

# BIODIVERSITAS TERKINI DANAU HABBEMA PAPUA, INDONESIA

Ary Prihardhyanto Keim  
Kuswata Kartawinata  
Oscar Effendy

Editor  
Elfarisna



# **BIODIVERSITAS TERKINI KAWASAN DANAU HABBEMA PAPUA, INDONESIA**

**Ary Prihardhyanto Kiem  
Kuswata Kartawinata  
Oscar Effendy**

**Editor :  
ELFARISNA**



**Biodiversitas Terkini Kawasan  
Danau Habbema Papua, Indonesia**

Ary Prihardhyanto Kiem  
Kuswata Kartawinata  
Oscar Effendy

Editor :  
**Elfarisna**

ISBN :  
**978-602-0798-02-8**

Penerbit:  
**UM Jakarta Press**  
Jln. KH. Ahmad Dahlan, Cirendeui,  
Ciputat - Tangerang Selatan

BIDANG BOTANI (HERBARIUM BOGORIENSE)  
PUSAT PENELITIAN BIOLOGI  
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA (LIPI)  
CIBINONG, BOGOR  
**bekerjasama dengan**  
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA  
2018

## ABSTRAK

Di kawasan-kawasan antara Wamena, Habbema dan Mbuwa (Kenyam) ditemukan tujuh tipe vegetasi: Hutan Pegunungan Bawah (*Lower Montane Forest*), Hutan Pegunungan Atas (*Upper Montane Forest*), Hutan Berlumut (*Mossy Forest*), Hutan Subalpin (*Subalpine Forest*), Semak Subalpin (*Subalpine Scrub*), Padang Rumput Subalpin (*Subalpine Grassland*), dan Alpin Tropik (*Tropical Alpine*). *Nothofagus brassii* dan *N. pullei* (Nothofagaceae) melimpah dan menjadi tumbuhan penanda Hutan Pegunungan Atas dan Hutan Berlumut. Gambut dataran tinggi menandai kawasan yang masuk ke dalam kelompok tipe vegetasi subalpin dan jenis-jenis tumbuhan penandanya adalah *Papuacedrus papuanus* (Cupressaceae), *Phyllocladus hypophyllus* (Phyllocladaceae), dan *Cyathea tomentosissima* (Cyatheaceae). Di dekat Danau Habbema ditemukan kangguru tanah kecil yang mungkin jenis baru dan untuk sementara diidentifikasi sebagai jenis yang berkerabat dekat dengan *Thylogale browni*. Pembukaan ruas jalan Habbema - Mbuwa - Kenyam memberi dampak kepada ekosistem-ekosistem gambut dataran tinggi dan Danau Habbema serta juga kemungkinan penyebab mati-pucuk pada *Nothofagus* spp. di hutan pegunungan tinggi meskipun bukan faktor utama dan satu-satunya faktor. Faktor utama penyebab mati-pucuk diduga kuat adalah perubahan iklim global terkait fenomena atmosfer *El Niño* yang menyebabkan fluktuasi iklim



yang ekstrem antara musim panas yang berkepanjangan pada satu periode dan penurunan suhu secara ekstrem yang mengakibatkan beku (*frost*) pada periode lain. Secara umum kawasan Danau Habbema masih dalam keadaan baik.

**Kata kunci:** *Dieback*, Gambut Dataran Tinggi, Habbema, mati-pucuk, *Nothofagus*, Papua, *Papuacedrus*, Sub-Alpen, Trikora.

## ABSTRACT

There are seven vegetation types observed along the areas from Wamena, Habbema and Mbuwa (Kenyam): Lower Montane Forest, Upper Montane Forest, Mossy Forest, Subalpine Forest, Subalpine Scrub, Subalpine Grassland, and Tropical Alpine. *Nothofagus brassii* and *N. pullei* (Nothofagaceae) were abundant in and formed the characteristic species of Upper Montane and Mossy Forests. Highland bogs characterise the subalpine vegetation types characterized and dominated by *Papuacedrus papuanus* (Cupressaceae), *Phyllocladus hypophyllus* (Phyllocladaceae), and *Cyathea tomentosissima* (Cyatheaceae). A possible new species of small terrestrial kangaroo species was found in the vicinity of Lake Habbema and is tentatively identified as *Thylogale browni* or its closely related. The construction of Habbema - Mbuwa - Kenyam road has impacted the highland bogs and Lake Habbema ecosystems,

including dieback of in *Nothofagus* spp. in the subalpine forests, although it is neither the main nor the only causal factor. The most important factor that caused dieback is apparently the global climate change related to the El Niño atmospheric phenomenon, which causes extreme climate fluctuation between prolonged drought in one period and frost on the other period.

**Keywords:** Dieback, Habbema, Highland Peatlands, *Nothofagus*, Papua, *Papuacedrus*, Sub-Alpine, Trikora.

## KATA PENGANTAR

Buku ini disusun berdasarkan laporan yang disusun oleh salah seorang dari penulis (Ariy P. Keim) saat dipercaya sebagai konsultan untuk bidang Biologi dalam Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) untuk Proyek Negara Pembangunan Jalan Trans Wamena - Habbema - Kenyam yang mencakup wilayah Kabupaten Jayawijaya dan Nduga, Propinsi Papua. Sebagian dari jalur jalan tersebut melintasi kawasan Taman Nasional Lorentz.

Data yang terkumpul sepenuhnya berdasarkan hasil pengamatan lapangan (survei), yang dilakukan di sepanjang lintasan jalan trans Wamena - Habbema - Kenyam, pada tanggal 24 - 25 Oktober 2014, dan dilengkapi dengan data dari publikasi flora dan vegetasi daerah itu. Jalur jalan melintasi kawasan Hutan Pegunungan Rendah (*Lower Montane Forest*), Hutan Pegunungan Tinggi (*Upper Montane Forest*), Hutan Berlumut (*Mossy Forest*), Hutan Subalpin (*Subalpine Forest*), Semak Subalpin (*Subalpine Scrub*), Padang Rumput Subalpin (*Subalpine Grassland*), dan Vegetasi Alpin Tropik (*Tropical Alpine Vegetation*). Dalam lintasan ini tercakup juga beberapa ekosistem yang khas, seperti Hutan *Nothofagus* (*Beech Forest*), Danau Habbema, lahan gambut dataran tinggi, dan Puncak Trikora, pada elevasi 1.800 - 4.100 m dpl.

Buku ini ditulis berdasarkan data terkini (2014) kawasan Danau Habbema dan sekitarnya, khususnya mengenai tipe-tipe

ekosistem yang diekspresikan dengan tipe vegetasi, dengan keanekaragaman jenis tumbuhan dan habitatnya. Keseluruhannya disajikan dalam bentuk uraian yang dikuatkan dengan foto-foto pendukung dan pustaka terkait. Uraian tentang komponen hewannya diakui tidak terlalu mendalam karena hanya berdasarkan atas observasi singkat di lapangan yang dibantu oleh Oscar Effendy dari Museum Zoologi. Kami mencatat keberadaan takson kangguru tanah kecil yang diduga merupakan jenis baru.

Mati pucuk (*dieback*) pada *Nothofagus* disajikan dalam bahasan tersendiri yang tidak disatukan dengan uraian tentang vegetasi dan botani mengingat pentingnya permasalahan ini terkait dengan status Warisan Dunia (*World Heritage*) Taman Nasional Lorentz. Kehadiran mati pucuk pada *Nothofagus* dalam hutan yang cukup luas yang diasumsikan terkait dengan pembukaan ruas jalan lintas Wamena - Habbema - Kenyam dapat memicu UNESCO untuk mempertimbangkan pencabutan status Taman Nasional Lorentz sebagai sebuah situs Warisan Dunia (*World Heritage site*) meskipun asumsi tersebut masih bersifat hipotesis dan bukti kuat yang mendukung dugaan tersebut belum tersedia. Buku ini mengulas secara mendalam hal ikhwal tersebut.

Aspek pertanian dan teknologi pertanian (agroteknologi) masyarakat secara umum di Pegunungan Jayawijaya, termasuk di seputaran Danau Habbema terutama menjadi fokus Ary P. Keim dan Kuswata Kartawinata dengan review oleh Dr. Ir.

Elfarisna, M.Si dari Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Karena sifat survei yang kualitatif dan deskriptif, maka tidak ada bahasan tentang alat, metode, dan perhitungan dan penyajian secara matematis. Meski dengan data terbatas yang kami miliki dan didukung pustaka yang tersedia, kami berusaha untuk menyajikan uraian tentang keanekaragaman ekosistem seperti dinyatakan dengan vegetasi dan jenis-jenis tumbuhan di kawasan Danau Habbema.

Penulisan ini juga didorong oleh keinginan dan semangat kami untuk memperkenalkan, menumbuhkan kecintaan dan dorongan untuk melestarikan lingkungan dan keanekaragaman hayati di kawasan Danau Habbema. Selain itu kami berharap buku ini dapat memberikan manfaat bukan hanya untuk yang berkepentingan dan memiliki ketertarikan dengan lingkungan hidup di kawasan Danau Habbema, namun juga para mahasiswa peneliti dan penggiat cinta lingkungan.

Diharapkan juga buku ini dapat menjadi salah satu tambahan bahan ajar yang menarik untuk para mahasiswa yang menekuni Biologi atau ilmu-ilmu terkait seperti Agroteknologi, khususnya di universitas-universitas yang berada di Propinsi Papua dan Papua Barat.

**Ary P. Keim, Ph.D. (APK)**

Botany Division (Herbarium Bogoriense)  
Research Centre for Biology  
Indonesian Institute of Sciences  
Jl. Raya Jakarta Bogor Km 46, Cibinong  
Bogor 16911, West Java, Indonesia.

**Prof. Kuswata Kartawinata, Ph.D. (KK)**

Research Associate  
Integrative Research Center,  
The Field Museum of Natural History, 1400

**Oscar Effendy, M.Sc. (OE)**

Zoology Division  
Research Centre for Biology  
Indonesian Institute of Sciences  
Jl. Raya Jakarta Bogor Km 46, Cibinong  
Bogor 16911, West Java, Indonesia.

## **SAMBUTAN REKTOR**

Biodiversitas Terkini Danau Habbema Papua adalah rumpun ilmu dalam bidang studi Biologi yang diajarkan di Fakultas Pertanian, yang mengalami perkembangan pesat dan merupakan ilmu yang amat berguna dalam dinamika pertumbuhan studi ilmu Pertanian. Tulisan tentang ilmu ini sangat terbatas, tetapi tersebar luas pada jurnal-jurnal terkini ilmu Biologi khususnya.

Buku yang dibaca saat ini dengan judul Biodiversitas Terkini Danau Habbema Papua Indonesia dirilis dengan maksud sebagai buku ajar mata kuliah Biologi, Botani, dan Ekologi sehingga bermanfaat terhadap ilmu Biologi serta turunannya yang berkaitan dengan rumpun ilmu Pertanian. Tentu buku dengan tema ini bukan yang terakhir tetapi setidaknya menggerakkan dan mencerahkan terhadap ilmu Pertanian untuk memberikan sumbangan secara realistis. Dalam perkembangan selanjutnya tentu kesempurnaan buku ini akan terus menerus disesuaikan terhadap perkembangan falsafah berfikir serta teori-teori yang semakin mapan untuk menjadi perhatian pada penerapannya. Buku ini secara nyata sebagai sumbangan pada mahasiswa Pertanian dan Biologi khususnya serta praktisi dalam memuliakan keilmuan.

Kampus UMJ Cireundeu, Oktober 2018

Rektor,

**Prof. Dr. H. Syaiful Bakhri, SH, MH**



## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	.....	vi
Daftar Isi	.....	xii
Pendahuluan	.....	1
Botani Danau Habbema	.....	7
<i>Dieback Nothofagus</i>	.....	75
Agroteknologi Danau Habbema	.....	102
Ucapan Terimakasih	.....	141
Daftar Pustaka	.....	143

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	<i>Syzygium</i> sp	.....	47
Gambar 2.	<i>Poaceae, Ericaceae</i> dan <i>Pandanaceae</i>	.....	48
Gambar 3.	<i>Nothofagaceae</i>	.....	48
Gambar 4.	<i>Nothofagaceae</i> dan <i>Podocarpaceae</i>	.....	49
Gambar 5.	<i>Nothofagus brassii</i> dan <i>N.</i> <i>pullei</i>	.....	50
Gambar 6.	A. <i>Pandanaceae</i> B. <i>Cyathea pseudomuelleri</i> C. <i>C. imbricata</i> D. <i>Cyathea pseudomuelleri</i>	..... ..... ..... .....	51 51 51 51
Gambar 7.	Sarang Semut	.....	52
Gambar 8.	A. <i>Rhododendron brassii</i> B. <i>R. flavoviride</i> ;	..... .....	53 53

	<i>C. R. subcrenulatum</i>	.....	53
	<i>D. R. spondylophyllum</i>	.....	53
	<i>E. R. beyerinckianum</i>	.....	53
	<i>F. R. agathodaemonis</i>	.....	53
	<i>G. R. gaultheriifolium</i>	.....	53
	<i>H. R. rhodochroum</i>	.....	53
	<i>I. R. oreites</i>	.....	53
Gambar 9.	<i>Rhododendron kogo</i>	.....	54
Gambar 10.	<i>Papuacedrus papuana</i>	.....	54
Gambar 11.	Jalan trans Jayawijaya	.....	55
Gambar 12.	Batas Hutan Berlumut dan Hutan Subalpin	.....	56
Gambar 13.	<i>Papuacedrus papuana</i>	.....	57
Gambar 14.	<i>Phyllocladus hypophyllus</i>	.....	58
Gambar 15.	<i>Schefflera monticola</i>	.....	59
Gambar 16.	Profil tanah di Semak Subalpin	.....	60
Gambar 17.	<i>Myrmecodia brassii</i> dan <i>M.</i> <i>lamii</i>	.....	61
Gambar 18.	<i>Rhododendron saxifragoides</i>	.....	62
Gambar 19.	Tiga tipe vegetasi subalpin di seputar Danau Habbema	.....	63
Gambar 20.	Semak Subalpin	.....	64
Gambar 21.	Padang Rumput Subalpin	.....	65
Gambar 22.	Padang Rumput Subalpin yang ditopang oleh tanah gambut	.....	66
Gambar 23.	<i>Cyathea tomentosissima</i>	.....	67
Gambar 24.	Komunitas <i>Cyathea</i> <i>tomentosissima</i>	.....	68
Gambar 25.	<i>Sphagnum sp</i> dan <i>Zygodon</i>	.....	69
Gambar 26.	Padang Rumput Subalpin pada elevasi 3.700–4.000 m	.....	70

	dpl.		
Gambar 27.	Padang Rumput Subalpin pada ketinggian 3.700-4.000 m dpl.	.....	70
Gambar 28.	<i>Drymis</i> sp. dan <i>Trachymene novoguineensis</i>	.....	71
Gambar 29.	Vegetasi Alpin Tropik	.....	71
Gambar 30.	Formasi batuan kapur	.....	72
Gambar 31.	<i>Cyathea tomentosissima</i> sebagai perawakan pohon di kaki Vegetasi Alpin Tropik	.....	73
Gambar 32.	Tumbuhan di Vegetasi Alpin Tropik pada ketinggian sekitar 4.000 m dpl.	.....	74
Gambar 33.	Mati-pucuk pada populasi <i>Nothofagus</i> sp	.....	87
Gambar 34.	Mati-pucuk pada populasi <i>Nothofagus</i> sp di Pelabaga	.....	88
Gambar 35.	Mati-pucuk di Kulagaima	.....	89
Gambar 36.	Mati-pucuk di Tulem	.....	90
Gambar 37.	Populasi <i>Nothofagus</i> spp. yang sangat sehat di Pass Valley	.....	91
Gambar 38.	A. Lahan yang dibakar oleh masyarakat untuk perladangan	.....	92
	B. Beberapa pohon yang tampak kering karena mengering secara alami	.....	92
Gambar 39.	Mati-pucuk di Kimbim-Piramid	.....	93

