2005:5) bahwa belajar kooperatif dapat mengembangkan tingkah laku kooperatif dan hubungan yang lebih baik antar siswa dan dapat mengembangkan kemampuan akademis siswa. Siswa belajar lebih banyak dari teman-teman mereka dalam belajar kooperatif daripada guru. Pelaksanaan pembelajaran dengan kotak asam basa telah menjadikan pembelajaran bermakna. Pembelajaran menjadi bermakna karena guru selalu mengkaitkan materi pelajaran dengan dunia nyata siswa, baik pada kegiatan pendahuluan, inti dan penutup. Proses pembelajaran telah mampu mengaktifkan siswa sehingga pembelajaran tidak lagi bersifat *teacher centered* tapi telah bernuansa *student centered*. Sesuai dengan pendapat Johnson (1991) dalam Nurhadi dkk. (2004:63) bahwa pembelajaran yang baik adalah pembelajaran yang melibatkan peserta didik dapat merasakan makna dari pelajaran yang mereka pelajari, pelajaran akan mudah dipahami oleh peserta didik jika mereka dapat makna dari materi pelajaran tersebut. Pembelajaran dengan kotak asam basa membantu dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran sehingga siswa terlibat secara aktif dan menemukan makna dari materi yang mereka pelajari. Didukung oleh pendapat Nurhadi dkk. (2004:7) bahwa pengetahuan yang bermakna diperoleh dari proses. Pengetahuan yang dimiliki siswa diperluas melalui konteks pembelajaran, yang kemudian diperluas sedikit demi sedikit dengan membuat

hubungan antara pengetahuan yang dimiliki sebelumnya dengan pengetahuan yang baru. Siswa juga dituntut untuk menyajikan hasil pembelajaran, mengajukan atau menanggapi pertanyaan/ide, sehingga bukan guru yang ceramah melainkan siswa yang terlibat langsung dalam pembelajaran.

Berdasarkan hasil tes dari siklus I, terdapat peningkatan hasil belajar yang lebih baik dari sebelumnya. Dari hasil perhitungan yang telah dianalisis, dapat dilihat bahwa nilai yang mencapai KKM yang ditinjau dari ranah kognitif setelah diterapkannya pembelajaran dengan kotak asam basa lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil tes sebelum diterapkannya pembelajaran dengan kotak asam basa tersebut. Dari paparan data pada siklus I dan II menunjukkan bahwa pembelajaran dengan kotak asam basa dapat meningkatkan prestasi belajar siswa. Hal ini disebabkan siswa dapat lebih mudah mengingat dan memahami materi yang disajikan lewat pembelajaran dengan kotak asam basa. Pengalaman siswa mengambil benda dalam kotak kemudian menghubungkan dengan materi asam basa melalui referensi baik buku maupun internet atau diskusi dengan teman sekelompok membuat kesan yang mendalam dan permanen dilanjutkan dengan presentasi dan tanya jawab yang membuat siswa menghayati pembelajaran. Hal ini sesuai dengan pernyataan Uno (2007:26) yakni proses pembelajaran dengan kotak asam basa berguna sebagai sarana bagi siswa untuk mendalami mata pelajaran dengan berbagai macam cara. Berdasarkan hasil evaluasi, beberapa kelemahan yang diduga menjadi penyebab rendahnya prestasi belajar siswa pada siklus I tersebut antara lain selama proses belajar berlangsung, hanya sedikit siswa yang aktif dalam proses pembelajaran, sehingga pada saat dilakukan tes mereka tidak dapat mengerjakan soal-soal. Jika tidak mengerti tentang materi pelajaran yang dipelajari pada saat proses pembelajaran, siswa belum berani bertanya kepada guru. Selain itu siswa belum terbiasa dengan pembelajaran kotak asam basa, sehingga pelaksanaannya masih tersendat-sendat dan banyak siswa yang kurang konsentrasi. Secara umum hasil belajar siswa mengalami peningkatan pada siklus II. Peningkatan hasil belajar yang ditinjau dari aspek kognitif ini tidak lepas dari pengaruh faktor luar, sebagaimana yang diungkapkan Gagne (1982), dalam Nasution (1982:137) bahwa faktor dari luar meliputi: (1) *contiguity* (sentuhan) artinya situasi stimulus, yaitu suatu yang dapat menyebutkan reaksi (respon) dari siswa. Sentuhan atau rangsangan pertama ini perlu dipilih yang tepat, agar dapat menghasilkan respons siswa yang tepat pula sesuai dengan tujuan dan perubahan kemampuan yang diharapkan; (2) *repetition* (pengulangan) artinya situasi stimulus dan respon siswa perlu diulang atau dilatihkan agar prestasi belajar dapat meningkat artinya respon dari siswa perlu diberikan penguatan seperti pujian, anggukan, dan sebagainya agar siswa mau mengulang perbuatannya. Setiap siswa memiliki respon yang berbeda dalam menangkap stimulus sehingga akan berpengaruh terhadap hasil belajar. Untuk itu diperlukan pengulangan dan penguatan dari guru agar pemahaman siswa terhadap suatu konsep semakin mantap dan tahan lama. Peningkatan hasil belajar pada setiap individu dan secara kelompok, dapat dilihat

pada siklus I dan siklus II, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan pembelajaran dengan kotak asam basa dapat meningkatkan prestasi belajar siswa.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan kotak asam basa dengan materi asam basa dapat meningkatkan implementasi penguatan karakter dan penerapan kotak asam basa dengan materi asam basa dapat meningkatkan prestasi siswa.

Saran yang diberikan ialah penerapan kotak asam basa dengan materi asam basa dalam penelitian ini terbukti dapat mengimplementasikan penguatan karakter sehingga siswa dapat leluasa berinovasi maka disarankan agar siswa serius sehingga lebih teliti dalam menerapkannya. Penerapan kotak asam basa dengan materi asam basa memiliki unsur memberi kesempatan bereksplorasi dalam merangkum materi pelajaran maka disarankan agar siswa lebih serius sehingga hasil belajar lebih baik. Penerapan kotak asam basa dengan materi asam basa dapat meningkatkan prestasi belajar siswa, oleh karena itu disarankan bagi guru IPA untuk menerapkan dan mengembangkan pembelajaran untuk materi yang berbeda.

DAFTAR RUJUKAN

- Dahar, R.W. 1989. *Teori-teori Belajar*. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1994. *Petunjuk Pelaksanaan Proses Belajar Mengajar*. Jakarta. Balai Pustaka.
- Djaali & Muljono. 2004. *Pengukuran dalam Bidang Pendidikan*. Jakarta: Program Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta.
- Hamalik, O. 1994. *Metode Pendidikan*. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Hamalik, O. 2000. *Psikologi Belajar dan Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Harahap, S. 2016. *Sekilas tentang Active Learning*. Solo.
- Hauser, J. 2007. *Science Inquiry: The Link to Accessing the General Education Curriculum, The Acces Center*,(Online), (<http://www.K4ccesscenter.org/document/scienceInquiry-PDF.pdf>, diakses 12 April 2015).
- Ibrahim. 2005. *Penelitian dan Penilaian Pendidikan*. Bandung. Sinar Baru.
- Kemendiknas. 2016. *Konsep Dasar Penguatan Karakter*. Jakarta: Kemendiknas.
- Kemmis, S. & Mc. Taggart, R. 1988. *The Action Research Planner*. Victoria Dearcin: University Press.

- Koes, S. 2003. *Strategi Pembelajaran Fisika*. Malang: JICA Universitas Negeri Malang.
- Mangunwijaya. 2007. *Kurikulum yang Mencerdaskan*. Jakarta: Kompas.
- Mushih, A., Setiawan, I., Suciati, & Dedi. 2015. *Buku Guru IPS Kelas 7*. Jakarta: Kemendiknas.
- Nasution. 1982. *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar dan Mengajar*. Bandung: PT. Bina Aksara.
- Nurhadi, Yasin, dan Senduk. 2004. *Pembelajaran Kontekstual dan Penerepanya dalam KBK*. Malang. Universitas Negeri Malang.
- Rusyan, Kusdinar, & Arifin. 1989. *Pendekatan dalam Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Remaja Karya.
- Sardiman, A.M. 1996. *Interaksi dan Motivasi Belajar Mengajar*. Jakarta: Bina Aksara.
- Silberman. 2006. *Active Learning*. Bandung: Nusamedia.
- Susanto. 2002. *Ketrampilan Dasar Mengajar IPA Berbasis Konstruktivisme*. Malang: JICA Universitas Negeri Malang.
- Uno, H. 2008. *Model Pembelajaran Menciptakan Proses Belajar Mengajar yang Kreatif dan Efektif*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Widodo, D., Rachmadiarti, F., Hidayati, S.N., Suryanda, A., Cahyana, U., Kistinah, I., Anifah, A., & Suryatin, B. 2016. *Buku Guru IPA Kelas 7*. Jakarta: Kemendiknas.

Aldila Candra Kusumaningrum, dkk_Pembelajaran Kimia

Potensi Strategi *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep pada Materi Ikatan Kimia

Aldila Candra Kusumaningrum, Subandi, Endang Budiasih
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail: aldila.candra18@gmail.com

Abstrak: Kajian ini bertujuan untuk mendeskripsikan spesifikasi strategi *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) dalam pembelajaran ikatan kimia dan potensinya dalam meningkatkan pemahaman konsep pada materi ikatan kimia. Kajian didasarkan pada hasil *review* artikel-artikel tentang strategi POGIL dan pembelajaran ikatan kimia. Pemahaman konsep siswa pada materi ikatan kimia masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan karena karakteristik materi dan strategi pembelajaran yang digunakan. Oleh sebab itu, guru harus memilih strategi pembelajaran aktif yang sesuai dengan karakteristik materi. Salah satu strategi pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konsep adalah strategi POGIL. Hasil kajian menunjukkan bahwa strategi POGIL dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa.

Kata kunci: ikatan kimia, pemahaman konsep, POGIL

Abstract: The aims of this study were describe the specification of POGIL strategy on chemical bonding learning and its potential to enhance conceptual understanding. The study was based on review of articles about POGIL strategy and chemical bonding learning. Student's conceptual understanding of chemical bonding still relatively low. It was because the material characteristic and learning strategy have been used. Therefore, teacher should choose active learning strategy that appropriated with material characteristic. One of learning strategy that enhances student's conceptual understanding is POGIL strategy. The result of study indicated that POGIL strategy can enhance student's conceptual understanding.

Keywords: chemical bonding, conceptual understanding, POGIL

Ikatan kimia merupakan salah satu materi dalam pembelajaran kimia yang sangat fundamental dan penting untuk dipelajari serta dipahami dengan tepat (Nahum, dkk., 2013). Konsep-konsep yang terdapat pada materi ikatan kimia erat hubungannya dengan konsep kimia lainnya seperti kesetimbangan kimia, termodinamika, struktur molekul, dan reaksi kimia (Pabuçcu & Geban, 2012; Özmen, 2004). Pemahaman konsep yang tepat pada materi ikatan kimia akan mempermudah dalam memahami konsep-konsep kimia lainnya. Namun pemahaman konsep pada materi ikatan kimia pada sebagian besar siswa sekolah menengah atas masih tergolong rendah karena masih banyak ditemukannya

miskonsepsi yang terjadi pada siswa (Coll & Treagust, 2001) dan hasil tes kemampuan kognitif siswa yang masih tergolong rendah (Fauziyah, 2016).

Rendahnya pemahaman konsep pada materi ikatan kimia dapat disebabkan oleh dua faktor. Pertama, dikarenakan karakteristik materi ikatan kimia itu sendiri (Hendrawani, 2016; Nahum, dkk., 2013). Konsep-konsep yang terdapat pada materi ikatan kimia bersifat abstrak dimana banyak menyajikan fenomena kimia dalam bentuk elektron, ion, atom, molekul, serta interaksinya yang tidak dapat dilihat secara langsung oleh indera (Griffiths & Preston, 1992). Sehingga perlunya penyajian konsep-konsep tersebut dalam level representasi mikroskopik dimana ion, atom, atau molekul digambarkan sebagai bola-bola pejal.

Kedua, dikarenakan strategi pembelajaran yang digunakan (Hendrawani, 2016; Nahum, dkk., 2013). Selama ini, pembelajaran ikatan kimia lebih banyak menggunakan strategi pembelajaran tradisional dimana informasi ditransfer dari guru kepada siswa dan siswa secara pasif menerima informasi yang telah diberikan. Selain itu, penyajian materi pada buku kerja siswa yang masih menggunakan pendekatan tradisional (Nahum, dkk., 2013). Pembelajaran tradisional juga kurang dalam memfasilitasi siswa dengan penyajian konsep dalam tiga level representasi yaitu mikroskopik, mikroskopik, dan simbolik (Becker, dkk., 2015). Hal ini mengakibatkan pembelajaran menjadi tidak bermakna karena siswa hanya akan menghafalkan konsep-konsep yang diberikan guru dan yang disajikan dalam buku ajar tanpa mengerti maksud atau artinya.

Karacop & Doymus (2013) mengungkapkan bahwa strategi pembelajaran tradisional tidak dapat membantu siswa untuk dapat memahami konsep-konsep pada materi ikatan kimia yang bersifat abstrak. Sehingga diperlukannya strategi pembelajaran berpusat pada siswa yang dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep siswa. Salah satu strategi pembelajaran yang dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep adalah strategi POGIL (Hanson, 2006). Tujuan dari kajian pustaka ini adalah untuk mendeskripsikan spesifikasi strategi POGIL dalam pembelajaran ikatan kimia dan potensinya dalam meningkatkan pemahaman konsep pada materi ikatan kimia.

PEMBAHASAN

Spesifikasi Strategi POGIL dalam Pembelajaran Ikatan Kimia

Strategi POGIL merupakan strategi pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing yang berorientasi pada konten dimana implementasinya menggunakan 5 tahap pembelajaran yaitu *orientation*, *exploration*, *concept formation*, *application*, dan *closure*. Pembelajaran yang menggunakan strategi POGIL, mengharuskan konsep-konsepnya disajikan dalam bentuk gambar, animasi, video, fenomena, diagram, grafik, atau demonstrasi (Hanson, 2006). Sehingga pada pembelajaran ikatan kimia, dikarenakan konsep-konsepnya yang bersifat abstrak, maka harus disajikan dalam level representasi mikroskopik yang dapat berupa gambar dua dimensi, tiga dimensi, atau gambar bergerak (animasi). Selama proses

pembelajaran dengan strategi POGIL siswa juga diharuskan untuk belajar dalam kelompok kecil beranggotakan 3 - 4 siswa (Hanson, 2006). Berikut spesifikasi strategi POGIL dalam pembelajaran ikatan kimia pada 5 tahap pembelajarannya.

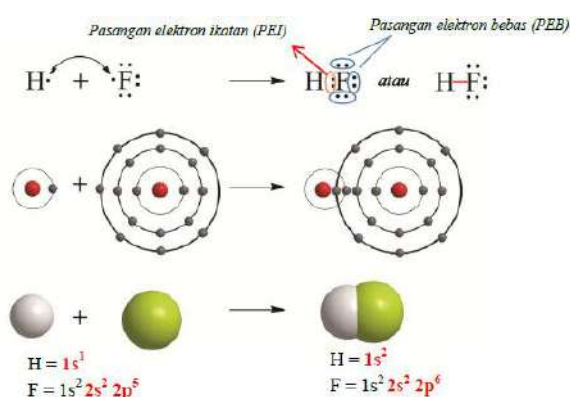
1. Orientation

Pada tahap *orientation*, siswa diberikan suatu fenomena dan pertanyaan yang berkaitan dengan konsep yang akan dipelajari. Kegiatan tersebut bertujuan untuk menarik rasa ingin tahu siswa, menggali pengetahuan awal siswa, dan memfokuskan perhatian siswa. Berikut contoh fenomena dan pertanyaan yang diberikan kepada siswa pada tahap *orientation* yang berkaitan dengan konsep ikatan kovalen.

“Air merupakan zat yang penting dalam keberlangsungan kehidupan di bumi. Bahkan tubuh manusia 50-75% komposisinya terdiri dari air. Air sendiri merupakan suatu molekul yang terdiri atas 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen. Bagaimana atom-atom tersebut dapat membentuk molekul air?”