Gambar 40.	Mati-pucuk di kawasan Bolakme - Tagime .....	94
Gambar 41.	Mati-pucuk di Hutan Pegunungan Tinggi kawasan Habbema .....	94
Gambar 42.	Penebangan <i>Nothofagus</i> sp. di kawasan hutan pegunungan tinggi .....	95
Gambar 43.	Mati-pucuk di hutan pegunungan tinggi pada elevasi sekitar 3300 m dpl. ....	96
Gambar 44.	Eksplorasi di Kebun Biologi Wamena .....	97
Gambar 45.	A. Hasil tebang liar .....	98
	B. Warna kemerahan pada potongan-potongan kayu .....	98
Gambar 46.	Mati-pucuk pada ketinggian sekitar 2000-2200 m dpl. ....	99
Gambar 47.	Ruas jalan Wamena - Habbema .....	100
Gambar 48.	A. Hutan pegunungan tinggi di kawasan Danau Habbema tahun 1938 .....	101
	B. Hutan pegunungan tinggi di kawasan Danau Habbema tahun 2011 .....	101
Gambar 49.	Kultivar ubi jalar .....	111
Gambar 50.	Lahan bercocok tanam tradisional ubi jalar .....	112
Gambar 51.	Pertanian tradisional ubi .....	113

	jalar	
Gambar 52.	Pertanian padi sawah di kawasan Tulem	113
Gambar 53.	Kultivar talas Pegunungan Jayawijaya	114
Gambar 54.	Kultivar talas pada kawasan Lembah Baliem	115
Gambar 55.	Ladang pertanian talas	116
Gambar 56.	<i>Cyrtosperma merkusii</i> dan <i>Xanthosoma sagittifolium</i>	117
Gambar 57.	<i>Dioscorea esculenta</i>	124
Gambar 58.	A. Pain merah	125
	B. Pain kuning	125
	C. Pain putih	125
	D. Pain secara umum	125
Gambar 59.	Kultivar-kultivar pisang jenis <i>Musa acuminata</i>	126
Gambar 60.	Pandan buah merah	127
Gambar 61.	Variasi morfologi Pandan buah merah	128
Gambar 62.	Pandan buah merah yang dijual di pasar tradisional	129
Gambar 63.	Buah majemuk	132
Gambar 64.	Kebun dengan ketiga jenis pandan	133
Gambar 65.	Saluke	134
Gambar 66.	Sowa	137
Gambar 67.	Bibit sowa	138
Gambar 68.	<i>Pandanus antaresensis</i>	139
Gambar 69.	<i>Pandanus antaresensis</i> semi liar	140



## I. PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati di pulau Nugini (New Guinea)<sup>1</sup> tergolong unik. Dari sudut pandang fitogeografi Nugini adalah satu-satunya massa besar daratan yang berasal dari Gondwana<sup>2</sup> (Van Royen 1980; Audley-Charles 1987; Pigram dan Panggabean 1984; Pigram dan Davies 1987; Potts dan Behrensmeyer 1992; Metcalfe 1996; Hall 1998; Holloway dan Hall 1998), yang diperkirakan masih mempertahankan sebagian besar flora aslinya. Lebih jauh lagi, hanya di Nugini terdapat kawasan massa besar daratan kontinental (*continental*)<sup>3</sup> bertemu dengan massa daratan oseanik (*oceanic*)<sup>4</sup>, yaitu Kepulauan Raja Ampat, yang menghubungkan flora Nugini dengan Kepulauan Filipina dan Sulawesi<sup>5</sup> (Beccari 1919a dan 1919b; Lam 1945a dan 1945b; van Steenis 1961 dan

---

<sup>1</sup> Nugini merujuk kepada wilayah yang mencakup Propinsi Papua dan Papua Barat dalam lingkup Negara Kesatuan Republik Indonesia dan Republik Papua Nugini beserta pulau-pulau satelitnya.

<sup>2</sup> Massa daratan besar (*super continent*) pada jaman Kambrium (sekitar 570 juta tahun yang lalu) yang tersusun atas massa-massa daratan yang di masa sekarang dikenal sebagai Antartika (Kutub Selatan), Afrika, Amerika Selatan, Australia, Madagaskar, India, Sri Langka, dan Nugini.

<sup>3</sup> Massa daratan yang pada suatu waktu pernah merupakan bagian dari salah satu jazirah atau benua di jaman purbakala, yaitu Laurasia dan Gondwana. Secara umum kedua benua purbakala tersebut dikenal sebagai paparan Sunda (untuk Laurasia) dan Sahul (untuk Gondwana). Dalam kaitan dengan Nugini, massa daratan, di mana Nugini pernah bergabung adalah Gondwana.

<sup>4</sup> Massa daratan yang tidak pernah bergabung dengan jazirah atau benua di masa lalu. Dengan kata lain, massa daratan oseanik selalu sudah merupakan pulau atau kepulauan semenjak awal pembentukannya.

<sup>5</sup> Dengan kata lain Kepulauan Raja Ampat bertindak sebagai jembatan floristik (*floristic bridge*) antara Nugini dan Kepulauan Filipina, Maluku, dan Sulawesi. Di kawasan seperti itu, bukan hanya endemisme yang tinggi, tetapi juga keanekaragaman jenis, terkait dengan pertukaran biota dan pembentukan spesies baru (melalui *genetic drift* dan isolasi geografis).



1979; van Balgooy 1971; Pajjman 1976; Walker 1979; Johns 1982; Keim *et al.* 2007; Keim 2008).

Selain itu, Nugini juga terisolasi dari daratan-daratan besar di sekitarnya dalam kurun waktu yang sangat lama sehingga bukanlah hal yang luar biasa bila diketahui fakta bahwa lebih dari separuh jenis-jenis biota di kawasan ini adalah endemik<sup>6</sup> (van Balgooy 1971 dan 1976; Johns 1982; Beehler *et al.* 1986; Prance *et al.* 2000).

Indonesia memiliki bagian yang terbesar dari Nugini, terutama Propinsi Papua. Berkaitan dengan fakta di atas, Indonesia telah dinyatakan sebagai salah satu dari tiga negara yang memiliki keanekaragaman hayati terbesar di dunia<sup>7</sup> (Collins *et al.* 1991; Spellerberg dan Sawyer 1999). Tidak tertutup kemungkinan bahwa Indonesia bahkan berada pada peringkat pertama karena jumlah keanekaragaman hayati di Nugini belum terungkap seluruhnya (Prance *et al.* 2000), terutama di kawasan Pegunungan Tengah Papua<sup>8</sup> dan kawasan-kawasan lain di sekitarnya seperti Pegunungan Foja dan Lembah Sungai Mamberamo (Anonim 2005a dan 2007; Seligmann *et al.* 2007; Keim 2012).

Keanekaragaman hayati yang tinggi berarti potensi pemanfaatan Sumber Daya Hayati (SDH) yang tinggi pula

---

<sup>6</sup> Khas, tidak dijumpai di kawasan lain di dunia.

<sup>7</sup> Dua yang lain adalah Brasil dan Kongo.

<sup>8</sup> Dalam kaitan dengan laporan ini, kawasan Pegunungan Jayawijaya, mencakup juga Lembah Baliem.

untuk kegiatan *bioprospecting*<sup>9</sup> atau **pencarian hayati**. Sayangnya pemanfaatan SDH di kawasan Pegunungan Tengah Papua terkendala oleh beberapa faktor, terutama keterbatasan akses menuju kawasan itu sendiri. Hingga saat ini kawasan Pegunungan Tengah Papua hanya dapat dijangkau melalui udara. Jadwal penerbangan dari dan ke kawasan tersebut masih terbatas, karena terkendala oleh kondisi cuaca<sup>10</sup> dan masih kurangnya frekuensi penerbangan (Keim dan Wiharja 2009). Pembangunan infrastruktur darat<sup>11</sup> otomatis menjadi prioritas pembangunan di wilayah tersebut guna mengakhiri keterasingan seraya meningkatkan taraf kehidupan masyarakatnya (*lihat* Anonim 1999; Solossa 2005).

Pembangunan jalan trans Jayawijaya<sup>12</sup> telah dilaksanakan setidaknya sejak awal 1990-an<sup>13</sup>, yaitu segmen Wamena – Habbema – Lany Jaya (Tiom)<sup>14</sup> (*lihat* Anonim 1999). Sementara

---

<sup>9</sup> Secara umum *bioprospecting* atau **pencarian hayati** dapat difahami sebagai suatu usaha untuk mencari senyawa-senyawa kimia bermanfaat dari organisme yang masih hidup liar, dan upaya ini merupakan sumber keuangan potensial untuk konservasi keanekaragaman hayati (Rausser dan Small 2000). Dengan kata lain, pencarian hayati adalah sisi ekonomi dari konservasi SDH. Bila dilaksanakan dengan baik pencarian hayati dapat menjadi kegiatan ekonomi penghasil salah satu sumber Penghasilan Asli Daerah (PAD) yang penting. Di kawasan Jayawijaya, hasil pencarian hayati yang selama ini sudah dilakukan antara lain adalah produksi sari “buah merah” (*Pandanus conoideus*; Pandanaceae), “sarang semut” (*Myrmecodia* spp.; Rubiaceae), dan “udang selingkuh” (*Carex monticola*; Parastaciade).

<sup>10</sup> Seringnya kabut turun seketika, terutama pada pagi dan petang hari. Ini bukanlah hal yang luarbiasa di dataran tinggi bahkan di daerah yang lebih rendah di Nugini, yang umumnya dipenuhi tipe hutan berkabut (*cloud forests*; lihat Doumenge *et al.* 1994).

<sup>11</sup> Jalan darat.

<sup>12</sup> Jalan yang menghubungkan wilayah-wilayah di kawasan Pegunungan Jayawijaya.

<sup>13</sup> Di masa kepemimpinan J.B. Wenas, Bupati Jayawijaya

<sup>14</sup> Menghubungkan Wamena dengan wilayah-wilayah di bagian barat.

itu ruas jalan trans Jayawijaya segmen Wamena – Habbema – Kenyam baru dilaksanakan pada pertengahan tahun 2000-an<sup>15</sup>. Meskipun demikian, pembangunan infrastruktur darat tersebut bila tidak dibarengi dengan upaya konservasi dan AMDAL yang baik dikuatirkan akan menimbulkan kerusakan dan bahkan kepunahan jenis biota sebelum diketahui potensi pemanfaatannya.

Upaya konservasi biota di Pegunungan Tengah Papua bukan hal baru. LIPI<sup>16</sup> setidaknya telah melaksanakan upaya tersebut sejak tahun 1990, yang diikuti dengan pembangunan tapak konservasi *ex-situ* di Wamena (*lihat* Latupapua 2008; Anonim 2005b; Darnaedi 2008; Suparjadi 2005; Supriatna 2005) yang berupa sebuah Kebun Biologi di Wamena (KBW)<sup>17</sup> seluas 150 hektar di kawasan Gunung Susu<sup>18</sup> (*lihat* Susanto 2005; Latupapua 2008). Tujuan utama pembangunan KBW adalah untuk menyediakan lahan yang dapat berfungsi sebagai kawasan konservasi *ex-situ*<sup>19</sup> untuk biota Pegunungan Tengah Papua dan Taman Nasional Dan Warisan Dunia Lorentz, yang letaknya berbatasan langsung dengan kawasan Jayawijaya bagian selatan (*lihat* Latupapua 2008).

---

<sup>15</sup> Menghubungkan Wamena dengan wilayah-wilayah di bagian selatan. Ide pembangunan jalan trans Wamena – Habbema – Kenyam sebenarnya sudah pernah dibicarakan pada masa kepemimpinan Bupati J.B. Wenas pada tahun 1990-an, bersamaan dengan perencanaan pembangunan jalan trans barat Wamena tersebut.

<sup>16</sup> Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, khususnya Pusat Penelitian Biologi.

<sup>17</sup> Pembangunan fisik dimulai tanggal 12 Juni 1995.

<sup>18</sup> Sekitar 8 km sebelah utara kota Wamena

<sup>19</sup> KBW merupakan tapak *ex-situ* pertama yang dibangun di Kawasan Timur Indonesia dan oleh bangsa Indonesia sendiri.

Kegiatan yang pernah dilaksanakan oleh LIPI untuk membina dan memanfaatkan SDH di sana antara lain adalah serangkaian inventarisasi, koleksi, analisis dan penelitian biota, di kawasan Wamena dan sekitarnya sampai ke Danau Habbema. Kerjasama yang erat dengan Pemerintah Daerah Kabupaten Jayawijaya telah terbina bahkan sejak pertama kali LIPI hadir di Wamena (*lihat* Susanto 2005; Solossa 2005; Jigibalom dan Way 2005; Morin 2005).

Dengan kata lain, dalam kaitan dengan pembukaan jalan trans Jayawijaya ini upaya konservasi *ex-situ* SDH untuk kawasan Pegunungan Jayawijaya sebenarnya sudah berjalan dengan baik. Penyusunan AMDAL yang lebih baik perlu mendapat perhatian yang serius dan kegiatan pengamatan lapangan (survei) telah dilakukan untuk menunjang pembuatan AMDAL tersebut.

Kawasan-kawasan tersebut memang telah lama menarik perhatian para ilmuwan, terutama di bidang biologi dan geologi. Keunikan ekosistem yang terkait dengan ketinggian tempat<sup>20</sup> dan sejarah geologi pembentukannya<sup>21</sup> agaknya menjadi faktor penarik perhatian utama. Beberapa ekspedisi ilmiah di kawasan Danau Habbema dan sekitarnya telah dilakukan sebelumnya seperti dilaporkan oleh Brass (1941a dan

---

<sup>20</sup> Yang menghasilkan ekosistem alpin di kawasan tropik (*tropical alpine*).

<sup>21</sup> Sejarah pembentukan pegunungan Nugini (*New Guinea orogen*) yang membentang di sepanjang bagian tengah daratan besar tersebut yang terjadi dari tumbukan dua massa daratan besar hasil pemisahan dari Australia yang berasal dari dua jaman yang berbeda. Untuk data selengkapnya dapat dirujuk Pigram dan Panggabean (1984) dan Pigram dan Davies (1987).

1941b; lihat juga Brass 2012), Archbold *et al.* (1942), dan Hope (1976a). Beberapa ulasan penting khusus tentang marga *Nothofagus* telah dibuat oleh van Steenis (1953 dan 1968) dan ulasan flora Pegunungan Tinggi Nugini oleh van Royen (1980). Ekspedisi ilmiah terbaru dilakukan oleh Kebun Biologi Wamena, LIPI, pada tahun 2011 dan Herbarium Bogoriense, LIPI, pada tahun 2013.

Pengamatan lapangan dan survei keanekaragaman hayati dan ekologi yang dilakukan kali ini selain mengumpulkan data terbaru juga melakukan perbandingan dengan data-data yang telah terkumpul dalam penelitian-penelitian sebelumnya guna mengetahui dinamika ekosistem dan taraf perubahan yang terjadi pada ekosistem serta memberikan saran untukantisipasi terhadap perubahan tersebut apabila sudah pada taraf membahayakan.

## II. BOTANI KAWASAN DANAU HABBEMA

Vegetasi adalah mosaik komunitas tumbuhan dalam suatu lanskap (Kuchler 1967) atau kawasan geografi (Walter 1971), sedangkan suatu komunitas adalah sekelompok tumbuhan dari berbagai spesies yang saling berinteraksi dan menempati suatu habitat atau tempat. Jadi dalam suatu vegetasi yang terlibat hanyalah tumbuhan. Jika faktor lingkungan (fisik dan biotik) diintegrasikan ke dalam suatu vegetasi, maka akan terbentuk suatu ekosistem.

Tipe-tipe ekosistem dapat dikenal dengan berbagai ciri, tetapi yang paling mudah digunakan adalah ciri-ciri vegetasi. Vegetasi merupakan wujud fisiognomi (penampakan luar) dari interaksi antara tumbuhan, hewan dan lingkungan mereka (Webb dan Tracey 1994). Oleh karena itu tipe vegetasi dapat digunakan sebagai pengganti dan wakil ekosistem dan juga karena vegetasi lebih mudah dikenal dan diteliti (Specht 1981).

Faktor lingkungan, terutama iklim dan tanah, menentukan struktur, komposisi spesies dan sebaran geografi vegetasi. Hubungan antara vegetasi dan tanah sangat erat sehingga dapat dianggap sebagai suatu seutuhan (*entity*). Lingkungan tumbuhan adalah semua faktor (terutama suhu, air, kimia dan fisik) yang mempengaruhinya, yang disebut "habitat" (Walter 1973).

Dalam survei di kawasan Danau Habemma tercatat delapan tipe vegetasi<sup>22</sup> yang ditemukan di kawasan-kawasan

---

<sup>22</sup> Secara umum dapat disetarakan dengan ekosistem (Kartawinata 2013)

yang dilintasi ruas jalan trans Jayawijaya, yaitu: Hutan Pegunungan Bawah (*Lower Montane Forest*), Padang rumput pegunungan bawah (*Lower montane grassland*), Hutan Pegunungan Atas (*Upper Montane Forest*), Hutan Berlumut (*Mossy Forest*), Hutan Subalpin (*Subalpine Forest*), Semak Sub-Alpin (*Subalpine Shrubbery*), Padang Rumput Subalpin (*Subalpine Grassland*), dan Vegetasi Alpin Tropik (*Tropical Alpine Vegetation*). Temuan ini tidak berbeda jauh dengan temuan sebelumnya oleh Brass (1941a dan 1941b), Archbold dkk. (1942), dan Hope (1976a) serta sintesis oleh Johns dkk. (2007). Sementara itu dalam lanskap sekitar danau Habbema, Kartawinata (2013) menunjukkan kehadiran hutan subalpine, padang rumput pada lahan kering, padang rumput rawa, savanna pohon dan savanna paku pohon.

### **1. Hutan Pegunungan Bawah (*Lower Montane Forest*); Gambar 1.**

Hutan Pegunungan Bawah terdapat di sekitar Lembah Baliem, mulai dari titik nol hingga batas jalan menuju Napua, pada elevasi 1.700 - 2.000 m dpl. Flora didominasi oleh jenis pepohonan asli, seperti *Alphitonia incana* (Rhamnaceae), *Ardisia lanceolata* (Myrsinaceae), *Bischoffia javanica* (Euphorbiaceae), *Casuarina oligodon* (Casuarinaceae), *Chionanthus ramiflorus* (Oleaceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Elaeocarpus sphaericus* (Elaeocarpaceae), *Eurya romeri* (Theaceae), *Ficus adenosperma* (Moraceae), *Flacourtia indica* (Flacourtiaceae), *Glochidion novoguineensis*, *G. rubrum*, *G. superbum*, *G. vinkianum*, *G. wisselense* (Euphorbiaceae), *Gordonia papuana* (Theaceae),



*Grevillea papuana* (Proteaceae), *Mischocarpus sundaicus* (Sapindaceae), *Maesa haplobotrys* (Myrsinaceae), *Octomyrtus pleiopetala* (Myrtaceae), *Omalanthus novoguineensis* (Euphorbiaceae), *Pandanus adinobotrys*, *P. conoideus* (Pandanaceae), *Pittosporum ferrugineum*, *P. ramiflorum* (Pittosporaceae), *Rapanea lanceolata* (Myrsinaceae), *Rhododendron herzogii*, *R. macgregoriae* (Ericaceae), *Saurauria affoculata* (Actinidiaceae), *Schefflera lucida*, *S. secunda* (Araliaceae), *Syzygium attenuatum*, *S. plumerum*, *S. pycnanthum*, *S. rosaceum*, *S. verstiegii* (Myrtaceae), dan *Vaccinium varingiaefolium* (Ericaceae).

Jenis-jenis tumbuhan introduksi yang kehadirannya nyata adalah *Calistemon citrinus*<sup>23</sup> (Rutaceae), *Calliandra tetragona* (Fabaceae), *Eucalyptus papuana*<sup>24</sup> (Myrtaceae), *Paraserianthes falcataria* (Fabaceae), dan *Salix babylonica*<sup>25</sup> (Salicaceae). *Calistemon citrinus* dan *Salix babylonica* sangat umum ditemukan di kawasan perkotaan Wamena dan sekitarnya hingga ke Napua dan Pelabaga.

---

<sup>23</sup> *Calistemon citrinus* atau nama daerahnya 'karoleken' di-introduksi oleh LIPI (Kebun Biologi Wamena) sekitar tahun 1975 dengan tujuan awal sebagai pakan lebah madu. Bibitnya didatangkan dari Kebun Raya Bali dan Cibodas. *Callistemon*

<sup>24</sup> Di-introduksi oleh misionaris dari Australia dan LIPI (sumber bibit dari Merauke). LIPI juga meng-introduksi jenis lain, yaitu *E. deglupta* dari Maluku.

<sup>25</sup> *Salix favonica* atau nama daerahnya 'wilo' adalah jenis yang diintroduksi oleh para penyebar agama (misionaris) dari Australia dan juga di masa kepemimpinan Bupati J.B. Wenas dari Eropa dengan tujuan untuk meredam penebangan liar jenis-jenis asli Pegunungan Tengah Papua. *Salix favonica* (Salicaceae) sendiri merupakan jenis tumbuhan asli Eropa, khususnya Eropa Utara dan dengan kondisi iklim yang hampir mirip membuatnya mampu bertahan dengan baik di Pegunungan Jayawijaya. Dalam bahasa Inggris jenis ini dikenal dengan nama 'willow', yang diadaptasi oleh masyarakat Lembah Baliem (Wamena dan Tiom) dengan nama 'wilo'

Johns dkk. (2007) menyatakan bahwa di Papua secara keseluruhan spesies pohon yang mencirikan hutan pegunungan bawah antara lain adalah *Castanopsis acuminatissima*, yang berasosiasi dengan *Lithocarpus* dan *Araucaria*. Pada elevasi 1.700 m dpl terdapat transisi ke hutan berlumut yang dicirikan oleh hutan *Nothofagus*. Suku-suku yang umum terdapat dalam hutan pamah juga banyak terdapat dalam hutan ini, seperti Anacardiaceae, Annonaceae, Burseraceae, Dipterocarpaceae, Ebenaceae, Euphorbiaceae, Guttiferae, Leguminosae, Meliaceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Sapotaceae dan Sterculiaceae. Jenis-jenis dari suku Cunoniaceae, Elaeocarpaceae, Fagaceae, Lauraceae, dan Podocarpaceae semakin penting sejalan dengan peningkatan elevasi.

Secara garis besar kawasan Hutan Pegunungan Bawah di sepanjang jalan trans Jayawijaya rute Wamena - Napua masih dalam keadaan baik dan perubahan ekosistem yang diakibatkan oleh pembangunan jalan trans Jayawijaya belum mencapai tahapan yang membahayakan. Hasil *survei* menunjukkan bahwa tata kelola perairan (*hydrological management*) yang relatif baik merupakan faktor terpenting yang menyokong bertahannya daya dukung ekosistem tersebut. Aliran sungai dari Napua ke Lembah Baliem relatif baik dan terpelihara.

Penebangan liar di hutan ini sedikit sekali dan kawasan yang didominasi padang rumput terbuka dan savana yang terdapat di kawasan hutan pegunungan merupakan ekosistem

alami yang telah hadir sejak dahulu seperti dilaporkan juga oleh Brass (1941a dan 1941b). Dengan kata lain, hamparan padang rumput tersebut bukan merupakan dampak dari penebangan hutan secara besar-besaran dan bukan pula disebabkan oleh pembukaan jalan trans Jayawijaya. Tanah longsor sebagai dampak dari penebangan liar kerap teramati di sepanjang ruas jalan Napua - Habbema.

## **2. Padang Rumput Pegunungan Bawah (*Lower montane grassland*); Gambar 2,**

Sebagian terbesar kawasan Napua pada elevasi > 1.800 m dpl. didominasi oleh hamparan padang rumput yang luas. Kondisi yang tidak berbeda jauh dengan hasil survei yang dilakukan sebelumnya (Brass 1941a dan 1941b; Archbold *dkk.* 1942). Di padang rumput yang luas tersebut hanya sedikit terdapat jenis-jenis pohon kecil dan perdu, antara lain dari suku Ericaceae (terutama *Rhododendron herzogii*, *R. macgregoriae*, dan *Vaccinium varingiaefolium*), Melastomataceae (*Medinella speciosa*), dan Pandanaceae (terutama *P. adinobotrys*).

## **3. Hutan Pegunungan Atas (*Upper Montane Forest*); Gambar 3, 4, 7 dan 8.**

Hutan Pegunungan Atas terdapat di bagian atas Napua (terutama di pertigaan jalan Napua - Habbema - Pelabaga) dari mulai elevasi 2.000 m dpl. sampai mendekati 3.000 m dpl. Tipe vegetasi ini ditandai oleh kehadiran yang menonjol berbagai jenis dari suku Elaeocarpaceae, Fagaceae, dan (terutama)

Nothofagaceae. Beberapa jenis pohon yang dapat dikenal adalah *Castanopsis acuminatissima*, *Lithocarpus rufovillosus* (Fagaceae), *Elaeocarpus dollmanensis*, *Sloanea archboldiana* (Elaeocarpaceae), dan tujuh jenis *Nothofagus*, yaitu *N. bernhardii*, *N. brassii*, *N. crenata*, *N. dura*, *N. pullei*, *N. resinosa*, dan *N. starkenborghi*<sup>26</sup> (van Steenis 1953). Dari tujuh jenis *Nothofagus* tersebut, dua jenis yang paling umum ditemukan dalam vegetasi ini adalah *N. brassii* dan *N. pullei*.

Mengingat jenis-jenis *Nothofagus* (terutama *N. brassii* dan *N. pullei*) mendominasi vegetasi di kawasan hutan ini, maka Hutan Pegunungan Atas ini dapat disebut sebagai Hutan *Nothofagus* atau *Beech Forest*. Selain dari itu dalam hutan *Nothofagus* tersebut ditemukan pula jenis-jenis pohon lain dari suku Myrtaceae, seperti *Metrosideros pullei*<sup>27</sup> dan *Syzygium rosaceum*. Perlu dicatat bahwa di kawasan Habemma *Metrosideros pullei* hanya terdapat dalam Hutan Pegunungan Atas ini.

Jenis dari suku Pandanaceae yang terlihat adalah jenis-jenis daerah tinggi, seperti *Pandanus julianetti*, *P. brosimos*, dan *P. iwen*. *Pandanus conoideus* yang sangat melimpah di Hutan Pegunungan Bawah tidak lagi terlihat. Adalah suatu fakta bahwa *P. conoideus* di Pegunungan Jayawijaya (terutama di

---

<sup>26</sup> Heads (2001) hanya menyebutkan lima jenis. Apapun itu, *Nothofagus brassii* dan *N. pullei* tetap merupakan jenis-jenis yang dominan di Hutan Pegunungan Tinggi dan Hutan Berlumut (i.e. Hutan *Nothofagus/beech forest*) di Pegunungan Jayawijaya.

<sup>27</sup> Jenis dari suku Myrtaceae dengan batang yang paling keras dan merupakan jenis endemik di Pegunungan Jayawijaya, khususnya di Hutan Pegunungan Atas ini.

Lembah Baliem) selalu ditemukan sebagai jenis tumbuhan budidaya.

Dalam hutan *Nothofagus* tersebut kehadiran 'paku tiang' dari marga *Cyathea* (Cyatheaceae) sangat menyolok, antara lain *C. imbricata*, *C. papuana*, dan *C. pseudomuelleri*. Dari tiga jenis tersebut, *C. pseudomuelleri* adalah jenis yang paling banyak ditemukan. Di luar kawasan Habemma *Cyathea pseudomuelleri* hanya diketahui tumbuh di beberapa tempat di kawasan Trikora pada elevasi sekitar 3200 m dpl. (lihat Large dan Braggins 2004).

Kehadiran *Gymnospermae* dalam hutan Pegunungan Atas ini juga sangat nyata, terutama jenis-jenis dari suku Podocarpaceae, seperti *Podocarpus brasii*, *P. pilgeri*, *Dacrycarpus cinctus*, *D. compactus*, dan *D. imbricatus*. Jenis lain yang juga tumbuh di sini adalah *Araucaria cunninghamii* (Araucariaceae). Mereka adalah pohon-pohon besar yang berbagi dominasi dengan jenis-jenis *Nothofagus*.

Keragaman jenis dari suku Ericaceae juga sangat nyata, terutama sekali jenis-jenis dari marga *Rhododendron* yang di pegunungan tinggi Papua tercatat sebanyak 47 jenis (Sleuner 1966). Di sini setidaknya tercatat 9 jenis, yang semuanya endemik di pegunungan tinggi Nugini. Lima jenis di antaranya hanya ditemukan di kawasan Danau Habbema, yaitu *R. brasii*, *R. flavoviride*, *R. oreites*, *R. rhodochroum*, dan *R. Subcrenulatium*; sementara enam jenis lainnya ditemukan juga di pegunungan-pegunungan tinggi Nugini, yaitu *R. agathodaemonis*, *R. beyerinckianum*, *R. gaultheriifolium*, dan *R. Spondylophyllum*. Dua

jenis lainnya (*R. kogo* dan *R. saxifragoides*) ditemukan di tipe-tipe vegetasi di elevasi yang lebih tinggi.

Dalam hutan ini banyak ditemukan 'Sarang semut' (*Myrmecodia* spp.; Rubiaceae) yang berupa epifit. Jenis-jenis yang utama meliputi *M. brassii* dan *M. lamii*. Dua jenis *Hydnophytum* terdapat juga di sini, yaitu *H. crassicaule* dan *H. vacciniifolium*. Kehadiran *Hydnophytum* sebagai epifit dalam hutan ini tidak seumum *Myrmecodia*.

Hutan Pegunungan Atas merupakan penghasil kayu utama, terutama jenis-jenis dari suku-suku Podocarpaceae, Fagaceae, dan Nothofagaceae, sehingga sangat rentan terhadap penebangan liar yang pada akhirnya dapat menyebabkan longsor. Bukti-bukti penebangan liar banyak dijumpai di hutan ini, terutama di lokasi yang dekat dengan Danau Habbema pada elevasi 2.500 - 3.000 m dpl., di kawasan yang termasuk ke dalam wilayah ulayat (adat) beberapa suku di sekitar Danau Habbema. Pihak Taman Nasional Lorentz, yang wilayahnya mencakup juga sebagian besar kawasan tersebut, tidak dapat berbuat banyak untuk mencegahnya karena terkendala Undang Undang Hak Ulayat.

Di hutan ini pula ditemukan fenomena mati pucuk (*dieback*), yaitu nekrosis pada pucuk tumbuhan yang dimulai dari ujung dan terus merambah ke bawah dan ke arah batang utamanya (Rifai 2004) yang akhirnya mematikan batang pohon secara keseluruhan. Mati pucuk tersebut tampak sangat jelas, terutama pada jenis-jenis *Nothofagus*. Fenomena tersebut terlihat juga pada jenis-jenis dari suku Fagaceae, terutama

*Lithocarpus rufovillosus*, namun cakupannya tidak seluas seperti yang terjadi pada *N. brassii* dan *N. pullei* sehingga kerap kali fakta ini terlewatkan. Dari pengamatan selama survei mati pucuk ini sudah teramati di lokasi yang jauh sebelum jalan trans Jayawijaya menyentuh kawasan Danau Habbema

Dalam pengamatan lapangan sebelumnya bahkan kasus mati pucuk tersebut ditemukan juga pada *Nothofagus* spp. yang tumbuh di kawasan Tulem, yang terletak di sebelah utara kota Wamena di arah yang berlawanan dan jauh dari lokasi pembuatan jalan trans Jayawijaya tersebut (Keim dan Wiharja 2009). Bahkan pengamatan lapangan yang dilakukan salah seorang dari penulis (APK) selama tiga tahun bertugas sebagai Kepala Kebun Biologi Wamena (2009 - 2011) menunjukkan bahwa mati pucuk ini terjadi di lokasi-lokasi yang sangat jauh dari lokasi pembuatan jalan trans Jayawijaya tersebut, seperti di Kimbim, Pyramid, Tagime, dan Pass Valley, yang semuanya terletak di arah utara dan barat laut kota Wamena, yang berlawanan arah dengan jalur pembuatan jalan trans Jayawijaya. Dengan kata lain, diperkirakan ada faktor lain yang menjadi penyebab mati pucuk ini selain pembukaan hutan atau alih-fungsi lahan menjadi jalan. Mueller-Dombois (1983, 1986) menyatakan bahwa mati pucuk merupakan bagian dari dinamika hutan yang melibatkan interaksi yang kompleks berbagai faktor fisik dan biotik serta diinisiasi oleh rangsangan mendadak (*sudden trigger*) seperti kekeringan banjir atau angin dan belum tentu disebabkan oleh penyakit.

Mati pucuk dalam satu wilayah luas tidak selalu terlihat konsisten. Mati pucuk lebih sering ditemukan secara parsial dan bersifat acak. Di beberapa lokasi mati pucuk memang ditemukan persis di tepi jalan, tetapi ada pula yang terdapat di lokasi yang jauh sekali dari tepi jalan, misalknya di lembah-lembah yang curam. Seperti telah dikemukakan di atas, fenomena ini menguatkan bahwa pembukaan jalan trans Jayawijaya tampaknya bukan satu-satunya faktor atau paling tidak bukan faktor utama yang menyebabkan mati pucuk. Uraian lebih terinci mengenai mati pucuk ini disajikan dalam Bab 3.

Selain di Habbema Hutan Pegunungan Atas terdapat lebih luas lagi seperti diuraikan oleh John dkk. (2007) dan Kartawinata (2013). Ditunjukkan bahwa di Papua hutan pegunungan atas terdapat pada elevasi > 2.400 m dpl., yang dikuasai jenis-jenis konifer (*conifers*; kelompok besar tumbuhan berbiji terbuka/Gymnospermae terutama dari Divisio Pinophyta atau Coniferae) seperti *Dacrycarpus cinctus*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Papuacedrus*, *Phyllocladus hypophyllus* dan *Podocarpus pilgeri*, (Johns dkk. 2007). Pada lapisan kanopi utama dan lapisan mencuat jenis-jenis tersebut dominan. Pohon yang mencuat adalah *Papuacedrus papuana* mudah dikenal dengan tajuknya yang terbuka dan kehadiran lumut janggut (*Usnea* spp.) yang menggantung dari cabang-cabang horisontalnya.