2. Exploration

Sebagian besar konsep pada materi ikatan kimia bersifat abstrak sehingga perlu disajikan dalam level representasi mikroskopik selain level representasi makroskopik dan simbolik. Pada tahap *exploration* inilah, konsep-konsep yang dibelajarkan disajikan melalui media gambar, video, animasi, ataupun data percobaan. Selanjutnya, siswa diberikan tugas untuk menganalisis dan mencari informasi berdasarkan gambar, video, animasi, atau data percobaan yang diberikan dengan bantuan pertanyaan bimbingan. Berikut contoh representasi mikroskopik dan pertanyaan bimbingan yang dapat diberikan pada siswa ketika mempelajari konsep ikatan kovalen.



Gambar 1. Berbagai Representasi Pembentukan Ikatan Kovalen

Identifikasilah informasi apa saja yang bisa kalian dapatkan melalui Gambar di atas dengan bantuan pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Untuk membentuk molekul hidrogen fluorida, deskripsikan apa yang terjadi pada:
 - a) Atom hidrogen
 - b) Atom fluorida
2. Bagaimana ikatan antara atom hidrogen dan atom fluorida terbentuk?

3. *Concept Formation*

Pada tahap *concept formation*, siswa diberikan tugas untuk menarik kesimpulan atas informasi-informasi yang telah didapatkan pada tahap *exploration*. Penarikan kesimpulan pada tahap ini juga dibantu dengan pertanyaan agar kesimpulan yang dirumuskan siswa dapat terarah sehingga konsep yang dirumuskan tepat. Berikut contoh pertanyaan yang diberikan untuk merumuskan konsep ikatan kovalen.

“Ikatan yang terbentuk pada molekul hidrogen fluorida adalah ikatan kovalen. Jadi apa yang dimaksud ikatan kovalen?”

4. *Application*

Setelah siswa menemukan suatu konsep, selanjutnya siswa diberikan tugas dengan level kognitif yang lebih tinggi dari contoh yang diberikan pada tahap *exploration* untuk meningkatkan pemahaman konsepnya. Tugas yang diberikan dapat berupa latihan soal, suatu masalah dalam kehidupan sehari-hari, atau pertanyaan penelitian. Berikut contoh latihan soal yang dapat diberikan pada siswa tentang konsep ikatan kovalen.

Untuk setiap molekul berikut, jelaskan disertai gambar, proses pembentukan ikatannya:

- a. Molekul H_2
- b. Molekul HCl
- c. Molekul NH_3
- d. Molekul O_2
- e. Molekul N_2

5. *Closure*

Pada tahap *closure*, siswa mengungkapkan kembali kesimpulan dari definisi konsep yang telah dipelajari dan mengkaitkan konsep yang telah didapatkan dengan fenomena yang diungkapkan pada tahap *orientation*. Berikut contoh kesimpulan yang harus diungkapkan pada pembelajaran ikatan kovalen.

1. Ikatan kovalen adalah
2. Pada tahap *orientation* kalian telah memprediksi proses pembentukan molekul air. Bagaimanakah prediksi kalian, apakah sudah sesuai dengan teori yang ada?

Selain itu, siswa juga diberikan tugas untuk melakukan penilaian diri atas hasil kerja kelompok selama proses pembelajaran dan tes pemahaman mereka pada tahap *application*. Penilaian kerja kelompok dan penilaian pemahaman konsep secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Penilaian Kerja Kelompok

Bagaimana Kinerja Anggota Kelompokmu?		
No.	Item	Skor
1.	Semua anggota aktif berpartisipasi	
2.	Setiap anggota bertanya jika tidak paham tentang apa yang dipelajari	
3.	Setiap anggota mengemukakan ide atau pendapatnya	
4.	Partisipasi setiap anggota seimbang, tidak ada dominasi	
5.	Setiap anggota memahami materi yang diajarkan	
6.	Kami dapat menyelesaikan tugas kelompok tepat waktu	
Jumlah Skor		

Tabel 2. Penilaian Pemahaman Konsep

Penilaian Jawaban Soal pada Tahap <i>Application</i>	
No. Soal	Skor
1a	
1b	
1c	
1d	
1e	
Jumlah Skor	

Potensi Strategi POGIL dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep pada Materi Ikatan Kimia

Strategi POGIL merupakan strategi pembelajaran yang didasarkan pada teori konstruktivis dimana siswa yang dibelajarkan dengan strategi POGIL secara mandiri membangun pengetahuannya dan guru hanya berperan sebagai fasilitator (Moog, dkk., 2008). Strategi POGIL berbasis inkuiri terbimbing dengan 5 tahap pembelajaran yaitu *orientation*, *exploration*, *concept formation*, *application*, dan *closure* dimana desain pembelajarannya tersebut bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa (Becker, dkk., 2015; Hanson, 2006). Melalui kegiatan inkuiri dengan 5 tahap pembelajaran tersebut, siswa akan dibimbing untuk menemukan dan merumuskan suatu konsep berdasarkan informasi-informasi yang telah mereka kumpulkan. Kegiatan tersebut akan membuat siswa tidak lagi hanya menghafalkan informasi-informasi yang diterima tetapi mengetahui makna dari konsep tersebut sehingga pemahaman konsep siswa akan meningkat (Hanson, 2006; Moog, dkk., 2008).

Pada tahap *exploration*, konsep pada materi ikatan kimia yang dibelajarkan harus disajikan dalam level representasi mikroskopik selain representasi makroskopik dan simbolik. Penyajian dalam level mikroskopik dapat melalui media gambar ataupun animasi. Hal tersebut bertujuan agar siswa tidak lagi berfikir secara abstrak karena siswa dapat menggambarkan apa yang terjadi pada atom, ion,

ataupun molekul ketika saling berikatan melalui bola-bola pejal yang digambarkan sebagai atom, ion, dan molekul. Mevisualisasikan dan memahami suatu fenomena kimia melalui tiga level representasi yaitu makroskopik, mikroskopik, dan simbolik akan meningkatkan kemampuan kognitif siswa sehingga pemahamannya akan meningkat (Moog, dkk., 2008). Melalui representasi mikroskopik yang diberikan, pemahaman siswa dilatih dengan cara memberikan tugas kepada siswa untuk mendeskripsikan informasi-informasi yang bisa didapatkan berdasarkan representasi mikroskopik yang diberikan (Hanson, 2006). Selanjutnya informasi-informasi yang telah didapatkan harus dapat dipahami dengan benar oleh siswa, sehingga pada tahap *concept information* siswa dapat menyimpulkan informasi tersebut mejadi sebuah konsep yang tepat.

Pada tahap *application*, pemahaman siswa tentang konsep yang dibelajarkan akan ditingkatkan melalui pemberian latihan soal, masalah, atau pertanyaan penelitian yang mempunyai level kognitif yang lebih tinggi dari contoh yang diberikana pada tahap *exploration* (Hanson, 2006). Sehingga diharapkan pemahaman siswa tentang konsep yang mereka pelajari dapat meningkat dan berkembang.

Proses pembelajaran yang menggunakan strategi POGIL juga mengharuskan dibentuknya kelompok kecil beranggotakan 3 - 4 siswa (Hanson, 2006). Berdasarkan teori sosial budaya, Vygotsky (1980) mengungkapkan bahwa interaksi siswa dengan lingkungan belajar dan individu lain ketika proses pembelajaran dapat membantu siswa untuk mengembangkan kemampuan kognitifnya. Kegiatan diskusi kelompok juga dapat membuat siswa yang terlibat aktif mempunyai pemahaman, pengalaman, dan ingatan yang lebih baik terhadap informasi-informasi yang diberikan daripada siswa yang bekerja secara individual (Hanson, 2006; Moog, dkk., 2006). Hal tersebut terbukti degan hasil penelitian Fauziyah (2016) yang mengungkapkan bahwa rendahnya pemahaman konsep siswa pada materi ikatan kimia juga dapat disebabkan karena tidak adanya teman diskusi atau kelompok belajar selama proses pembelajaran. Sekitar 45,754% siswa mengungkapkan bahwa mereka kesulitan memahami konsep pada materi ikatan kimia karena tidak adanya teman untuk berdiskusi sehingga mereka bekerja secara individual.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui potensi strategi POGIL di pembelajaran kimia. Sebagian besar penelitian tentang strategi POGIL di perguruan tinggi menunjukkan bahwa strategi POGIL memberikan dampak positif terhadap hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah kimia organik (Conway, 2014; De Gale & Boisselle, 2015; Hein, 2012; Schroeder & Greenbowe, 2008), kimia kesehatan (Geiger, 2010), dan biokimia (Conway, 2014). Di Indonesia sendiri, penelitian tentang potensi strategi POGIL dalam pembelajaran kimia lebih banyak di implementasikan di sekolah menengah atas. Hal ini dikarenakan strategi POGIL cocok untuk diimplementasikan pada siswa yang baru pertama kali mempelajari suatu konsep. Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa strategi