Hutan konifer ini merupakan hutan transisi antara hutan pegunungan atas dan hutan subalpin. Selain konifer,



juga ditemukan jenis-jenis pohon dari kelompok besar tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae), dan yang banyak terdapat dan tersebar luas antara lain adalah *Symplocos cochinchinensis* dan *Syzygium taeniatum*. Jenis pohon lain yang mencolok adalah *Schuermansia henningii* dan jenis-jenis paku pohon *Cyathea* sp. dan *Dicksonia* sp., yang membentuk lapisan kanopi kedua. Di sana-sini terdapat juga *Pandanus* spp.

Variasi komposisi jenis pohon menurut elevasi sangat mencolok. Pada elevasi 1900 m dpl, misalnya, *Elaeocarpus* sp. merupakan jenis yang umum, sementara jenis-jenis konifer tidak lagi ditemukan. Keadaan berubah pada elevasi sekitar 2.100 m dpl., di mana kedudukan *Elaeocarpus* sp. diambil alih oleh *Dacrycarpus* spp., sekaligus menandakan kehadiran kembali konifer dan pada elevasi sekitar 2.400 m dpl. oleh *Xanthomyrtus papuana*, *Papuacedrus papuana* dan *Quintinia* sp.

#### **4. Hutan Berlumut (*Mossy Forest*); Gambar 5 - 9.**

Pada elevasi tinggi dan kelembapan udara yang tinggi hutan ditandai oleh kehadiran 'lumut janggut' (*Usnea* spp.) yang menonjol. Secara umum tipe hutan ini hampir serupa dengan Hutan Pegunungan Atas. Jenis-jenis yang dominan juga masih sama, khususnya Nothofagaceae dan Podocarpaceae. Yang membedakan adalah kehadiran yang menonjol jenis-jenis lumut, khususnya lumut Hepaticae yang menutupi lantai hutan hingga batang pohon,

Hutan Berlumut terdapat pada elevasi lebih tinggi daripada Hutan Pegunungan Atas. Hutan Berlumut terletak

pada elevasi 3.000 - 3.500 m dpl. sedangkan Hutan Pegunungan Atas berlokasi di bawah 3.000 m dpl. (lihat Hope 1976a). Oleh karena itu suhu udara di daerah Hutan Berlumut ini relatif lebih rendah daripada di daerah Hutan Pegunungan Atas sebelumnya. Suhu rendah dan kelembapan tinggi yang dapat mencapai 100% membentuk kondisi yang optimal untuk berkembang biaknya lumut (Vanderpoorten dan Goffinet 2009; Slack 2011; Proctor 2011). John dkk. (2007) tidak secara khusus memisahkan hutan berlumut menjadi tipe hutan tersendiri, tetapi kehadiran lumut yang lebat hanya variasi dari Hutan Pegunungan Bawah sampai Hutan Subalpin. Brass (1941) secara spesifik mengidentifikasi hutan berlumut menjadi tipe vegetasi tersendiri dalam uraiannya tentang ekspedisi ke *Snow Mountain*.

Dalam tulisan ini Hutan Berlumut dianggap sebagai kelanjutan dari Hutan Pegunungan Atas. Dalam vegetasi ini, *Nothofagus* semakin memperlihatkan dominasinya, seperti ditunjukkan oleh pohon-pohon besar yang semuanya adalah *Nothofagus* spp. Tidak berlebihan bila dikatakan bahwa Hutan Berlumut dapat dianggap sebagai puncak atau kulminasi dari perkembangan Hutan *Nothofagus*. Di Habbema *Nothofagus* spp. tidak ditemukan tumbuh di tanah bergambut, tetapi di tempat lain di Papua *N. rubra* tumbuh pada tanah bergambut (John dkk. 2007)

Keragaman jenis *Rhododendron* (Ericaceae) dalam hutan ini juga luar biasa. Jenis-jenis yang ditemukan di Hutan Pegunungan Atas ditemukan pula di sini, ditambah dengan

kehadiran *R. kogo*. Kehadiran *R. kogo* sebagai jenis epifit di Hutan Berlumut selaras dengan Gibbs dkk. (2011). Meski begitu ada beberapa jenis *Rhododendron* yang dilaporkan mereka (seperti *R. microphyllum*, *R. phaeops*, dan *R. tuberculiferum*) tidak dijumpai dalam eksplorasi di kawasan Danau Habbema ini.

Survei ini juga menemukan kembali *R. kogo* yang sebelumnya hanya dikenal dari specimen tipe dan sejak itu tidak pernah diketahui lagi kehadirannya di alam. Ini merupakan capaian yang menggembirakan dari sudut taksonomi dan konservasi tumbuhan, khususnya untuk marga *Rhododendron*.

Salah satu rekaman baru yang diperoleh dalam survei ini adalah penemuan tumbuhan 'sarang semut' yang bukan epifit, melainkan tumbuhan terestrial yang tumbuh langsung di tanah. Jenis-jenis sarang semut tersebut sama dengan jenis-jenis yang disebut terdahulu dalam Hutan Pegunungan Atas, yaitu *Myrmecodia brassii* dan *M. lamii*. Bahkan ukuran "sarang semut" dalam vegetasi ini dapat mencapai ukuran yang luar biasa dengan tinggi hampir mendekati 2 meter.

Kawasan Hutan Berlumut sebagian besar masuk ke dalam zona inti Taman Nasional Lorentz. Meskipun demikian penebangan liar jenis-jenis *Nothofagus* terjadi terutama pada sisi bukit sebelah kanan jalan dari Wamena ke Habbema. Hal ini terkait dengan kemudahan dan efisiensi proses penebangan pohon di mana kayu hasil tebangan tinggal digelindingkan ke bawah.

Masalah klasik pengelolaan hutan di Papua terkait dengan hak ulayat beberapa suku yang secara tradisional tinggal di kawasan tersebut. Taman Nasional Lorentz menghadapi konflik antara penegakan hukum dan penghormatan terhadap hak ulayat. Sebagai akibatnya terjadi tarik ulur antara dua kepentingan, yaitu konservasi di satu fihak dan pemanfaatan atas nama adat di fihak lain. Penyelesaian perselisihan tersebut perlu segera disepakati mengingat fakta yang tak terelakkan bahwa dampak terbukanya akses jalan dari Wamena ke Habbema adalah semakin mudahnya akses ke penebangan kayu dan transportasi hasil-hasilnya dari lokasi penebangan ke pasar di Wamena, yang dampak akhirnya adalah kerusakan ekosistem yang lebih parah.

Mati pucuk pada *Nothofagus* spp. terdapat juga di hutan berlumut ini, bahkan semakin nyata terlihat, terutama pada sisi sebelah kiri jalan atau sebelah lereng dan jurang. Terlepas dari kehadiran penebangan liar dan mati pucuk vegetasi di kawasan ini secara umum masih baik, terutama di lokasi-lokasi batas antara tipe vegetasi ini dan tipe vegetasi berikutnya. Dengan kata lain mendekati Danau Habbema, vegetasi di kawasan ini masih dalam kondisi baik.

#### **5. Hutan Subalpin Bawah (*Lower Subalpine Forest*); Gambar 10 - 14, 16 dan 19.**

Hutan Subalpin merupakan bagian dari vegetasi pegunungan yang terbentang dari elevasi sekitar 2.400 m dpl

sampai sekitar 4.170 m dpl, dan di Indonesia paling luas terdapat di pegunungan di Papua (Johns dkk. 2007). Vegetasi subalpin dapat dibagi menjadi vegetasi subalpin bawah (2.400 – 3.650 m) dan vegetasi subalpin atas (3650m – 4170 m) (Johns dkk. 2007, Whitmore 1986). Tipe Hutan Subalpin Bawah menyerupai hutan daerah iklim sedang dan hanya terdiri atas satu lapis pohon-pohon kecil dan pendek tanpa pohon-pohon mencuat dan jumlah jenisnya lebih sedikit daripada di hutan pegunungan atas dan sering didominasi oleh suku Ericaceae (Johns dkk. 2007). Pada keseluruhan Hutan Subalpin Bawah di Papua (Johns dkk.. 2007, Hope 1976a, Kartawinata 2013) pohon-pohon dalam hutan ini pendek (sekitar 10 m) dengan tajuk yang membentuk kanopi rapat dan di atasnya pohon-pohon konifer dengan tajuk terbuka mencuat hingga tingggi 15 m. Tipe hutan ini terdapat juga di dataran tinggi Kemabu (di Kabupaten Intan Jaya, Propinsi Papua) dan Gunung Bijih (*Ertsberg*, di kawasan Tembapapura, Kabupaten Timika, Propinsi Papua) pada tanah humus bergambut yang tebalnya hingga 30 cm tetapi dapat pula berbatu. Pohon-pohon menjadi lebih kerdil pada tanah-tanah yang lebih basah dan akhirnya hutan ini membaour dengan vegetasi rawa. Hutan di Gunung Bijih telah banyak yang rusak karena penambangan tembaga.

Hutan Subalpin di sekeliling Danau Habemma terdapat pada elevasi 3.200-3.500 dan dapat digolongkan sebagai Hutan Subalpin Bawah, yang pernah direkam juga oleh Bass (1941. Hutan ini berdampingan dengan Hutan Berlumut dengan batas yang tajam . John dkk. (2007) menamakan hutan di sini

sebagai *Upper Montane-Sub-Alpine Transition Forest*. Di luar Habbema tipe vegetasi Hutan Subalpin Bawah terdapat juga di Gunung Trikora (Mangen 1993) dan dataran Kemabu (Hope 1976a)

Berbeda dengan dua tipe vegetasi sebelumnya, keseluruhan vegetasi ini terbangun di atas fondasi tanah campuran antara tanah gamping (*limestone*) dan gambut dataran tinggi. Sebagai akibatnya, jenis-jenis tumbuhannya juga berbeda. Dalam vegetasi ini jenis-jenis pohon yang bersama-sama menguasai adalah konifer, terutama *Papuacedrus papuana* (Cupressaceae) dan *Phyllocladus hypophyllus* (Phyllocladaceae). Jenis konifer lain yang teramati adalah *Podocarpus brassii* (Podocarpaceae), yang sering terlihat tumbuh berdampingan dan berbagi habitat dengan *Papuacedrus papuana*. Pada hakikatnya Hutan Subalpin Bawah ditandai oleh populasi *Papuacedrus papuana*, yang besar dan homogen. Dengan kata lain, *P. papuana* adalah jenis pohon yang dominan dan sekaligus jenis penanda utama vegetasi ini. *Nothofagus* spp. tidak lagi terlihat tumbuh di Hutan Subalpin Bawah sehingga ketidakhadiran jenis ini dapat dijadikan penanda perubahan ke Hutan Subalpin

Hutan Subalpin di Pegunungan Jayawijaya ini khas untuk kawasan tropik Nugini (baik di Papua, Indonesia, maupun Papua Nugini) Di sinilah vegetasi hutan di kawasan tropik yang didominasi oleh konifer, yang umumnya lebih banyak dijumpai di kawasan sub-tropik. Hutan Subalpin yang secara jelas didominasi konifer di kawasan lain di Papua adalah hutan

di sebelah selatan Tembagapura (*lihat* Shea dkk. 1998). Hutan konifer di Danau Habbema ini bersama dengan hutan-hutan konifer lainnya di Nugini merupakan hutan konifer tropik yang terluas di dunia. Rasanya tidaklah berlebihan bila seluruh kawasan ini dilindungi secara ketat sebagai salah satu tipe vegetasi di zona inti. Taman Nasional Lorentz

Lapisan lumut tebal pada cabang-cabang pohon dan di atas tanah merupakan ciri khas hutan ini. Jenis pohon yang dominan adalah *Dacrycarpus compactus* dan *Papuacedrus papuana*. Sementara itu *Myrsine* spp., *Rhododendron culminicolum*, *Drymis piperita*, *Schefflera monticola* dan *Symplocos cochinchinensis* var. *orbicularis* merupakan jenis-jenis perdu.

*Cyathea tomentosissima* adalah jenis 'paku tiang' merupakan jenis dominan dalam lapisan dibawah lapisan pohon utama dalam Hutan Subalpin Bawah dan menggantikan *Cyathea pseudomuelleri* yang terdapat dalam Hutan Pegunungan Atas pada elevasi yang lebih rendah. Di kawasan Habbema jenis ini ditemukan pada elevasi mendekati 4.000 m dpl., selaras dengan temuan yang dilaporkan oleh Brass (1941a dan 1941b). *Cyathea tomentosissima* juga ditemukan dalam Semak Sub-Alpin dan Padang Rumput Subalpin. Dengan kata lain, *C. tomentosissima* merupakan jenis yang sangat adaptif terhadap elevasi di atas 3.000 m dpl. (Large dan Braggins 2004). dan terhadap berbagai habitat tipe-tipe vegetasi subalpin, termasuk vegetasi gambut dataran tinggi.

'Sarang semut' (*Myrmecodia brassii* dan *M. lamii*) ditemukan melimpah, termasuk juga yang tumbuh langsung di atas tanah.

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, *Papuacedrus papuana* adalah jenis penanda utama Hutan Sub-Alpin Bawah dan merupakan jenis endemik Nugini/*New Guinea* (Farjon 1998, 2000, 2008; Eckenwalder 2009). Populasi terbesar jenis ini ditemukan di sekitar Danau Habbema dan juga di dataran tinggi Kemabu (Hope 1976a; John dkk. 2007). Kehadiran dan kelestarian jenis ini sangat bergantung kepada keberadaan lahan bergambut dataran tinggi.

Di ekosistem inilah pembukaan jalan trans Jayawijaya, khususnya rute Habbema - Mbuwa<sup>28</sup> merupakan suatu dilema. Di satu sisi pembuatan jalan trans Habbema - Mbuwa sangat penting guna menghilangkan keterasingan di wilayah tersebut dan meningkatkan pula kesejahteraan masyarakatnya, namun di sisi lain pembukaan jalan tersebut mau tidak mau harus melintasi kawasan gambut dataran tinggi yang menjadi penopang setidaknya tiga ekosistem penting di Pegunungan Jayawijaya, yaitu Hutan Subalpin, Semak Subalpin dan Padang Rumput Subalpin.

Dari pengamatan selama survei diketahui bahwa pembukaan lahan gambut dataran tinggi untuk pembuatan jalan secara nyata mengganggu sistem hidrologi, yang menopang keberadaan ekosistem Danau Habbema itu sendiri,

---

<sup>28</sup> Masuk ke dalam wilayah Kabupaten Nduga yang merupakan kabupaten pemekaran dari Kabupaten Jayawijaya.



dan telah mengacaukan jalur aliran air dari kawasan Puncak Trikora ke Danau Habbema. Di beberapa titik, jalan air bahkan menggenangi dan melintasi jalan. Aliran air tersebut menggerus jalan yang baru dibuat dengan debit air yang sangat tinggi. Kondisi seperti itu umum ditemukan pada pembukaan lahan gambut.

Karena tanah di sekitar Danau Habbema juga mengandung kapur (*limestone*), maka kapur yang turut tergerus mengeruhkan aliran air yang masuk ke Danau Habbema. Proses seperti itu sangat mengganggu ekosistem Danau Habbema dan pada akhirnya mengancam keberadaan serta kelestarian segenap biota yang hidup di dalam ketiga ekosistem khas Danau Habbema tersebut di atas

Ancaman kematian massal bagi biota sudah terlihat dari banyaknya jenis tumbuhan penting Hutan Subalpin yang mati tergenang limbah air berlumpur kapur, seperti *Papuacedrus papuanus* dan jenis 'paku tiang' khas di Danau Habbema *Cyathea tomentosissima*, yaitu jenis penanda Semak Subalpin dan Padang Rumput Sublpin. Upaya yang sudah dilakukan untuk mengatasi kerusakan tersebut antara lain adalah pembuatan gorong-gorong di beberapa titik tempat air mengalir melewati dan menggenangi jalan, meskipun usaha itu dirasakan belum maksimal mengatasi permasalahan.

Fakta lain yang mengkhawatirkan adalah kehadiran populasi besar *Phyllocladus hypophyllus* yang pernah dilaporkan sebelumnya oleh Brass (1941a dan 1941b), Archbold dkk. (1942), dan Hope (1976a) pada saat ini tidak ditemukan lagi.