POGIL dapat meningkatkan pemahaman konsep pada materi kesetimbangan kimia (Pratiwi, 2015) serta memberikan dampak yang positif terhadap hasil belajar kognitif siswa pada materi larutan penyangga (Nurfitriyah, 2017) dan kesetimbangan kimia (Mu'minin, 2017).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian pustaka, dapat disimpulkan bahwa strategi POGIL dapat meningkatkan pemahaman konsep pada materi ikatan kimia dengan penyajian konsep melalui media gambar, video, animasi atau data percobaan di tahap *exploration* inkuiri 5 tahap. Strategi POGIL juga dapat meningkatkan pemahaman konsep pada materi ikatan kimia melalui kegiatan diskusi kelompok kecil.

DAFTAR RUJUKAN

- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. 2015. Translating Across Macroscopic, Submicroscopic, and Symbolic Levels: The Role of Instructor Facilitation in an Inquiry-Oriented Physical Chemistry Class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4): 769-785.
- Coll, R. K. & Treagust, D.F. 2001. Learners' Mental models of Chemical Bonding. *Research in Science Education*, 31(3): 357-382.
- Conway, C.J. 2014. Effects of Guided Inquiry versus Lecture Instruction on Final Grade Distribution in a One-semester Organic and Biochemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 91(4): 480-483.
- De Gale, S. & Boisselle, L.N. 2015. The Effect of POGIL on Academic Performance and Academic Confidence. *Science Education International*, 26: 56-79.
- Fauziyah, N. 2016. *Identifikasi Letak Kesulitan dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kesulitan Belajar Siswa Kelas X IPA SMA Negeri 4 Malang pada Materi Ikatan Kimia*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Geiger, M. 2010. Implementing POGIL in Allied Health Chemistry Courses: Insights from Process Education. *International Journal of Process Education*, 2(1): 19-34.
- Griffiths, A.K. & Preston, K. R. 1992. Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *Journal of Research in Science teaching*, 29(6): 611-628.
- Hanson, D.M. 2006. *Instructor's Guide to Process-Oriented Guided-Inquiry Learning*. Lisle, IL: Pacific Crest.

- Hein, S.M. 2012. Positive Impacts Using POGIL in Organic Chemistry. *Journal of Chemical education*, 89(7): 860-864.
- Hendrawani. 2016. *Pengaruh Penggunaan Representasi Mikroskopik dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Pemahaman Konsep dan Motivasi Belajar Siswa pada Materi Ikatan Kimia*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Karacop, A. & Doymus, K. 2013. Effects of Jigsaw Cooperative Learning and Animation Techniques on Students' Understanding of Chemical Bonding and Their Conceptions of the Particulate Nature of Matter. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2): 186-203.
- Moog, R. S., Spencer, J. N., & Straumanis, A. R. 2006. Process-Oriented Guided Inquiry Learning: POGIL and The POGIL Project. *Metropolitan Universities*, 17(4): 41-52.
- Moog, R. S., Creegan, F. J., Hanson, D. M., Spencer, J. N., Straumanis, A., Bunce, D. M., & Wolfskill, T. 2008. POGIL: Process oriented guided inquiry learning. Dalam *ACS Symposium series* (Vol. 994).
- Mu'minin, A. A. 2017. *Efektivitas POGIL pada Pembelajaran Kesetimbangan Kimia terhadap Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Siswa dengan Kemampuan Awal Berbeda*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Nahum, T. L., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. 2013. Teaching and Learning of the Chemical Bonding Concept: Problems and Some Pedagogical Issues and Recommendations. Dalam G, Tsaparlis & H. Sevian (Eds.), *Concepts of Matter in Science eEducation* (hlm. 373-390). Belanda: Springer.
- Nurfitriyah, A. 2017. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran POGIL (Process Oriented Guided Inquiry Learning) terhadap Hasil Belajar Kognitif dan Keterampilan Berfikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI SMA Negeri 10 Malang pada Materi Larutan Penyangga*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Özmen, H. 2004. Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2): 147-159.
- Pabuçcu, A. & Geban, O. 2012. Students' Conceptual Level of Understanding on Chemical Bonding. *International Online Journal of Educational Sciences*, 4(3): 563-580.
- Pratiwi, G. S. 2015. *Pengaruh Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) vs Pendekatan Verifikasi dan Keterampilan Penalaran Ilmiah terhadap Pemahaman Konseptual, Algoritmik, dan Grafik dalam Materi*

Keseimbangan Kimia Siswa SMA Kelas XI IPA. Tesis tidak diterbitkan.
Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.

Schroeder, J. D. & Greenbowe, T. J. 2008. Implementing POGIL in the Lecture and the Science Writing Heuristic in the Laboratory—Student Perceptions and Performance in Undergraduate Organic Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2): 149-156.

Vygotsky, L. S. 1980. *Mind in society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard university press: London.

Ika Iffah Ilmiah, dkk._Pembelajaran Kimia

Konsep Modul Gambar Proses (MC-GP) pada Pembelajaran Sistem Koloid Berbasis *Student Center Learning* (SCL) di Sekolah Menengah

Ika Iffah Ilmiah

Pascasarjana Pendidikan IPA, FKIP Universitas Jember
Jalan Kalimantan No. 37 kampus Tegalboto Jember Jawa Timur 68121
e-mail: iffahilmiahika@gmail.com

Abstrak: Kurikulum 2013 merupakan kurikulum nasional yang dirancang dan disusun sedemikian rupa untuk membangun karakteristik siswa menuju proses pembelajaran secara saintifik. Pembelajaran saintifik dirancang dengan tujuan agar peserta didik mampu secara aktif membangun konsep dan prinsip melalui beberapa tahapan, yaitu mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan konsep dan prinsip tersebut. Tahapan-tahapan tersebut diimplementasikan dalam bentuk pembelajaran siswa aktif dan mandiri atau *Student Center Learning* (SCL). SCL merupakan ilmu pengetahuan yang menekankan pada proses daripada produk, bersifat induktif, sistematis, riil, abstrak, penggambarannya perlu secara deskriptif, gambar, grafik maupun matematis dan target penguasaannya materi perlu sampai taraf fungsional. Pada kenyataannya pelaksanaan SCL terkendala oleh minimnya pendukung pelaksanaan proses belajar dan mengajar, seperti media atau sumber belajar yang dapat difungsikan sebagai pemicu pelaksanaan pembelajaran yang berbasis SCL. Penelitian ini secara khusus mengkaji bagaimana penyusunan Modul Media Cetak berbasis Gambar Proses (MC-GP) pada pembelajaran kimia dengan pokok bahasan sistem koloid di SMA untuk pembelajaran berbasis SCL. Berdasarkan kajian yang dilakukan metode yang tepat untuk penyusunan Modul Media Cetak berbasis Gambar Proses (MC-GP) pada pembelajaran kimia dengan pokok bahasan sistem koloid di SMA mengikuti metode pengembangan model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*).

Kata Kunci: *student center learning* (SCL), induktif, sistemik, abstrak, deskriptif, gambar proses, modul, *define, design, develop, disseminate*

Abstract: Curriculum 2013 is a national curriculum designed and structured in such a way as to build the characteristics of students toward the learning process scientifically. Scientific learning is designed with the aim that learners are able to actively build concepts and principles through several stages observing, questioning, collecting data, associating and communicating those concepts and principles. These stages are implemented in the form of active and independent student learning or *Student Center Learning* (SCL). SCL is a science that emphasizes the process rather than the product, is inductive, systematic, real, abstract, descriptive description, drawing, graphic or mathematical and the target mastery of the material needs to functional level. In reality the implementation of SCL is constrained by the lack of supporting the implementation of learning and teaching process, such as media or learning resources that can be functioned as a trigger implementation of learning based on SCL. This study specifically examined how the

preparation of a Process-Based Print Media Module (MC-GP) on chemistry learning with colloidal system subjects in SMA was ideal for SCL-based learning. Based on the above description, the appropriate method is the method of developing 4D model (Define, Design, Develop, Dessiminate).

Keywords: student center learning (SCL), inductive, systemic, abstract, descriptive, image process, module, define, design, develop, dessiminate

Model pembelajaran pada pendidikan saat ini lebih mengedepankan model pengajaran yang berpusat pada guru (*Teacher Center Learning* atau TCL), bukan mengarah kepada siswa (*Student Centered Learning* atau SCL). Oleh Cubukcu (2012) dikatakan *the student-centered teaching is the arrangement of the teaching experience focusing on the students' responsibilities and activities in the learning process which takes into consideration the students' interests, demands and needs*. Strategi pembelajaran merupakan bagian dari metode pembelajaran dan media pembelajaran merupakan salah satu sarana untuk mewujudkan tujuan pembelajaran yang telah dituangkan dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) secara efektif dan efisien. Pelaksanaan kegiatan mengajar model SCL memerlukan metode dan media yang dapat menumbuhkan keinginan siswa untuk belajar secara mandiri sesuai dengan karakteristik materi yang dipelajari seperti Ilmu pengetahuan alam (IPA).

Hakikat Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) adalah ilmu yang mempelajari tentang fenomena alam dan segala sesuatu yang ada di alam. IPA mempunyai beberapa pengertian dari pengertian IPA itu sendiri, cara berfikir IPA, cara penyelidikan IPA sampai objek kajian IPA. Dari beberapa pengertian tersebut kita akan membahas tentang pengertian IPA. Sains atau Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada hakikatnya merupakan proses dan produk tentang pengkajian fenomena alam (Sund & Trowbridge, 1973). Sedangkan pengertian IPA menurut Soekardjo (1973:1) dalam Fadila (2008). IPA merupakan ilmu yang pertama kali diperoleh dan dikembangkan berdasarkan percobaan (induktif) namun pada tahap perkembangan selanjutnya IPA juga diperoleh dan dikembangkan berdasarkan teori (deduktif). IPA menurut arti katanya adalah ilmu pengetahuan dan alam. Ilmu merupakan pengetahuan yang ilmiah. Pengetahuan merupakan segala sesuatu yang diketahui manusia. Sehingga dari dua pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa IPA sebagai ilmu yang mempelajari tentang sebab dan akibat kejadian-kejadian yang ada di alam ini. (Soekarno, 1973:1). IPA adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mengungkap fakta-fakta yang tersusun secara sistematis dan menunjukkan berlakunya hukum-hukum umum. IPA merupakan pengetahuan yang diperoleh dengan cara eksperimen. IPA juga dapat diartikan sebagai suatu cabang studi yang terkait dengan observasi dan klasifikasi fakta-fakta terutama dengan disusunnya hukum umum dengan induksi dan hipotesis. (Subiyanto, 1998: 2). Ilmu Pengetahuan Alam merupakan ilmu pengetahuan yang ilmiah, yaitu pengetahuan

yang telah mengalami uji kebenaran melalui metode ilmiah, dengan ciri-ciri: objektif, metodik, sistematis, universal, dan tentatif. IPA merupakan ilmu yang pokok bahasanya adalah alam dan segala isinya. Carin & Sund (1993) dalam Depdiknas mendefinisikan IPA sebagai pengetahuan yang sistematis dan tersusun secara teratur, berlaku umum (universal), dan berupa kumpulan data hasil observasi dan eksperimen. Dari beberapa pengertian tersebut diatas dapat kita ketahui bahwa IPA adalah ilmu yang mempelajari tentang alam semesta beserta isi dan kejadian-kejadian yang dapat diperoleh dan dikembangkan secara induktif atau deduktif.

Ada dua hal yang berkaitan dengan IPA yaitu IPA sebagai produk dan IPA sebagai proses. IPA sebagai produk yaitu pengetahuan IPA yang berupa pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif. IPA sebagai proses yaitu kerja ilmiah. Baik produk atau proses IPA merupakan subjek kajian IPA. Dengan belajar IPA, belajar produk dan bagaimana proses IPA dapat kita peroleh. Pada pengertian IPA yang kedua dapat kita ketahui bahwa IPA merupakan pengetahuan yang ilmiah karena diperoleh secara ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa ilmu mempunyai dua sifat utama. Sifat utama tersebut antara lain adalah rasional dan objektif. Rasional berarti masuk akal, logis, atau diterima akal sehat sedangkan objektif mempunyai arti sesuai dengan objeknya dan kenyataan. Pengetahuan alam dipandang sebagai cara berfikir dalam pencarian tentang rahasia alam sebagai cara penyelidikan terhadap gejala alam dan sebagai batang tubuh pengetahuan yang dihasilkan dari inkuiri. Selain dapat belajar tentang proses dan produk IPA, dengan belajar IPA kita juga dapat mengetahui tentang cara berfikir yang baik dan sistematis. Cara berfikir IPA meliputi: (1)percaya (*beliefs*) yakni kita dapat melakukan penelitian terhadap masalah gejala alam dengan didasari oleh kepercayaan bahwa hukum alam dapat dikonstruksi dari observasi dan diterangkan dengan pemikiran dan penalaran, (2)rasa ingin tahu (*curiosity*) yang mendorong kepercayaan bahwa alam dapat dimengerti dan ditemukan, (3)imajinasi (*imagination*) dalam memecahkan masalah gejala alam, (4)penalaran (*reasoning*) untuk memecahkan masalah gejala alam juga diharuskan menggunakan penalaran, dan (5)koreksi diri (*self-examination*).

Kurikulum 2013 merupakan kurikulum nasional yang dirancang dan disusun sedemikian rupa untuk membangun karakteristik siswa menuju proses pembelajaran secara saintifik. Pembelajaran saintifik dirancang dengan tujuan agar peserta didik mampu secara aktif membangun konsep dan prinsip melalui beberapa tahapan, yaitu mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan konsep dan prinsip tersebut. Tahapan-tahapan tersebut diimplementasikan dalam bentuk pembelajaran siswa aktif dan mandiri atau SCL. SCL merupakan ilmu pengetahuan yang menekankan pada proses daripada produk, bersifat induktif, sistematis, riil, abstrak, penggambarannya perlu secara deskriptif, gambar, grafik maupun matematis dan target penguasaannya materi perlu sampai taraf fungsional. Pada kenyataannya pelaksanaan SCL terkendala oleh minimnya pendukung pelaksanaan proses belajar dan mengajar, seperti media atau sumber

belajar yang dapat difungsikan sebagai pemicu pelaksanaan pembelajaran yang berbasis SCL. Penelitian ini secara khusus mengkaji bagaimana penyusunan Modul Media Cetak berbasis Gambar Proses (MC-GP) pada pembelajaran kimia dengan pokok bahasan sistem koloid di SMA untuk pembelajaran berbasis SCL.

PEMBAHASAN

Media Cetak Gambar Proses (MC-GP) Dalam Pembelajaran Kimia

Pembelajaran kimia dilakukan dengan *saintifik approach* dengan tujuan untuk menumbuhkan kemampuan berpikir, bekerja dan bersikap ilmiah serta mengkomunikasikannya sebagai aspek penting dalam kecakapan hidup. Oleh karena itu pembelajaran kimia di SMA/MA menekankan pada pemberian pengalaman belajar secara langsung melalui pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah. Tujuan pembiasaan pembelajaran kimia ditingkat SMA/MA adalah untuk menumbuhkan kemampuan bersikap, berfikir dan bertindak secara ilmiah sehingga meminimalkan sikap kimia yang berdampak negatif.

Gambar adalah tiruan barang (binatang, tumbuhan, orang dan lain-lain) yang digoreskan dengan coretan pensil dan sebagainya pada kertas dan lain-lain (KBBI: 2006). Gambar merupakan tampilan visual tiruan obyek yang dituangkan dalam bidang media baik berupa lembaran kertas, papan, layar dan sejenisnya yang dapat diterima oleh indra penglihatan. Gambar termasuk media grafis rangkaian dari titik-titik, gambar-gambar, tulisan-tulisan, atau simbol visual yang lain dengan maksud untuk mengikhtisarkan, menggambarkan, dan merangkum suatu ide, atau data kejadian yang dapat dinikmati dengan menggunakan indra penglihatan (Tegeh, 2008).