Dalam eksplorasi kami yang dilakukan pada tahun 2011, populasi *P. hypophyllus* hanya ditemukan di tepian Danau Habbema saja. Populasi tersebut hanya berupa pohon-pohon dengan tinggi kurang dari 2 meter, yang tampaknya merupakan hasil regenerasi dari populasi pohon-pohon besar yang pernah ada sebelumnya dan sekarang menghilang karena penebangan. Hal ini didukung oleh banyaknya temuan bekas tebangan di sekitar Danau Habbema sebagai bukti bahwa populasi *P. hypophyllus* sebelumnya lebih besar dari yang ada sekarang.

Kami beranggapan bahwa penurunan populasi *P. hypophyllus* yang signifikan bukan diakibatkan oleh pembuatan jalan baru rute Habbema - Mbuwa - Kenyam, melainkan lebih merupakan akibat dari pembuatan jalan trans Jayawijaya rute Habbema - Tiom yang dilaksanakan sebelumnya.

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, pembukaan jalan telah lebih memudahkan akses mencapai kawasan Danau Habbema, yang diketahui kaya akan populasi jenis pohon tersebut. Kami yakin bahwa penebangan liar tak terkendali atas jenis ini terjadi di Danau Habbema tidak lama setelah akses jalan Habbema - Tiom dibuka, yaitu di sekitar 1980-an dan 1990-an. Penebangan tersebut sedemikian kolosal sehingga pada kurun waktu 2000-an *P. hypophyllus* di Danau Habbema sudah mendekati kepunahan.

*Phyllocladus hypophyllus* yang dikenal dengan nama daerah<sup>29</sup> 'sina' atau 'kayu sina' merupakan salah satu jenis

---

<sup>29</sup> Bahasa Dani dialek Wamena dan Tiom (Kabupaten Lany Jaya).

kayu (*timber*) yang bernilai ekonomi tinggi dan sangat populer di Jayawijaya. Permintaan pasar akan jenis kayu ini pun tinggi sejalan dengan semakin berkembangnya kota Wamena pada tahun 1980-an dan 1990-an. Tidaklah mengherankan bila selain *Nothofagus* spp., *P. hypophyllus* pernah menjadi kayu primadona. Lebih jauh lagi, kayu *P. hypophyllus* digunakan secara adat oleh masyarakat Yali untuk keperluan ritual yang terkait dengan upacara pembuatan rumah<sup>30</sup> (Milliken 2006).

Meskipun demikian, kehadiran regenerasi *P. hypophyllus* di tepian Danau Habbema memberi secercah harapan akan kelangsungan hidup (*survival*) jenis ini. Tindakan perlindungan yang lebih ketat perlu segera dilakukan dengan melibatkan segenap parapihak (*stakeholders*) yang ada, mulai dari Taman Nasional Lorentz, PEMDA Kabupaten Jayawijaya, LIPI dan unsur-unsur terkait lainnya. Selain itu, kasus *P. hypophyllus* ini juga dapat dijadikan pembelajaran untuk melakukan tindakan konservasi jenis-jenis khas dan aneka macam biota lainnya, seperti *Papuacedrus papuana*.

Kajian *bioprospecting* terbaru yang dilakukan oleh LIPI tentang *P. hypophyllus* yang berasal dari kawasan Danau Habbema menghasilkan senyawa kimia yang berpotensi kuat sebagai anti kanker. Isolasi dan purifikasi serta data spektrum

---

<sup>30</sup> Setelah rumah tersebut selesai dibangun, salah satu tungku perapian harus dibuat dari jenis ini. Tradisi tersebut setidaknya terrekam di masyarakat suku Yali di Yalimo yang masih tergolong suku besar Dani (Lembah Baliem). Tentu saja “tradisi pembuatan rumah magis” ini berkontribusi juga kepada penurunan populasi *P. hypophyllus*. Milliken (2006) melaporkan bahkan masyarakat Yali mengatakan bahwa jenis kayu *P. hypophyllus* sudah sangat sulit ditemukan di kawasan adat mereka. Diduga mereka memperoleh kayu nsina ini dari Danau Habbema.

HNMR, C-NMR, HC-HSQC, dan H-H COSY F10.3 menunjukkan bahwa 5,7,3',4'-tetrahidroksiflavan-3-ol atau epikatekin merupakan komponen utama daun kayu jenis ini (Praptiwi dkk. 2015). Epikatekin diketahui sebagai antioksidan kuat yang dapat menurunkan peroksidasi lipida dan juga dapat menghambat agregasi trombosit (Anonim 2014).

Penelitian De Paula Vasconcelos dkk. (2012) menyimpulkan bahwa pemberian epikatekin dapat menurunkan lesi dan menstimulasi penyembuhan jaringan yang sakit, yang mengindikasikan bahwa epikatekin dapat dimanfaatkan untuk mencegah dan mengobati inflamasi pada usus. Selanjutnya ditemukan bahwa epikatekin dapat menginduksi apoptosis dan nekrosis pada sel lestari kanker HT29 (Sanchez-Tena dkk. 2013). Dengan kata lain, *P. hypophyllus* berpotensi kuat sebagai anti kanker.

## **6. Semak Subalpin (*Subalpine Scrub*); Gambar 11 - 13 dan 15 - 20.**

Kawasan Semak Subalpin terletak berdampingan dengan daerah yang tertutup Hutan Subalpin Bawah pada elevasi sebelumnya dan tutupannya secara berangsur-angsur berubah dari tutupan terpencar menuju tutupan penuh pada tanah gambut dataran tinggi. Ciri khas vegetasi ini adalah dominasi perdu dan pohon kecil dengan tinggi tidak lebih dari 3 meter. Semak Subalpin terbentuk oleh kombinasi berbagai jenis tumbuhan yang keanekaragamannya sangat tinggi.

Dalam vegetasi ini populasi *Cyathea tomentosissima* mencapai puncaknya dan memberi ciri khas semak dan padang rumput subalpin di seputar Danau Habbema. *C. tomentosissima* mampu hidup dengan sangat baik pada habitat murni gambut serta pada campuran tanah kapur dan gambut.

*Papuacedrus papuana* juga masih ditemukan dalam tipe vegetasi ini namun dengan tinggi pohon yang lebih rendah daripada pohon-pohon jenis yang sama yang tumbuh di Hutan Subalpin. Secara keseluruhan populasi *P. papuana* dalam vegetasi ini sehat, namun ditemukan pula beberapa individu yang tumbuh meranggas. Pohon-pohon yang meranggas tampaknya terkait dengan kekeringan secara lokal bukan disebabkan oleh pembukaan jalan Tidak ada tanda-tanda pohon-pohon yang diserang mati pucuk seperti pada *Nothofagus* spp.

Jenis-jenis lain yang kerap ditemukan dalam vegetasi ini adalah *Amaracarpus brassii* (Rubiaceae), *Coprosma brassii*, *C. papuensis* (Rubiaceae), *Decaspermum nivale* (Myrtaceae), *Dimorphanthera alpivaga* (Ericaceae), *Drymis piperita* (Winteraceae), *Eurya brassii* (Theaceae), *Hypericum macgregorii* (Hypericaceae), *Olearia velutina* (Asteraceae), *Parahebe albiflora* (Schrophulariaceae), *Psychotria* sp. (Rubiaceae), *Rapanea* spp. (Myrsinaceae), *Rubus diclinus*, *R. ferdinandi-mueleri*, *R. lorentzianus* (Rubiaceae), *Schefflera monticola* (Araliaceae), *Styphelia suaveolens* (Epacridaceae), *Tetramolopium klossii* (Asteraceae), *Trochocarpa nubicola* (Epacridaceae), dan *Xanthomyrtus klossii* (Myrtaceae).

Dalam vegetasi ini suku *Ericaceae*, terutama marga *Rhododendron* dan *Vaccinium*, menunjukkan keanekaragaman jenis yang luar biasa. Beberapa jenis *Rhododendron* yang ditemukan dalam Hutan Pegunungan Atas masih ditemukan juga di sini. Jenis-jenis yang tidak terlihat lagi antara lain adalah *R. agathodaemonis*, *R. flavoviride*, *R. rhodochroum*, dan *R. spondylophyllum*.

Dari sebelas jenis, yang hingga saat ini tumbuh di kawasan seputar Danau Habbema,, satu jenis yang sangat menarik dan patut mendapat perhatian khusus adalah *R. saxifagooides*. Jenis perdu ini sangat mudah dikenali dari perawakannya yang rendah (tinggi kurang dari 50 cm) dan bunga yang berukuran besar dan berwarna merah terang Jenis ini hanya ditemukan pada lahan gambut dataran tinggi di Danau Habbema dan tidak ditemukan di habitat lain.. Dengan kata lain jenis ini memiliki kesukaan (preferensi) habitat yang sangat sempit. *Rhododendron saxifragoides* merupakan salah satu jenis yang untuk sintasannya (*survival*) menuntut kelestarian mutlak gambut dataran tinggi.

Setidaknya tiga jenis *Vaccinium* terdapat di kawasan Danau Habbema, yaitu *Vaccinium coelorum*, *V. oranjense*, dan *V. wollastonii*. *Vaccinium oranjense* adalah jenis endemik Pegunungan Jayawijaya<sup>31</sup> yang sangat jarang ditemukan<sup>32</sup> .

---

<sup>31</sup> Di masa kolonial Belanda dikenal sebagai Pegunungan Oranye, dari sinilah epitet nama *oranjense* (yang berarti berasal dari Pegunungan Oranye).

<sup>32</sup> Sangat jarang pula dikoleksi dan Herbarium Bogoriense hanya memiliki satu spesimen saja, yang berupa isotipe.

Sebaran jenis ini terbatas di lahan-lahan gambut dataran tinggi Pegunungan Jayawijaya.

Tiga jenis 'sarang semut' ditemukan dalam vegetasi ini, yaitu *Myrmecodia* aff. *archboldiana*, *M. brassii*, dan *M. lamii*, yang hidup sebagai epifit dan fanerofit terestrial (tumbuh langsung di lahan gambut) yang dapat mencapai tinggi lebih dari 2 meter. Ketiga jenis ini adalah endemik dengan kehadirannya terbatas di lahan gambut dataran tinggi di seputar Danau Habbema.

Di atas permukaan tanah juga banyak ditemukan lumut dari takson *Hepaticae*. Selain itu juga rerumputan (*Poaceae*) dan teki-teki (*Cyperaceae*). Jenis tumbuhan lain yang kerap ditemukan adalah terna pendek *Trachymene novoguineensis* (*Apiaceae*). Seperti Hutan Sub-Alpin), eksistensi dan sintasan vegetasi ini sangat bergantung juga kepada kehadiran gambut dataran tinggi.

Gangguan terhadap gambut di dataran tinggi ini akan berdampak langsung terhadap keberlanjutan keanekaragaman hayati di pegunungan ini. Oleh karena itu pembuatan jalan trans Jayawijaya dengan rute Habbema - Mbuwa - Kenyam di kawasan subalpin ini harus betul-betul dilaksanakan dengan hati-hati antara lain dengan memperhatikan secara seksama tata air (hidrologi) alami. Selama survei seringkali ditemukan aliran air dengan endapan lumpur yang menggenangi beberapa jenis tumbuhan di sini, bahkan tak jarang ditemukan populasi *Cyathea tomentosissima* yang mati atau kering merangas karena

tergenang air. Tidak dapat dibayangkan akan banyak jenis lain yang mati karena sepenuhnya terendam genangan tersebut.

## **7. Padang Rumput Subalpin (*Subalpine Grassland*); Gambar 11, 13, 16, 18 - 19, 21 - 28**

Padang Rumput Subalpin yang sangat luas ditemukan disepanjang rute Habbema - Mbuwa - Kenyam, mulai dari ketinggian 3200 hingga 4000 m dpl. Vegetasi ini sepenuhnya tumbuh dan berkembang pada gambut dataran tinggi, sehingga tanpa kehadiran gambut dataran tinggi, jenis-jenis asli penyusun vegetasi ini akan punah.

Jenis-jenis yang dominan di vegetasi ini adalah rerumputan dan lumut, yang merupakan biomassa utama pembentuk gambut dataran tinggi. Jenis-jenis rerumputan (Poaceae) dan teki-teki (Cyperaceae) mendominasi vegetasi padang rumput ini. Jenis-jenis dari suku Poaceae yang tumbuh di sini antara lain *Agrostis reinwardtii*, *Bromus insignis*, *Deschampsia klossii*, *Deyeuxia brassii*, *Hierochloe redolens*, *Poa multinodis*, *P. nivicola*, dan *Racemobambos raynalii*. Sementara dari suku Cyperaceae hanya teramati *Carex cf. rubigena* dan *Uncinia* sp. Meskipun demikian kedua taksa Cyperaceae tersebut menutup area sangat luas dalam vegetasi Padang Rumput Subalpin ini.

Jenis-jenis lumut sejati (Bryophyta) yang teramati antara lain adalah *Acantocladium* sp., *Breutelia aristifolia*, *Chaetomitrium longisetulum*, *Dicranoloma blumeii*, *Holomitrium stenobasis*, *Hypnodendron diversifolium*, *Macromitrium* sp.,



*Macrothamnium hylacomioides*, *Sphagnum* sp., dan *Zygodon intermedius*. Sementara untuk lumut hati (Hepaticae) diwakili oleh *Anastrophyllum prionophyllum*, *Candonanthus hamatus*, *Frullania reimareii*, *Herberta* sp., *Jamesoniella flexicaulis*, *Lepicolea loriana*, *Mastigophora diclados*, dan beberapa jenis dari marga *Plagiochila*, terutama *P. abietina*.

Yang unik dalam vegetasi ini adalah kehadiran lumut kerak (*lichens*) yang ditemukan hidup di tanah, seperti *Menegazzia* sp., *Parmelia* sp., dan *Pseudocyphellaris* sp. Ketiga marga ini dilaporkan hanya terdapat di belahan Bumi bagian selatan, khususnya Australia dan Selandia Baru (Galloway 2008). Meskipun Hope (1976a) telah merekam kehadiran ketiganya di kawasan Danau Habbema, Galloway (2008) tidak menyebutkan New Guinea sebagai cakupan wilayah persebaran taksa tersebut. Bila merujuk kepada geologi pembentukan Pegunungan Jayawijaya (*lihat* Pigram dan Davis 1987), maka kehadiran ketiga marga ini di New Guinea, khususnya Pegunungan Jayawijaya bukanlah sesuatu yang mustahil.

Tidak banyak pepohonan tinggi ditemukan di sini. Sebagian yang teramati antara lain adalah *Drymis piperita* (Winteraceae) dan *Phyllocladus hypophyllum* (Phyllocladaceae), dan sebagian yang lain tumbuh terkonsentrasi di tepi Danau Habbema. Perdu *Rhododendron saxifragoides* juga ditemukan di vegetasi ini.

Keunikan lain yang di temukan di vegetasi padang rumput ini adalah bahwa di daerah yang mendekati Danau

Habbema mulai ditemukan lagi pepohonan, bahkan dengan tinggi mencapai lebih dari 5 meter, terutama sekali *Papuacedrus papuana* dan *Phyllocladus hypophyllus*. Selain itu juga ditemukan populasi yang cukup baik dari *Podocarpus brassii* dan *P. pilgeri* serta *Dacrycarpus* spp., terutama *D. compactus*. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Brass (1941a dan 1941b; lihat Brass 2012) dan Archbold (1942). Agaknya kawasan tepian danau ini menjadi semacam tempat perlindungan (*sanctuary*), yang memberikan jaminan kelestarian jenis-jenis konifer asli dalam semua tipe vegetasi di kawasan subalpin Danau Habbema secara keseluruhan sepanjang (tentunya) keberadaan gambut dataran tinggi tidak terusik. Kekhasan lainnya adalah bahwa mati pucuk tidak terjadi pada vegetasi ini.

Seperti dilaporkan juga oleh Brass (1941a dan 1942b). Jenis paku *Cyathea tomentosissima* merupakan jenis khas tetapi umum terdapat dalam Padang Rumput Sub-alpin. Beberapa populasi ditemukan tumbuh bergerombol, sementara beberapa populasi lainnya ditemukan hidup di sepanjang aliran air yang ke luar dari Danau Habbema.

Beberapa marga tumbuhan paku (Pteridophyta) lainnya adalah *Blechnum* (*B. cf. fluviatile*), *Equisetum* (*Equisetum cf. debile*), *Gleichenia* (*G. cf. bolanica*), *Lycopodium* (*L. complanatum*, *L. carolinianum*, dan *L. clavatum*), *Plagiogyria* (*P. aff. glauca*), dan *Pteris*. *Equisetum* sp. yang bersama dengan *Cyathea tomentosissima* ditemukan di beberapa titik dekat Danau Habbema di sepanjang aliran air di rawa gambut dataran tinggi tersebut.

'Sarang semut' (*Myrmecodia* spp.) ditemukan juga pada vegetasi ini, terutama di tepi Danau Habbema dan menjadi epifit dominan yang ditemukan terutama pada *Papuacedrus papuana*.