Proses adalah suatu urutan peristiwa dalam rangkaian tindakan, perbuatan atau pengolahan yang menghasilkan produk (KBBI:2006). Menurut Anderson (2012) proses adalah *a series of actions or steps taken in order to achieve a particular end.so, a series of reactions that you take in order to achieve a result*. Berdasarkan dua pengertian di atas, maka Gambar Proses (GP) dapat diidentikkan dengan bagan dan bagan menurut mereka sebagai gambar rangkaian yang dapat memvisualisasikan suatu fakta pokok dengan cara yang logis, teratur dan membantu pembaca untuk memahami secara cepat, untuk memperlihatkan hubungan, perbandingan, jumlah relatif, perkembangan, proses, klasifikasi dan organisasi (Arsyat, 1997; Sudjana, 1996; Hamalik, 1989).

Media Cetak (MC) merupakan media visual yang pembuatannya melalui proses lukisan/tulis/pencetakan/gambar yang dituangkan di dalam kertas, kain dan lain-lain yang berguna untuk menyampaikan pesan yang bersifat pedoman, petunjuk, perintah dan lain-lain sehingga pembaca dapat memanfaatkan isi informasi tersebut (Anderson, 1994). Kelebihan media cetak dalam pembelajaran menurut Kemp & Dayton (1985), *the advantages include that these media are: easy to carry and use; easy to generate, produce, modify and update; cheap, especially*

if the media are black and white. Colour, as a rule, is more expensive; familiar to your students.

Berdasarkan uraian tentang pengertian gambar dan pengertian proses, muncullah suatu pengertian tunggal (frasa) yang didasari dengan dua pengertian tersebut, yaitu pengertian gambar proses. Gambar proses diidentikkan dengan bagan, dengan pengertian sebagai gambar rangkaian yang dapat memvisualisasikan suatu fakta pokok atau gagasan dengan cara yang logis, teratur, dan membantu pembaca untuk memahami secara cepat, untuk memperlihatkan hubungan, perbandingan, jumlah relatif, perkembangan, proses, klasifikasi, dan organisasi (Sudjana, 1996; Hamalik, 1989; Arsyat, 1997). Bertolak dari pengertian gambar, pengertian proses, dan ditambah dengan pengertian gambar proses, maka gambar proses dapat dimaknai sebagai serangkaian gambar objek (benda, kejadian, atau fenomena), yang gambar-gambar dalam rangkaian tersebut antara satu dengan lainnya selalu terlihat ada relatif perbedaan dalam hal (keadaan, kedudukan, bentuk, maupun kombinasinya) yang secara keseluruhan menggambarkan suatu tahapan yang runtut dan suatu kesatuan yang utuh.

Media Cetak Gambar Proses (MC-GP) pada Materi Sistem Koloid

Penelitian konsep modul MC-GP ini membahas tentang materi sistem koloid. Alasan pemilihan materi ini karena pemahaman konsep untuk sistem koloid sering mengalami kendala karena materi ini bersifat hafalan.

Sistem koloid adalah campuran heterogen dari dua zat atau lebih di mana partikel-partikel zat berukuran antara 1 hingga 1000 nm terdispersi (tersebar) merata dalam medium zat lain. Zat yang terdispersi sebagai partikel disebut fase terdispersi, sedangkan zat yang menjadi medium mendispersikan partikel disebut medium pendispersi.

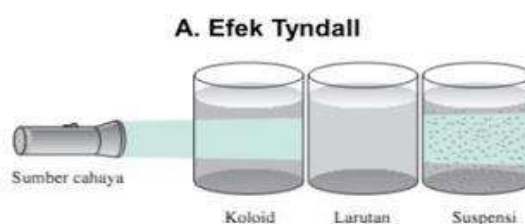
Secara makroskopis, koloid terlihat seperti larutan, di mana terbentuk campuran homogen dari zat terlarut dan pelarut. Namun, secara mikroskopis, terlihat seperti suspensi, yakni campuran heterogen di mana masing-masing komponen campuran cenderung saling memisah.



Gambar 1. Perbedaan Larutan, Koloid dan Suspensi

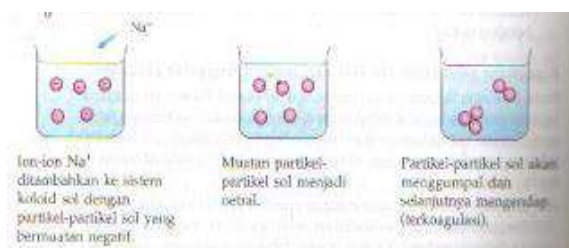
Sistem koloid memiliki beberapa sifat yang dapat dideskripsikan dengan Gambar Proses, beberapa sifat tersebut adalah sebagai berikut :

Efek Tyndall adalah penghamburan cahaya oleh partikel koloid. Bila seberkas sinar dilewatkan pada suspensi (dispersi pasir dalam air), koloid (air teh), dan larutan (gula dalam air), dan dilihat tegak lurus dari arah datangnya cahaya maka lintasan cahaya akan terlihat jejaknya pada suspensi dan koloid, sedangkan larutan tidak akan tampak sama sekali. Terlihatnya lintasan cahaya ini disebabkan cahaya yang dihamburkan oleh partikel-partikelnya dimana pada saat itu melewati suspensi atau koloid, sedangkan pada larutan tidak. Partikel koloid dan suspensinya cukup besar untuk dapat menghamburkan sinar, sedangkan partikel-partikel larutan berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat menghamburkan cahaya.



Gambar 2. Efek Tyndall

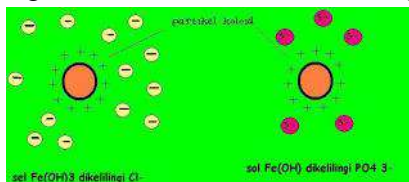
Sifat berikutnya adalah koagulasi yaitu peristiwa penggumpalan partikel-partikel koloid sehingga fase terdispersinya terpisah dari medium pendispersinya. Sedangkan zat yang menyebabkan terjadinya koagulasi disebut dengan koagulan. Koagulasi terjadi karena dispersi koloid kehilangan kestabilannya dalam mempertahankan partikel-partikelnya untuk tetap tersebar di dalam mediumnya. Hilangnya kestabilan koloid ini dikarenakan adanya penetralan muatan partikel koloid akibat dipanaskan, didinginkan ataupun ditambahkan ion tak sejenis. Keadaan ini menyebabkan penggabungan partikel-partikel koloid sehingga ukuran partikelnya menjadi lebih besar (hingga berukuran suspensi).



Gambar 3. Peristiwa Koagulasi

Sifat berikutnya adalah elektroforesis yaitu pergerakan partikel koloid di bawah pengaruh medan listrik. Partikel-partikel koloid dapat bermuatan listrik karena terjadi penyerapan ion pada permukaan koloid. Kestabilan sistem koloid disebabkan adanya muatan listrik pada permukaan partikel koloid, selain karena adanya gerak Brown. Pada peristiwa elektroforesis, partikel koloid akan dinetralkan muatannya dan digumpalkan pada elektroda. Kegunaan dari sifat ini adalah untuk menentukan muatan yang dimiliki oleh suatu partikel koloid.

Pada elektroforesis ini, ke dalam elektrolit dimasukkan dua batang elektroda kemudian dihubungkan dengan sumber arus searah, maka partikel-partikel koloid akan bergerak ke salah satu elektroda tergantung pada jenis muatannya. Koloid yang bermuatan negatif akan bergerak ke anode (elektrode positif) sedangkan koloid yang bermuatan positif bergerak ke katode (elektrode negatif).



Gambar 4. Peristiwa Elektroforesis

Komponen-Komponen Modul

Mustaji & Rusjiono (2008:30-32), mengemukakan unsur-unsur modul terdiri atas: (1) rumusan tujuan instruksional secara eksplisit dan spesifik dalam bentuk tingkah laku yang diharapkan dari siswa setelah mereka mempelajari modul; (2) petunjuk guru yang memuat penjelasan tentang pengajaran agar dapat terlaksana dengan efisien, serta memberikan penjelasan tentang macam-macam kegiatan yang dilaksanakan dalam proses belajar, waktu untuk menyelesaikan modul, alat-alat dan sumber pelajaran, serta petunjuk evaluasi; (3) lembar kegiatan siswa berisi materi-materi pelajaran yang harus dikuasai oleh siswa serta dicantumkan buku sumber yang harus dipelajari siswa untuk melengkapi materi; (4) lembar kerja siswa berisi pertanyaan-pertanyaan yang harus dikerjakan siswa setelah mereka selesai menguasai materi; (5) kunci jawaban lembar kerja sehingga siswa dapat mengoreksi sendiri jawabannya setelah mereka berhasil mengerjakan lembar kerja; (6) lembar evaluasi berupa *posttest* dan *rating scale*, yang hasilnya digunakan untuk mengukur tercapai tidaknya tujuan modul oleh siswa; (7) kunci lembar evaluasi *test* dan *rating scale* beserta kunci jawaban yang tercantum pada lembaran evaluasi disusun dan dijabarkan dari rumusan-rumusan tujuan pada modul.

Langkah-Langkah Penyusunan Modul

Menurut Sudjana dan Rivai (2007:133), langkah-langkah penyusunan modul adalah: (1) menyusun kerangka modul yang terdiri dari menetapkan atau merumuskan tujuan instruksional umum menjadi tujuan instruksional khusus, menyusun butir-butir soal evaluasi guna mengukur pencapaian tujuan khusus, mengidentifikasi pokok-pokok materi pelajaran yang sesuai dengan tujuan khusus, menyusun pokok-pokok materi dalam urutan yang logis, menyusun langkah-langkah kegiatan belajar siswa, memeriksa langkah-langkah kegiatan belajar untuk mencapai semua tujuan, mengidentifikasi alat-alat yang diperlukan dalam kegiatan belajar dengan modul itu; (2) menulis program secara rinci yang terdiri atas pembuatan petunjuk guru, lembaran kegiatan siswa, lembaran kerja siswa, lembaran jawaban, lembaran tes, lembaran jawaban tes.

Pengembangan Modul Media Cetak berbasis Gambar Proses (MC-GP)

Karakteristik modul ini merujuk model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974) yaitu: *define*, *design*, *develop* dan *disseminate* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

1. *Define*

Tahap ini meliputi: (1) *front and analysis*, guru melakukan diagnosis awal untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran; (2) *learner analysis*, mempelajari karakteristik peserta didik berupa kemampuan, motivasi belajar, latar belakang pengalaman; (3) *task analysis*, menganalisis tugas-tugas pokok yang harus dikuasai peserta didik agar peserta didik dapat mencapai kompetensi minimal; (4) *concept analysis*, menganalisis konsep yang akan diajarkan, menyusun langkah-langkah yang akan dilakukan secara rasional; (5) *specifying instructional objectives*, menulis tujuan pembelajaran, perubahan perilaku yang diharapkan setelah belajar dengan kata kerja operasional.

Dalam konteks pengembangan bahan ajar (modul, buku, LKS dan diktat), tahap pendefinisian dilakukan dengan cara: (1) analisis kurikulum yang berguna menetapkan pada kompetensi yang mana bahan ajar tersebut akan dikembangkan. Hal ini dilakukan karena ada kemungkinan tidak semua kompetensi yang ada dalam kurikulum dapat disediakan bahan ajarnya; (2) analisis karakteristik peserta didik karena semua proses pembelajaran harus disesuaikan dengan karakteristik peserta didik, hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk mengetahui karakteristik peserta didik antara lain kemampuan akademik individu, karakteristik fisik, kemampuan kerja kelompok, motivasi belajar, latar belakang ekonomi dan sosial, pengalaman belajar sebelumnya. Dalam kaitannya dengan pengembangan bahan ajar, karakteristik peserta didik perlu diketahui untuk menyusun bahan ajar yang sesuai dengan kemampuan akademiknya, misalnya apabila tingkat pendidikan peserta didik masih rendah, maka penulisan bahan ajar harus menggunakan bahasa dan kata-kata sederhana yang mudah dipahami. Apabila minat baca peserta didik masih rendah maka bahan ajar perlu ditambah dengan ilustrasi gambar yang menarik supaya peserta didik termotivasi untuk membacanya; (3) analisis materi dilakukan dengan cara mengidentifikasi materi utama yang perlu diajarkan, mengumpulkan dan memilih materi yang relevan, dan menyusunnya kembali secara sistematis; (4) merumuskan tujuan berguna untuk membatasi penulisannya supaya tidak menyimpang dari tujuan semula pada saat mereka sedang menulis bahan ajar.

2. *Design*

Sebelum menulis bahan ajar, tujuan pembelajaran dan kompetensi yang hendak diajarkan perlu dirumuskan terlebih dahulu. Hal ini berguna untuk membatasi penulisannya supaya tidak menyimpang dari tujuan semula pada saat mereka sedang menulis bahan ajar.

Thiagarajan membagi tahap design dalam empat kegiatan, yaitu:

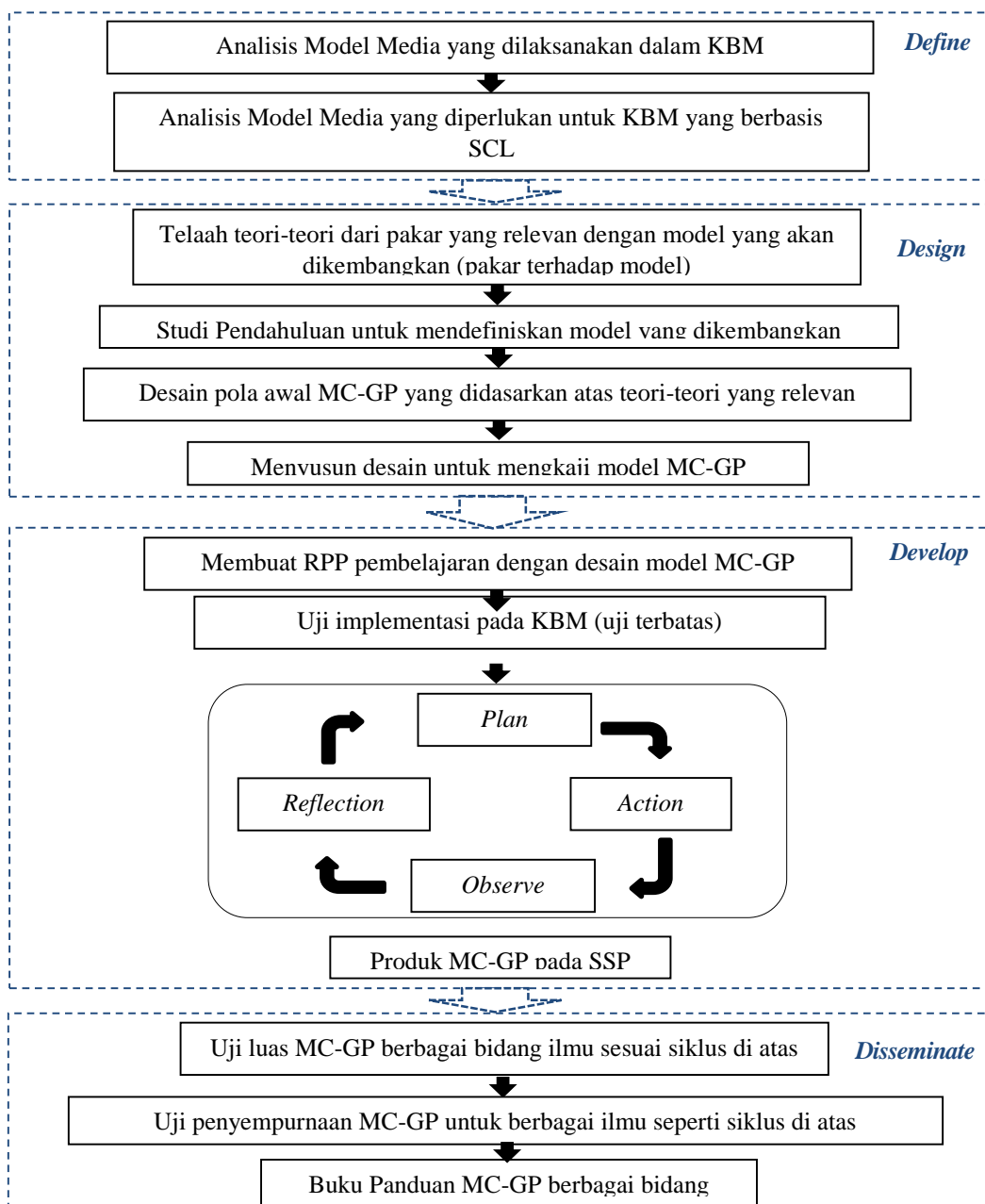
constructing criterion-referenced test, media selection, format selection, initial design. Kegiatan yang dilakukan pada tahap tersebut antara lain: (1) menyusun tes kriteria, sebagai tindakan pertama untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik, dan sebagai alat evaluasi setelah implementasi kegiatan; (2) memilih media pembelajaran yang sesuai dengan materi dan karakteristik peserta didik; (3) pemilihan bentuk penyajian pembelajaran disesuaikan dengan media pembelajaran yang digunakan. Bila guru akan menggunakan media audio visual, pada saat pembelajaran tentu saja peserta didik disuruh melihat dan mengapresiasi tayangan media audio visual tersebut; (4) mensimulasikan penyajian materi dengan media dan langkah-langkah pembelajaran yang telah dirancang. Pada saat simulasi pembelajaran berlangsung, dilaksanakan juga penilaian dari teman sejawat.