Secara umum vegetasi Padang Rumput Subalpin masih sangat luas, seluas areal gambut dataran tinggi di Jayawijaya itu sendiri, meskipun terdapat pula beberapa tipe padang rumput subalpin yang tumbuh pada berbagai substrat bukan gambut bahkan pada lereng bukit (Hope 1976a; Johns dkk. 2007). Vegetasi ini ditemukan tidak hanya di seputar Danau Habbema tetapi juga terbentang sangat luas sampai wilayah yang mendekati Puncak Trikora. Ketebalan gambut dataran tinggi dalam vegetasi ini mencapai lebih dari satu meter. Tidak diragukan lagi, dalam vegetasi inilah tanah gambut memperlihatkan dominansinya terhadap ragam tanah lainnya dalam lanskap dataran tinggi di Pegunungan Jayawijaya.

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya, kelestarian gambut dataran tinggi memegang peranan sangat penting bagi kelestarian semua tipe vegetasi dalam kawasan Subalpin. Pembangunan fasilitas terkait tata hidrologis yang lebih baik, terutama pengelolaan aliran air dari Puncak Trikora ke Danau Habbema dan kawasan-kawan di sekitarnya adalah sangat penting. Dalam ekosistem inilah terutama kebijakan pembukaan lahan gambut tersebut harus dilakukan secara hati-hati dan seksama.

Dalam tipe vegetasi Padang Rumput Subalpin di seluruh Papua, Hope (1976a), Johns dkk. (2007), dan Kartawinata (2013)

mengenal berbagai tipe vegetasi padang rumput dengan unit yang lebih kecil yang uraiannya berikut ini (sebagian besar diambil dari Kartawinata 2013), yaitu:

1. **Padang Rumput-Semak Tepi Hutan Subalpin (*Subalpine forest edge grassland-shrubland*)**

Tipe vegetasi ini terdapat pada elevasi 3.300 – 3.800 m dpl, seperti pada lereng batu gamping dengan tanah yang dangkal di dataran tinggi Kemabu. Sebenarnya tipe vegetasi ini merupakan semak (*shrubland*) terbuka atau bahkan menyerupai savana, tetapi rumput-rumputan mencirikan komunitas ini dan merupakan faktor penentu struktur dan kehadiran jenis-jenis lain yang dapat tumbuh di situ. Di kawasan Pegunungan Carstenz, khususnya di sekitar Gunung Jaya, tipe komunitas ini bervariasi.

Tipe vegetasi ini terdiri atas rumpun-rumpun rumput dan semak, yang substratnya tidak tertutup penuh oleh vegetasi tetapi adakalanya terdapat batu-batu gamping terbuka. Jenis-jenis rumput utama adalah *Danthonia vestita* dan *Poa egreria* yang tumbuh bersama dengan jenis teki-teki, seperti *Gahnia javanica*.

Jenis-jenis perdu yang menonjol adalah paku tiang merumpun *Cyathea tomentosissima* dan jenis-jenis dari margamarga *Coprosma*, *Drimys*, *Olearia*, *Pittosporum*, *Myrsine*, *Rhododendron*, dan *Vaccinium*.

## **2. Padang Rumput Merumpun dengan Paku Pohon Subalpin (*Subalpine tussock grassland with tree ferns*)**

Dalam tipe vegetasi ini paku pohon *Cyathea pseudomuelleri* membentuk rumpun dengan tinggi sekitar 2 m dan tumbuh tersebar bersama jenis perdu lain, seperti *Gaultheria* spp. dan *Styphelia suaveolens* pada matriks rumput-rumputan yang merumpun dan merayap. Jenis-jenis rumput yang merumpun tersebut antara lain adalah *Danthonia klossii* sedangkan jenis yang merayap dan membentuk bantalan adalah *Monostachya oreoboloides*, *Poa callosa* dan *Poa crassicaulis*, yang tumbuh bersama dengan *Astellia papuana* (Liliaceae) yang mempunyai perawakan serupa.

Tipe vegetasi ini terdapat pada tanah yang berdrainase baik pada elevasi sekitar 3.200 - 3.700 m dpl, terutama di dataran tinggi Kemabu, dengan luas sekitar 80 km<sup>2</sup> (sepertiga luas dataran tinggi tersebut) dan di sekitar ara-ara Carstenz (*Carstenz meadow*).

Tipe vegetasi ini merupakan padang rumput suksesi sekunder yang terbentuk karena pembakaran berulang oleh penduduk setempat dalam upaya menyediakan lahan untuk berburu. Bila tidak terjadi pembakaran berulang, padang rumput tersebut akan berkembang menjadi hutan subalpin.

## **3. Padang Rumput Merumpun Subalpin *Coprosma brassii-Deschampsia klossii* (*Coprosma brassii-Deschampsia klossii subalpine tussock grassland*)**

Padang rumput ini juga hanya terdapat pada lereng yang basah pada elevasi 3.300 – 4.100 m dpl di seluruh pegunungan di Papua dan Papua Nugini (Hope 1976a; Johns dkk. 2007). Padang rumput rumput ini hampir tidak berperdu dan seluruhnya berupa hamparan rumput merumpun *Deschampsia klossii* dengan tinggi sekitar 1 m. Pertumbuhan rumput seperti itu menciptakan lingkungan yang hampir tidak memungkinkan jenis lain untuk tumbuh, kecuali beberapa terna dan lumut yang hidup pada dasar rumput rumput. Kadang-kadang perdu kerdil *Coprosma brassii* dan *Styphelia suaveolens* tumbuh di sini.

#### **4. Padang Rumput Merumpun Subalpin *Gaultheria mundula*-*Poa nivicola* (*Gaultheria mundula*-*Poa nivicola* subalpine tussock grassland)**

Vegetasi padang rumput ini terdapat pada lereng dengan tanah yang berdrainase baik pada elevasi sekitar 3.500 – 3.800 m dpl (Hope 1976a; Johns dkk. 2007). Dalam vegetasi ini rumput merumpun *Poa nivicola* dan *Deschampsia klossii* merupakan jenis yang dominan dengan tinggi sekitar 1 m dan bercampur dengan rumput *Hierochloa redolens* dan jenis-jenis perdu *Gaultheria mundula*, *Coprosma brassii* dan *Styphelia suaveolens*.

Sisa-sisa pohon hutan dan paku pohon yang kadang-kadang terdapat di sini menunjukkan bahwa padang rumput ini adalah komunitas suksesi yang berkembang setelah terjadi kerusakan hutan.

**5. Padang Rumput Rawa Subalpin *Poa lamii-Vaccinium amblyandrum* (*Poa lamii-Vaccinium amblyandrum subalpine swampy grassland*)**

Padang rumput ini terdapat di Papua pada daerah datar berawa dengan tanah bergambut yang masam dengan kandungan mineral rendah pada elevasi sekitar 3.600 – 4.100 m dpl (Hope 1976a). Rumput merumpun *Poa lamii* dan perdu *Vaccinium amblyandrum* merupakan jenis yang dominan dan di antaranya tumbuh tersebar perdu pendek *Tetramolopium klossii*.

Pada lapisan bawah tumbuh jenis-jenis yang membentuk bantalan seperti *Plantago stenophylla*, *Oreobolus pumilo*, dan *Centrolepis philippinensis* yang diselingi oleh bantalan-bantalan lumut hati

**6. Padang Rumput Pendek Rawa Subalpin (*Subalpine swampy short grassland*)**

Padang rumput ini menutupi daerah datar bertanah gambut yang luas di Papua pada elevasi sekitar 3.300 – 4.000 m, terutama di sebelah utara Gunung Jaya (Hope 1976a).

Pada tempat-tempat yang agak tinggi tumbuh jenis-jenis rumput pendek *Danthonia vestita*, *Deschampsia klossii*, *Monostachya oreoboloides*, *Poa pilata*, dan *Poa* sp. yang bercampur dengan jenis-jenis terna *Plantago aundensis*, *Potentilla foersteriana*, *Gentiana ettinghausenii*, sedangkan cekungan-cekungan berair ditumbuhi oleh teki-tekiian *Carex* spp., *Scirpus subtilissimus*, dan perdu *Drapetes ericoides*.

## **7. Vegetasi Subalpin *Carex gaudichaudiana* (*Carex gaudichaudiana subalpine vegetation*)**

Vegetasi ini merupakan komunitas perintis pada gambut terbuka dan lumpur cair. Selain lumut hati *Marchantia* sp., tidak ada jenis lain yang tumbuh bersama teki-teki *Carex gaudichaudiana* yang praktis membentuk komunitas murni dengan areal yang luas di tempat keluarnya air tanah pada elevasi 3.600 – 4.000 m, seperti di Rawa Carstensz, Papua (Hope 1976a).

## **8. Vegetasi Alpin Tropik (*TropoicalAlpine Vegetation*), Gambar 28 - 32**

Vegetasi alpin adalah semua komunitas yang terdapat di atas batas elevasi (4.170 m) pertumbuhan perdu tinggi (Johns dkk. 2007), tetapi tidak dapat didefinisikan sebagai semua vegetasi di atas elevasi tertentu.

Di Papua vegetasi alpin meliputi padang rumput, kerangas (*heath*) dan tundra dan beberapa di antaranya dapat pula menyebar hingga ke daerah-daerah terbuka atau tempat-tempat yang penutup saljunya belum lama meleleh pada elevasi yang lebih rendah, (Hope 1976a; Johns dkk. 2007).

Di kawasan Habbema yang termasuk wilayah alpin tidak terdapat banyak komunitas tumbuhan kecuali komunitas lumut kerak drngan jenis-jenis dari beberapa marga yang sama yang terdapat pada vegetasi yang direkam terdahulu serta beberapa marga lain yang belum dapat diidentifikasi.



Beberapa terna kecil ditemukan hidup di sela-sela bebatuan, terutama di bebatuan yang tererosi oleh es (*glaciers*) pada elevasi 3.950 - 4.000 m dpl. dengan media tumbuhnya berupa gambut dataran tinggi. Jenis-jenis tersebut antara lain adalah *Geranium potentilloides* (Geraniaceae), *Potentilla hooglandii*, *P. parvula* (Rosaceae), *Sagina papuana* (Caryophyllaceae), *Trachymene* cf. *arfakensis*, dan *T. novoguineensis* (Apiaceae). Sangat menarik dan unik adalah bahwa *Cyathea tomentosissima* (Cyatheaceae), *Drymis* sp. (Winteraceae), dan *Vaccinium oranjense* (Ericaceae) masih ditemukan di kisaran elevasi ini. dan tumbuhan hampir selalu diselimuti lumut tebal, sehingga menjadi pemandangan yang menakjubkan di tengah hamparan lumut dan terna-terna rendah.

Secara umum belum terlihat dampak gangguan serius dari pembukaan lahan untuk jalan trans Jayawijaya rute Habbema - Mbuwa - Kimbim terhadap vegetasi alpin. Bahaya terbesar di kawasan vegetasi ini adalah tebing runtuh, bebatuan keras berjatuh, dan longsor pada dinding batu gamping yang membentuk Pegunungan Jayawijaya secara umum, dan Puncak Trikora khususnya, meskipun kejadian ini merupakan proses alami.

Dalam observasi sepintas di daerah alpin ini ditemukan fosil-fosil *ammonite* yang diperkirakan berasal dari zaman *Devonian*<sup>33</sup>. Pada zaman tersebut ikan bertulang keras

---

<sup>33</sup> 372-420 juta tahun yang lalu. *Ammonite* tergolong *Cephalopoda* purba dan muncul sekitar zaman Devonian, meski *Cephalopoda* sendiri sudah muncul jauh sebelumnya,

belum muncul dalam panggung kehidupan di Bumi ini. Ini menjelaskan juga absennya ikan air tawar primer asli di wilayah Pegunungan Jayawijaya, termasuk di Danau Habbema<sup>34</sup>.

Dalam vegetasi alpin di seluruh Papua, dikenal beberapa tipe vegetasi (Hope 1976a), Johns dkk.2007, Kartawinata 2013) dan uraiannya adalah sebagai berikut yang sebagian besar diambil dari Kartawinata (2013):

### **1. Padang Rumput Pendek Alpin (*Alpine short grassland*)**

Padang rumput alpin pendek terdapat di puncak terbuka bukit-bukit granit pada elevasi 4.100 – 4.200 m dpl, misalnya di daerah *Grasberg*, tetapi tidak terdapat pada substrat batu gamping (Hope 1976a).

Di sini tumbuh tersebar rumput-rumput yang merumpun, sedangkan permukaan tanah tertutup lumut dan lumut kerak, terutama *Racomitrium crispulum*, *Frullania reimersii*, *Cetraria* spp., dan *Thamnia vermicularis*. Perdu-perdu kerdil tumbuh juga.

---

yaitu jaman *Ordovicium*, sekitar 445-485 juta tahun yang lalu. Apapun itu, intinya Pegunungan Jayawijaya merupakan pegunungan yang sangat tua yang terbentuk dari tumbukan dua lempeng *Gondwanic* yang pernah bersatu dengan benua Australia sekarang.

<sup>34</sup> Jenis-jenis ikan air tawar yang kerap tertangkap di Danau Habbema adalah jenis-jenis ikan air tawar introduksi, terutama sekali ikan ‘mas’ (*Cyprinus carpio*; Cyprinidae). Penyusun laporan hanya dapat berharap jenis-jenis ikan air tawar predator dan omnivore seperti ‘gabus’ (*Chana* spp.; *Chanidae*) atau ‘mujahir’ (*Tilapia mossambica* dan *T. nilotica*; Cichlidae) tidak masuk ke Danau Habbema yang dapat berpotensi mengancam biota air asli danau tersebut, terutama udang ‘selingkuh’ (*Cherax monticola*; Parastacidae).

Tanahnya dangkal dan berupa gambut berbatu dengan drainase yang kurang baik. Pengaruh embun beku (*frost*) tampak sangat kuat.

## **2. Padang Rumput Merumpun Alpin (*Alpine tussock grassland*)**

*Deschampsia klossii* membentuk padang rumput merumpun yang lebat dan padat pada tanah yang dalam dan berdrainase baik pada elevasi 4.000 - 4.500 m dpl di Gunung Jaya, Papua (Hope 1976a). Komunitas ini dicirikan oleh pertumbuhannya yang pendek (40 cm) dan ketidakhadiran perdu-perdu tinggi yang juga merupakan karakter untuk membedakan tipe komunitas ini dari padang rumput merumpun subalpin.

Perdu-perdu seperti *Styphelia suaveolens* bersama dengan berbagai jenis terna, khususnya *Papuzilla laeteviridis*, dan paku kecil *Cystopteris* sp., tumbuh di antara rumpun-rumpun rumput.

Padang rumput ini merupakan komunitas klimaks untuk daerah alpin.

## **3. Vegetasi Kerangas Alpin *Tetramolopium-Rhacomitrium* (*Tetramolopium-Rhacomitrium alpine heath vegetation*)**

Komunitas kerangas *Tetramolopium klossii* terdapat di daerah yang terbebas dari salju selama lebih dari 30 tahun yang hanya ditemukan di Gunung Jaya, seperti di Lembah Meren pada elevasi 3.950 - 4.200 m dpl. (Hope 1976a). Kawasan ini

merupakan morain (onggokan batu, kerikil, pasir, dan bahan lain) yang menjadi terbuka setelah salju mundur selama 120 tahun terakhir.

Perdu rendah *Tetramolopium klossii* tumbuh terpenjar dan berakar di antara lapisan lumut (*Racomitrium crispulum*, *Bryum rugicollum* dan *Distichum capillaceum*) yang jarang.

*Styphelia suaveolens* dan *Vaccinium coelorum* tumbuh sebagai perdu merayap dan banyak terdapat tumbuh pada morain yang lebih tua.

Di tempat yang lebih tua tersebut tumbuh pula perdu kecil *Coprosma brassii*, *Tetramolopium distichum*, *Anaphalis mariae*, *Keysseria wollastonii*, teki-teki, dan paku *Pteris montis-wilhelminae* dan *Grammitis* sp.

Selain itu terdapat pula *Rhododendron ultimum* (jenis yang tak terdapat di kawasan Danau Habbema), *Scleranthus singuliflorus*, *Epilobium detznerianum*, *Deschampsia klossii*, dan *Sagina* sp.

Tempat terbuka berkisar antara 30% hingga 70 % pada komunitas muda dan 10 % hingga 30 % pada yang tua.

#### **4. Vegetasi Kerangas Perdu Kerdil Alpin (*Alpine dwarf shrub heath vegetation*)**

Vegetasi ini terdapat pada punggung bukit dan lereng di antara batu-batu gamping dan bukit terjal dengan tanah yang dangkal di atas elevasi 4200 m dpl yang terletak di luar daerah yang terpengaruh majunya salju (*neoglacial advance*),

seperti di antara Lembah Kuning (*Yellow Valley*) dan Lembah Meren.