Pada penelitian ini ada beberapa langkah yang disarankan berdasarkan teori di atas yakni: (1) telaah teori-teori dari pakar yang relevan dengan model yang akan dikembangkan (pakar terhadap model), (2) melakukan validasi desain pola awal (*prototipe*) untuk menyempurnakan desain sehingga siap untuk diterapkan, (3) studi pendahuluan untuk mendefinisikan model yang dikembangkan, (4) melakukan telaah yang terkait dengan model yang akan dikembangkan dan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi karakteristik materi, (5) mendesain pola awal MC-GP (*prototipe*) yang disesuaikan dengan karakteristik materi dan uji terbatas pada sekolah, (6) desain pola awal MC-GP yang didasarkan atas teori-teori yang relevan, (7) mengumpulkan teori-teori yang mendukung desain model yang dikembangkan, (8) menyusun desain untuk mengkaji model MC-GP, dan (9) mengkaji model MC-GP berdasarkan kesesuaian dengan desain yang disusun.

3. Develop

Dalam konteks pengembangan model pembelajaran, kegiatan pengembangan (*develop*) dilakukan dengan langkah-langkah: (1) validasi model oleh ahli/pakar terhadap panduan penggunaan model dan perangkat model pembelajaran, tim ahli yang dilibatkan dalam proses validasi terdiri dari pakar teknologi pembelajaran, pakar bidang studi pada mata pelajaran yang sama, pakar evaluasi hasil belajar; (2) revisi model berdasarkan masukan dari para pakar pada saat validasi; (3) uji coba terbatas dalam pembelajaran di kelas, sesuai situasi nyata yang akan dihadapi; (4) revisi model berdasarkan hasil uji coba; (5) implementasi model pada wilayah yang lebih luas. Selama proses implementasi tersebut, diuji efektivitas model dan perangkat model yang dikembangkan. Pengujian efektivitas dapat dilakukan dengan eksperimen atau Penelitian Tindakan Kelas (PTK). Cara pengujian melalui eksperimen dilakukan dengan membandingkan hasil belajar pada kelompok pengguna model dan kelompok yang tidak menggunakan model.

Pengujian efektivitas pembelajaran dapat dilakukan dengan cara mengukur kompetensi sebelum dan sesudah pembelajaran. Apabila kompetensi sesudah pembelajaran lebih baik dari sebelumnya, maka model pembelajaran yang dikembangkan juga dinyatakan efektif.



Gambar 3.1. Tahapan Pembangunan Model MC-GP dengan Modifikasi dari Thiagarajan

Berdasarkan dasar teori pada langkah *develop* tersebut, maka pada penelitian ini dapat dilakukan beberapa langkah: (1)membuat RPP dengan desain model MC-GP; (2)menyusun RPP yang disesuaikan dengan model MC-GP; (3)uji implementasi pada mata pelajaran IPA; (4)menguji MC-GP melalui siklus *action research* meliputi: *plan*, *action*, *observe*, dan *reflection* untuk melihat konsistensi desain (*prototipe*); (5)produk bahan ajar sehingga dihasilkan buku panduan model MC-GP pertama.

4. Disseminate

Thiagarajan membagi tahap dissemination dalam tiga kegiatan yaitu: *validation testing*, *packaging*, *diffusion and adoption*. Pada tahap *validation testing*, produk yang sudah direvisi pada tahap pengembangan kemudian diimplementasikan pada sasaran yang sesungguhnya. Pada saat implementasi dilakukan pengukuran ketercapaian tujuan. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas produk yang dikembangkan. Setelah produk diimplementasikan, pengembang perlu melihat hasil pencapaian tujuan. Tujuan yang belum dapat tercapai perlu dijelaskan solusinya sehingga tidak terulang kesalahan yang sama setelah produk disebarluaskan. Kegiatan terakhir dari tahap pengembangan adalah melakukan *packaging* (pengemasan), *diffusion and adoption*. Tahap ini dilakukan supaya produk dapat dimanfaatkan oleh orang lain. Pengemasan model pembelajaran dapat dilakukan dengan mencetak buku panduan penerapan model pembelajaran. Setelah buku dicetak, buku tersebut disebarluaskan supaya dapat diserap (*diffusi*) atau dipahami orang lain dan digunakan (diadopsi) pada kelas mereka.

Pada konteks pengembangan bahan ajar, tahap *dissemination* dilakukan dengan cara sosialisasi bahan ajar melalui pendistribusian dalam jumlah terbatas kepada guru dan peserta didik. Pendistribusian ini dimaksudkan untuk memperoleh respons, umpan balik terhadap bahan ajar yang telah dikembangkan. Apabila respon sasaran pengguna bahan ajar sudah baik maka baru dilakukan pencetakan dalam jumlah banyak dan pemasaran supaya bahan ajar itu digunakan oleh sasaran yang lebih luas.

SIMPULAN

Berdasarkan kajian yang dilakukan metode yang tepat untuk penyusunan Modul Modul Media Cetak berbasis Gambar Proses (MC-GP) pada pembelajaran kimia dengan pokok bahasan sistem koloid di SMA mengikuti metode pengembangan model 4D (*Define, Design, Develop, Dessiminate*).

DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, D.L. 2012. *Organizational Development: The Process of Leading Organizational Change. 2nd Edition*. Los Angeles: SAGE Publications.
- Anderson. 1994. Remembering Can Cause Forgetting: Retrieval Dynamics in Long-Term Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(5): 1063-1087.
- Arsyad, L. 1997. *Ekonomi Pembangunan/Lincoln Arsyad*. Yogyakarta: STIE.
- Carin & Sund. 1993. *Metode Pembelajaran Terpadu dalam Teori dan Praktek*. Jakarta:PT Remaja Rosdakarya.
- Cubukcu, Z. 2012. Teachers' Evaluation of Student-centred Learning Environments. *Education*, 133(1): 49-66.

- Fadila, S. 2008. *Perkembangan IPA (Sains) di Indonesia*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hamalik. 1989. *Media Pendidikan*. Bandung: Citra aditya.
- KBBI. 2006. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Rosdula Jayaputra.
- Kemp, J.E. & Dayton, D.K. 1985. *Planning and Producing Instructional Media*. New York: Harper & Row Publishers.
- Mustaji & Rusjiono. 2008. *Penelitian Teknologi Pembelajaran*. Surabaya: Unesa University Press.
- Soekarno. 1973. *Dasar-dasar Pendidikan Science*. Jakarta: Bhatara.
- Subiyanto. 1998. *Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Depdikbud.
- Sudjana, N. & Rivai, A. 2007. *Teknologi Pembelajaran*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Sudjana. 1996. *Teknik Analisis Regresi dan Korelasi*. Bandung: Tarsito. Sund & Trowbridge. 1973. *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Tegeh, I.M. 2008. *Media Pembelajaran*. Singaraja: Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Negeri Singaraja.
- Thiagarajan, S. 1974. *Instructional Development for Training Teacher of Exceptional Children a Sourcebook*. Indiana: Indiana University.

Kimia