Vegetasi kerangas ini terdiri atas hamparan perdu yang terutama tersusun atas *Styphelia suaveolens*, yang tumbuh bersama dengan perdu *Tetramolopium klossii*, *T. piloso-villosum*, *Coprosma brassii*, dan *Senecio* sp.

Rumput *Deschampsia klossii* dan *Monostachya reboloides* tumbuh di antara rumput bersama dengan *Geranium* sp., *Epilobium detznerianum*, dan *Parahebe vanderwateri*. Penyebaran komunitas ini dipengaruhi oleh jatuhnya salju.

#### 5. **Tundra Kering Alpin** (*Alpine dry tundra*)

Vegetasi ini berkembang di Papua pada morain yang baru setelah salju mundur pada elevasi 4.230 - 4.600 m dpl (Hope 1976a). Vegetasi ini tersusun atas perdu *Epilobium detznerianum*, *E. prostratum*, lumut *Distichum capillaceum*, *Bryum rugicolum*, *Scleranthus singuliflorus*, *Rhacomitrium crispulum*, rumput *Deschampsia klossii*, *Poa wisselli*, dan terna *Sagina* sp., *Keysseria wollastonii* dan *Pilea* sp. Jenis-jenis ini muncul pada waktu yang berbeda sesuai dengan perannya dalam proses suksesi.

Vegetasi ini sedang berkembang menuju vegetasi kerangas *Tetramolopium klossii*.

#### 6. **Tundra Basah Alpin** (*Alpine wet tundra*)

Di lahan datar di Lembah Kuning pada elevasi 4.250 m dpl. terdapat morain batu gamping dengan drainase yang

sangat baik dan di belakang morain ini berkembang hamparan lumut (terutama *Breutelia aristifolia*) yang menerus dan menunjang pertumbuhan jenis-jenis terna, seperti *Gnaphalium breviscapum*, *Geranium potentilloides* var. *alpestre*, dan *Ranunculus* spp.

Jenis-jenis teki-teki dan rumput *Deschampsia klossii* juga agak banyak terdapat di sini.

## 7. Vegetasi Salju (*Cryovegetation*)

Vegetasi salju atau vegetasikrio (*cryovegetation*) terdapat pada es dan salju. Vegetasi salju tersusun oleh asosiasi berbagai spesies yang dapat hidup pada suhu rendah sekali atau kriofili (*cryophily*) yang serupa dengan spesies yang terdapat di daerah kutub.

Pada salju di Gunung Jaya terdapat asosiasi pertumbuhan hitam, merah, dan kuning pada es, pertumbuhan hitam di danau glasial, pertumbuhan merah dan kuning-coklat pada salju.

Pada es dan salju ini tumbuh berbagai jenis ganggang seperti *Chlamydomonas antarcticus*, *Chlorosphaera antarctica*, *Scotiella antarctica*, *S. nivalis*, *S. norvegica* var. *carstenszis*, *Mesotaenium berggrenii*, dan *Nostoc fuscescens* var. *carstenszis*.

Perbedaan asosiasi spesies disebabkan oleh faktor fisik yang berbeda pada habitatnya, bukan oleh faktor kimia.



**Gambar 1.** Hutan Pegunungan Bawah di jalur Napua - Habbema memperlihatkan kehadiran *Syzygium* spp. dan beberapa jenis lain.

Tipe vegetasi ini terdapat di bagian atas yang berbatasan dengan tipe vegetasi Hutan Pegunungan Atas. Saat ini tipe vegetasi seperti ini sudah sangat langka akibat maraknya penebangan liar. Bekas potongan kayu pada gambar mungkin adalah *Syzygium rosaceum*, *Elaeocarpus sphaericus*, atau *Sloanea archboldiana* yang kerap juga ditemukan di tipe vegetasi ini [Sumber: A.P. Keim, 2011].

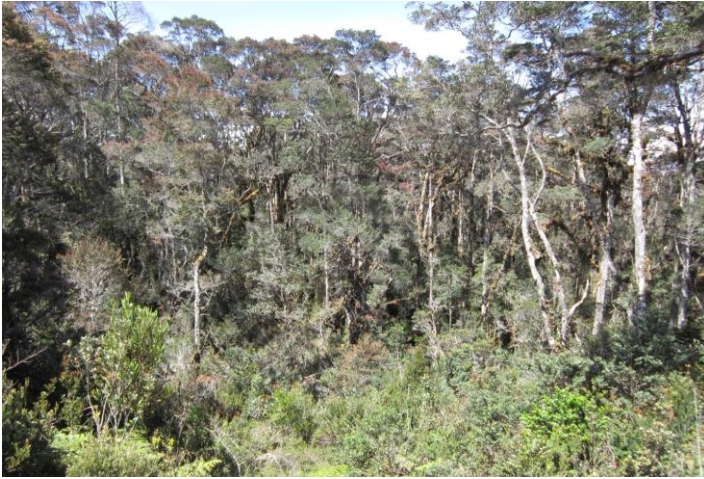


**Gambar 2.** Padang Rumpur Pegunungan Bawah di kawasan Napua pada ketinggian sekitar 1.800 m dpl., sangat jelas memperlihatkan kehadiran jenis-jenis dari suku-suku Poaceae, Ericaceae (*Rhododendron herzogii*, *R. macgregoriae*, dan *Vaccinium varingiaefolium*), dan Pandanaceae (di tipe vegetasi ini didominasi oleh *Pandanus adinobotrys*) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 3.** Hutan Pegunungan Atas yang sangat jelas didominasi Nothofagaceae (terutama *Nothofagus brassii* dan *N. pullei*) dengan daun muda berwarna merah yang khas [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**Gambar 4.** Hutan Pegunungan Atas yang memperlihatkan struktur dan komposisi tumbuhannya. Selain didominasi oleh Nothofagaceae, tipe vegetasi ini juga dihuni jenis-jenis Podocarpaceae; seperti *Podocarpus brassii* yang tampak dalam foto ini. Di bagian depan adalah perdu dan pohon-pohon muda yang berkembang di tempat terbuka [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 5.** Hutan Berlumut yang memperlihatkan lumut tebal yang menutupi batang-batang pohon. Jenis pohon yang dominan adalah *Nothofagus brassii* dan *N. pullei* (Nothofagaceae). Tipe Hutan Berlumut dan tipe vegetasi Hutan Pegunungan Atas membentuk tipe vegetasi pegunungan khas New Guinea yaitu Hutan *Nothofagus* (*Beech Forest*) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



(A)



(B)



(C)



(D)

**Gambar 6.** Dalam Hutan Berlumut lumut tebal menutupi lantai hutan (A). Flora pandan (Pandanaceae) di Hutan Pegunungan Atas diwakili oleh jenis dataran tinggi, *Pandanus jiulianettii* (B). 'Paku tiang' diwakili oleh *Cyathea pseudomuelleri* (C) dan *C. imbricata* (D). *Cyathea pseudomuelleri* lebih banyak ditemukan terutama pada ketinggian sekitar 3.200 m dpl. [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 7.** 'Sarang semut' (*Myrmecodia brassii*; Rubiaceae) nir-epifit atau fanerofit terrestrial ditemukan hidup langsung di tanah (kiri) dan dapat mencapai tinggi lebih dari satu meter (kanan) [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**A**



**B**



**C**



**D**



**E**



**F**



**G**



**H**



**I**

**Gambar 8.** Sebagian dari jenis-jenis *Rhododendron* (Ericaceae) yang ditemukan di Hutan Pegunungan Atas dan Hutan Berlumut. *Rhododendron* mencapai puncak keragamannya di kedua ekosistem tersebut. A = *Rhododendron brassii*; B = *R. flavoviride*; C = *R. subcrenulatum*; D = *R. spondylophyllum*; E = *R. beyerinckianum*; F = *R. agathodaemonis*; G = *R. gaultheriifolium*; H = *R. rhodochroum*; I = *R. oreites* [Sumber A.P. Keim, 2011].



**Gambar 9.** *Rhododendron kogo*, satu dari lima jenis *Rhododendron* yang berupa epifit. Jenis ini sangat langka dan sebelumnya hanya dikenal dari spesimen *type*. Ditemukan di Hutan Berlumut (i.e. Hutan *Nothofagus*) pada ketinggian di atas 3300 m dpl. di dekat rute jalan Napua-Habbema yang menuju Danau Habbema [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 10.** Hutan Subalpin yang didominasi hampir murni oleh *Papuacedrus papuana*, sehingga hutan ini dapat disebut Hutan *Papuacedrus papuana*. Tampak Danau Habbema dikelilingi hutan ini dan di kejauhan adalah kawasan Puncak Trikora [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 11.** Jalan trans Jayawijaya rute Wamena - Habbema - Mbuwa - Kenyam antara KM 37 dan KM 40 yang membelah Hutan Subalpin dan memotong aliran alir (alur hidrologi) dari Puncak Trikora ke Danau Habbema. Jalan yang tampak putih menunjukkan bahwa tipe tanahnya adalah batu gamping atau batu kapur (*limestone*). Di latar depan adalah vegetasi semak dan padang rumput subalpin di tepi Danau Habbema dan di kejauhan adalah Puncak Trikora. Gambut dataran tinggi terdapat di seputar Danau Habbema dan menopang Semak Subalpin dan Padang Rumput Subalpin) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 12.** Perbatasan yang jelas dan tegas antara Hutan Berlumut dan Hutan Subalpin. Hutan Berlumut tampak di latar belakang yang ditandai dengan pohon *Nothofagus* (*N. brassii*) yang menjulang ; sementara di bagian depan Hutan Subalpin yang ditandai oleh kehadiran *Papuacedrus papuana* dan juga Semak Subalpin yang ditandai 'paku tiang'*Cyathea tomentosissima*. Ini juga memperlihatkan batas antara tipe tanah batu gamping murni (yang menjadi habitat *Nothofagus*) dan tipe tanah campuran batu gamping dan gambut dataran tinggi yang menjadi ciri khas Hutan Subalpin dan Semak Subalpin (sebagian) dan penopang keberadaan *P. papuana* dan *C. tomentosissima* [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**Gambar 13.** *Papuacedrus papuana* di batas antara Hutan Subalpin dan Padang Rumput Subalpin dengan 'sarang semut' (*Myrmecodia brassii*) yang hidup sebagai epifit pada batang dan cabang-cabangnya (kiri). Setangkai *P. papuana* yang sangat jelas menunjukkan karakter taksonominya sebagai anggota suku Cupressaceae. Terlepas dari pembangunan jalan rute Habbema - Mbuwa - Kenyam, secara umum populasi dan regenerasi *P. papuana* masih dalam keadaan baik [Sumber: A,P. Keim, 2011 (kiri), 2014 (kanan)].



**Gambar 14.** *Phyllocladus hypophyllus* atau 'kayu sina'. Jenis ini dilaporkan melimpah di Hutan Subalpin oleh Brass (1941a; 1941b; lihat Brass 2012), Archbold dkk. (1942), dan Hope (1976), namun pada eksplorasi kami tahun 2011 tidak lagi tampak hadir dalam hutan tersebut. *Phyllocladus hypophyllus* yang berperawakan pohon kecil kurang dari 5 meter dengan regenerasinya yang baik hanya terlihat di tepian Danau Habbema. Hampir punahnya jenis ini di Hutan Subalpin jelas merupakan akibat penebangan liar dan bukan dampak langsung pembuatan jalan trans Jayawijaya. Meski demikian pembukaan jalan jelas telah memberi akses yang lebih mudah untuk penebangan liar. Pengawasan ketat oleh pihak Taman Nasional Lorentz dan berbagai pihak terkait, seperti LIPI dan PEMDA Kabupaten Jayawijaya, sangat perlu guna melindungi keberlangsungan hidup jenis pohon yang menakjubkan ini. Hasil kajian terbaru seputar *bioprospecting* jenis ini oleh Praptiwi dkk. (2015) menunjukkan bahwa jenis ini berpotensi sebagai anti kanker [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 15.** Di muka tampak Semak Subalpin dengan pohon *Schefflera monticola*. yang menjulang tinggi, tetapi dalam vegetasi ini tidak terdapat jenis yang dominan. Di latar belakang tampak Hutan Subalpin dengan *Papuacedrus papuana* nya yang khas mengitari Padang Rumput Subalpin [Sumber: A.P. Keim, 2014].



**Gambar 16.** Profil tanah di Semak Subalpin (dan juga di Hutan Subalpin) terdiri atas lapisan gambut dataran tinggi (dengan ketebalan satu meter atau lebih) tepat berada di atas batuan kapur. Gambar ini merupakan salah satu contoh bahwa lanskap subalpin yang ter terdiri atas Hutan Subalpin, Semak Subalpin, dan Padang Rumput Subalpin) ditopang oleh gambut dataran tinggi [Sumber: A.P. Keim, 2014].





**Gambar 17.** *Myrmecodia brassii* (atas) dan *M. lamii* (bawah), dua jenis 'sarang semut' terestrial yang banyak ditemukan di Semak Sualpin [Sumber: A.P. Keim, 2011].

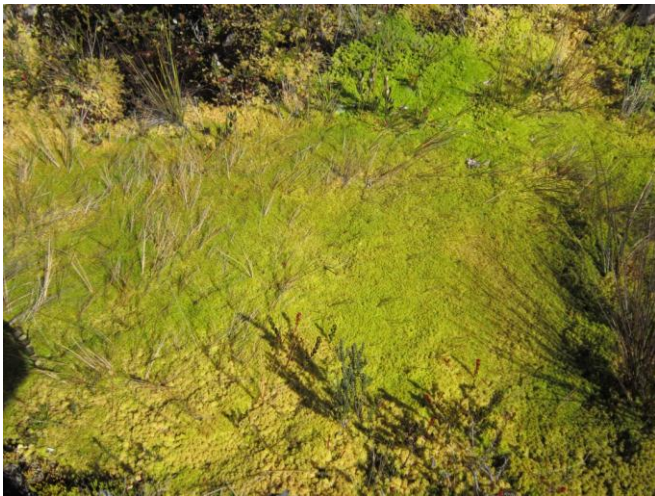


**Gambar 18.** *Rhododendron saxifragoides* adalah jenis terna kecil dan rendah yang banyak ditemukan di Semak Subalpin dan di kawasan perbatasan dengan Padang Rumput Subalpin. Jenis ini endemik di habitat sempit (*narrowly endemic*) yang sepenuhnya hidup hanya di gambut dataran tinggi di kawasan dekat Danau Habbema. Di bagian bawah gambar jelas terlihat lumut hati (*Hepaticae*, *hepatic moss*) yang membentuk gambut tersebut [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 19.** Tiga tipe vegetasi subalpin di seputar Danau Habbema. Di bagian depan adalah Semak Subalpin, berbatasan dengan Hutan Sub-Alpin (di tengah yang ditandai dengan dominasi *Papuacedrus papuana*) dan Padang Rumput Subalpin di kejauhan yang berbatasan dengan Hutan Subalpin di bukit. Eksistensi semua vegetasi tersebut bergantung kepada kehadiran dan kelestarian gambut dataran tinggi. Genangan air Danau Habbema tampak di kiri atas berbatasan dengan hutan [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**Gambar 20.** Lumut sejati berwarna merah dan putih yang hidup di tanah Semak Subalpin dan genangan air yang keluar dari gambut dataran tinggi yang bersama dengan tutupan



lumut hati (Hepaticae; atas), menyerupai vegetasi rawa (*bog*) di wilayah beriklim 4 musim seperti Eropa atau Amerika Utara. Lumut hati yang menutupi genangan air yang terbentuk dari pembukaan gambut. Sebenarnya ini adalah proses awal dari pembentukan gambut dataran tinggi. Pada latar belakang gambar atas adalah Semak Subalpin [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 21.** Padang Rumput Subalpin yang luas di seputar Danau Habbema dengan populasi *Cyathea tomentosissima* (Cyatheaceae), jenis endemik dalam vegetasi subalpin Pegunungan Jayawijaya [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 22.** Padang Rumput Subalpin yang ditopang oleh tanah gambut dataran tinggi sejati yang selalu basah (ditandai dengan genangan-genangan air) . Lanskap padang rumput ini mirip dengan vegetasi rawa gambut (*bog*) di berbagai wilayah beriklim sedang (*temperate region*) di dunia (bawah) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



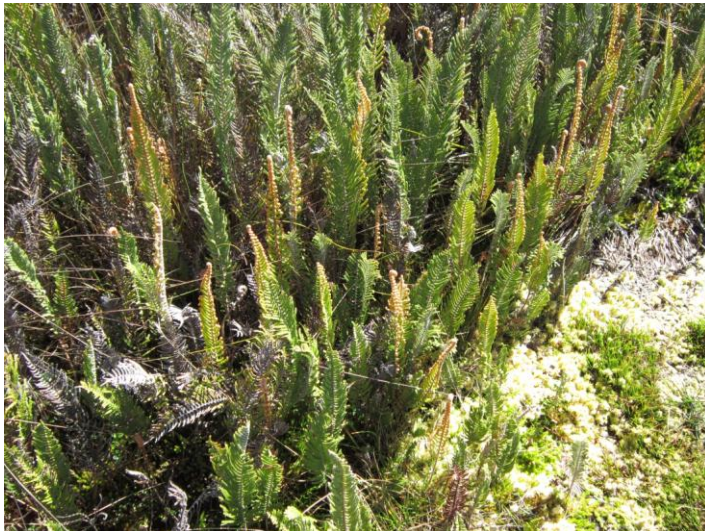
**Gambar 23.** Semak Subalpin yang didominasi jenis paku tiang *Cyathea tomentosissima*, di tengah Padang Rumput Subalpin (atas). Populasi *C. tomentosissima* yang masih muda menunjukkan perkembangbiakan dan regenerasi yang baik.

Vegetasi ini belum terlalu terganggu oleh pembangunan jalan trans Jayawijaya [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 24.** Padang Rumput Subalpin dengan komunitas *Cyathea tomentosissima* yang sering berkembang di tepi aliran air dari dan ke Danau Habbema, sehingga *C. tomentosissima* dapat dianggap sebagai penanda adanya aliran air. Pada survei sepanjang tahun 2011 dan 2014, aliran-aliran air di kawasan Padang Rumput Subalpin di seputar Danau Habbema ini masih dalam kondisi baik. Di kejauhan pada lereng bukit terlihat jalan trans Jayawijaya rute Habbema - Tiom (arah barat Habbema) [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**Gambar 25.** Padang Rumput Sub-Alpin adakalanya didominasi lumut, seperti *Sphagnum sp.* putih yang unik (atas). Marga yang lain seperti *Zygodon* (gambar pertama). Dalam kawasan

Padang Runput Subalpin ini, tumbuhan paku seperti *Blechnum* sp. dapat pula secara lokal membentuk komunitas murni (gambar kedua) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 26.** Padang Rumpun Subalpin yang sangat luas pada elevasi 3.700–4.000 m dpl. memperlihatkan kubangan-kubangan air yang khas sehingga membentuk pemandangan seperti rawa gambut di Eropa atau Amerika Utara [Sumber: A.P. Keim, 2014].



**Gambar 27.** Padang Rumpun Subalpin yang sangat luas pada ketinggian 3.700–4.000 m dpl. memperlihatkan aliran air di

lahan gambut dataran tinggi. Di latar belakang tebing batuan kapur yang merupakan bagian rentetan pegunungan kapur dari Puncak Trikora [Sumber: A.P. Keim, 2014].



**Gambar 28.** *Drymis* sp. (Winteraceae; kiri) dan *Trachymene novoguineensis* (Apiaceae; kanan), dua jenis tumbuhan yang ditemukan dalam Padang Rumput Subalpin. *Trachymene novoguineensis* bahkan tersebar sampai di Vegetasi Alpin Tropik [Sumber: A.P. Keim, 2014].



**Gambar 29.** Vegetasi Alpin Tropik yang didominasi lumut, lumut kerak, dan terna kerdil di kawasan Puncak Trikora. Gambar ini diambil dari ketinggian 4.000 m dpl. [Sumber: A.P. Keim, 2014].



**Gambar 30.** Formasi batuan kapur di Pegunungan Jayawijaya, khususnya kawasan Puncak Trikora, yang asal usulnya adalah lempengan tektonik yang terangkat pada periode Devon (372-420 juta tahun lalu) yang saat itu merupakan dasar laut [Sumber: A.P. Keim, 2014].





**Gambar 31.** *Cyathea tomentosissima* masih terlihat dan menjadi satu-satunya tumbuhan dengan perawakan pohon di kaki Vegetasi Alpin Tropik (atas), yang batangnya ditumbuhi lumut tebal. Batuan di ketinggian 3.950-4.000 m dpl. yang menunjukkan bekas-bekas erosi oleh gletser (*glaciers*) yang menandakan bahwa kawasan ini pernah tertutup salju

(bawah). Lumut, lumut kerak, dan beberapa jenis rumput dan terna kecil masih mampu hidup di celah-celah batuan yang dipenuhi gambut dataran tinggi [Sumber: A.P. Keim, 2014].



**Gambar 32.** Tumbuhan yang terdapat di Vegetasi Alpin Tropik pada ketinggian sekitar 4.000 m dpl. Antara lain adalah aneka macam perdu rendah, terutama Ericaceae berdaun kecil dan tebal serta keras (*Vaccinium* spp., khususnya *V. oranjense*, kiri) dan lumut tebal yang menutupi tanah (kanan) [Sumber: A.P. Keim, 2014].

### III. MATI-PUCUK (*DIEBACK*) PADA *NOTHOFAGUS* SPP. (*NOTHOFAGACEAE*)

Hasil survei yang didukung oleh kajian pustaka dan hasil observasi salah seorang dari para penyusun tulisan ini sendiri (APK) selama bertugas sebagai Kepala Kebun Biologi Wamena, LIPI (2009 - 2011) mendeteksi fenomena mati-pucuk (*dieback*) terutama pada populasi *Nothofagus* spp. (*Nothofagaceae*) di hutan Pegunungan Jayawijaya, khususnya di sekitar Danau Habbema. Hasil pengamatan tersebut mendukung Johns et al. (2007) dan Meyers dan Hitchcock (2008), yang sebelumnya juga melaporkan fenomena mati-pucuk yang luas pada jenis-jenis tumbuhan pada marga yang sama (*Nothofagus* spp.; *Nothofagaceae*) di kawasan Danau Habbema.

Mati-pucuk (*dieback*) dapat didefinisikan sebagai: “*An episodic event characterized by premature, progressive loss of tree and stand vigour and health over a given period without obvious evidence of a single clearly identifiable causal factor such as physical disturbance or attack by an aggressive disease or insect*” (Ciesla dan Donaubauer 1994).

Pengamatan lapangan selama survei sampai kepada kesimpulan awal bahwa walaupun pembukaan jalan trans Jayawijaya (Wamena - Napua - Habbema - Mbuwa - Kenyam) mungkin turut berdampak pada terjadinya fenomena mati-

pucuk (*dieback*) pada populasi kayu 'sage' (*Nothofagus* spp.<sup>35</sup>), namun agaknya ia bukan merupakan faktor penyebab utama. Temuan-temuan di lapangan berikut agaknya lebih mengarah kepada kemungkinan bahwa mati-pucuk tidak terkait langsung dengan pembukaan jalan trans Jayawijaya, melainkan diakibatkan oleh faktor lain.:

- a) Mati-pucuk ditemukan dalam populasi secara acak. Memang benar terdapat populasi *Nothofagaceae* yang tumbuh tepat di tepi jalan trans Jayawijaya yang mengalami mati-pucuk, namun adapula yang tidak. Selain itu, mati-pucuk juga ditemukan pada populasi yang terletak sangat jauh dari badan dan tepi jalan, seperti di lembah-lembah, relung-relung serta perbukitan yang sama sekali tidak dilintasi jalan.
- b) Observasi di Pegunungan Jayawijaya menunjukkan bahwa mati-pucuk ditemukan juga di banyak lokasi yang terletak sangat jauh dari tapak pembangunan jalan trans Jayawijaya tersebut. Mati-pucuk terdapat di perbukitan-perbukitan kawasan Bolakme, Kimbim, Kulagaima, Pelabaga, Pyramid, Tagime, Tulem, dan Pass Valley yang semuanya berada di sebelah utara dan barat laut kota Wamena. Perbukitan tersebut terletak sangat jauh dan bahkan ada di arah berlawanan dengan lokasi jalan trans Jayawijaya yang seluruhnya menuju ke arah selatan dan barat daya kota Wamena.

---

<sup>35</sup> Terutama *Nothofagus brassii* dan *N. pullei* yang merupakan jenis-jenis yang dominan (lihat ulasan tentang Hutan Pegunungan Tinggi).

Auclair (1993) berpendapat bahwa di kawasan Pasifik fluktuasi iklim yang ekstrem adalah penyebab mati-pucuk pada marga-marga tumbuhan berkayu keras termasuk *Eucalyptus*, *Metrosideros*<sup>36</sup> (Myrtaceae), dan *Nothofagus* (Nothofagaceae). Fluktuasi iklim yang ekstrem tersebut mungkin sekali diakibatkan oleh fenomena El Niño, yang di Pegunungan Jayawijaya dapat menyebabkan musim kemarau yang berkepanjangan (*prolonged drought*) pada suatu masa dan turunnya suhu yang sangat ekstrem sehingga terbentuk ibun beku (*frost*) pada masa yang lain.

Arentz (1988) melaporkan bahwa turunnya suhu yang ekstrem, yang menyebabkan terjadinya ibun beku, diyakini sebagai pemicu mati-pucuk pada populasi *Nothofagus* di kawasan Pegunungan Tengah Papua Nugini (*Central Highlands of Papua Nugini*) pada kisaran elevasi 2400–2700 m dpl. Kondisi yang tidak jauh berbeda dapat terjadi di hutan *Nothofagus* yang luas di Pegunungan Jayawijaya.

Fluktuasi iklim yang ekstrem, terutama yang terkait dengan musim kemarau berkepanjangan, –sebagai pemicu mati-pucuk secara global dan menimpa banyak jenis tumbuhan juga diutarakan oleh Allen (2009). Allen (2009) memberi contoh kasus mati-pucuk pada populasi *Nothofagus dombeyi* di Patagonia Utara, Argentina yang terbukti diakibatkan oleh

---

<sup>36</sup> Selama survei ini hanya ditemukan satu jenis, *N. pullei* dan tidak menderita mati-pucuk.. Populasinya sendiri tidak sebesar *Nothofagus* spp. Kajian lebih lanjut perlu dilakukan.

musim kemarau berkepanjangan yang diikuti dengan kekeringan yang panas (*warm drought*).

Mati-pucuk yang terjadi karena kombinasi beberapa faktor dikemukakan oleh Wardle dan Allen (1983) pada populasi *Nothofagus* di Selandia Baru. Mereka menyatakan bahwa setidaknya ada tiga faktor yang bekerja bersamaan sebagai penyebab mati-pucuk, yaitu:

- a. Kepadatan dan umur populasi *Nothofagus* itu sendiri. Semakin jauh jarak antar individu, yang ditopang juga oleh semakin tuanya umur pepohonan, membuat populasi tersebut rentan terhadap terjangan angin, rendahnya laju pertumbuhan dan laju kematian yang tinggi.
- b. Cekaman (*stress*) yang diakibatkan antara lain oleh turunnya suhu secara drastis yang diikuti dengan terbentuknya ibun beku dan turunnya salju. Salju juga dapat merusak dan mengakibatkan kematian pada *Nothofagus*.
- c. Merebaknya hama dan penyakit. Wardle dan Allen (1983) menyebutkan serangga kecil *Nascioides enysii* dan jamur akar *Armillaria* sebagai hama dan penyakit yang umum menjangkiti populasi *Nothofagus* di Selandia Baru.

Sampai saat ini belum ada data lengkap tentang fauna serangga di kawasan Danau Habbema dan sekitarnya, sehingga kecil kemungkinan serangga menjadi hama penyebab mati-

pucuk pada Nothofagaceae di hutan pegunungan Jayawijaya. Dengan demikian penyakit yang disebabkan oleh jamur parasit menjadi satu-satunya kemungkinan faktor penyebab mati-pucuk selain faktor lingkungan abiotik, seperti perubahan iklim yang ekstrem.

Jamur dari marga *Cyttaria* sebagai penyebab mati-pucuk pada populasi *Nothofagus* di Australia telah dilaporkan Herbert (1930). Merujuk kepada geologi pembentukan Nugini yang pernah bersatu dengan Australia pada masa Gondwana, bukan tidak mungkin bila jamur *Cyttaria* ini ada sebagai bagian dari flora jamur alami dalam ekosistem hutan pegunungan tinggi di Jayawijaya. Mungkin sekali jamur ini merebak menjangkiti Nothofagaceae karena terpacu oleh perubahan iklim ekstrem, khususnya musim kering berkepanjangan yang secara alami akan meningkatkan suhu udara rata-rata. Sementara itu kehadiran gambut dataran tinggi yang sangat basah membuat kelembaban relatif selalu tinggi. Kombinasi faktor iklim seperti itu menciptakan lingkungan yang sangat ideal untuk pertumbuhan jamur tersebut untuk memicu mati-pucuk.

Santesson (1945) bahkan menyatakan bahwa jamur *Cyttaria* ini hanya hidup khusus pada (*confined to*) *Nothofagus*. Oleh karena itu bila mati-pucuk terjadi pada jenis apa pun dari suku Nothofagaceae dengan tanda-tanda infeksi parasit, maka hampir dapat dipastikan bahwa penyebabnya adalah jamur *Cyttaria*. Uraian yang menyeluruh tentang hubungan antara jamur *Cyttaria* dengan *Nothofagus* juga diberikan oleh Heim (1951) dan Rawlings (1956).

Arentz (1983) menyebutkan jamur *Phytophthora cinnamomi* sebagai jamur invasif yang bersifat patogen yang menyebabkan mati-pucuk pada beberapa jenis *Nothofagus* di Gunung Giluwe di Papua Nugini pada elevasi lebih dari 4000 m dpl. Salah satu jenis tersebut adalah *N. pullei* yang juga ditemukan di hutan pegunungan atas dan hutan berlumut di Jayawijaya yang elevasinya bersesuaian, sehingga jamur *P. cinnamomi* mungkin sekali menyeberang dari Papua Nugini ke Pegunungan Jayawijaya.

Jamur *P. cinnamomi* sendiri sudah lama diketahui sebagai jamur patogen yang invasif penyebab mati-pucuk pada banyak jenis tumbuhan (*lihat* Ciesla dan Donaubauer 1994) dan setidaknya sudah dilaporkan sebagai penyebab mati-pucuk sejak dua abad lalu (Zentmyer 1980). Tempat asal jamur ini sendiri tidak diketahui secara pasti.

Kemungkinan invasi jenis-jenis jamur patogen ke kawasan Pegunungan Jayawijaya bersamaan dengan pembukaan akses melalui kawasan tersebut yang berpotensi menyebabkan mati-pucuk pada jenis-jenis tumbuhan alami terbuka lebar. Hal ini seharusnya menjadi aspek penting yang harus dipertimbangkan dengan serius dalam penyusunan AMDAL. Fenomena ini memang kembali menjadi masalah klasik, khususnya di pedalaman Papua, yang merupakan dilema antara konservasi biota di satu sisi dan pengentasan keterasingan/isolasi penduduk di sisi yang lain.

Mati-pucuk dapat juga menjadi indikator sebagai tanggap hutan terhadap perubahan iklim dan perubahan dalam



sistem hidrologi. Iklim, tanah, ketersediaan air, praktik pengelolaan, kebakaran, serangga dan penyakit adalah faktor yang mempengaruhi kesehatan hutan (Ciesla dan Donaubaer 1994). Sementara penelitian sudah dilakukan bertahun-tahun di berbagai penjuru dunia, faktor yang bertanggungjawab untuk mati-pucuk masih tetap belum jelas. Mati-pucuk sering dianggap sebagai gejala penyakit khas dan merupakan bagian dari dinamika hutan.

Mueller-Dombois (1983, 1986) menekankan bahwa mati-pucuk merupakan bagian dari dinamika hutan dan menyimpulkan bahwa:

- 1) Mati-pucuk belum tentu merupakan penyakit, tetapi merupakan bagian dari dinamika hutan dan suksesi.
- 2) Mati-pucuk merupakan kondisi yang kompleks yang melibatkan sejumlah faktor yang berinteraksi, tetapi dikatakan bahwa sebab utama dan yang memfasilitasi mati-pucuk adalah proses penuaan (*senescens*) yang sinkron dari sekelompok pohon di suatu tempat
- 3) Pemicu atau gangguan mendadak (seperti kekeringan, banjir dan angin) diperlukan untuk menginisiasi mati-pucuk,
- 4) Pemulihan dapat terjadi bila tidak ada gangguan serangga atau infeksi jamur
- 5) Mati-pucuk adalah fenomena pada tingkat tegakan atau populasi, yang dimanifestasikan oleh kehilangan gegas dan ketegaran tegakan hutan.

- 6) Mati-pucuk merupakan laju lebih lanjut dari pelemahan tegakan yang berakhir dengan kematian pohon
- 7) Mati-pucuk kanopi hutan adalah mati-pucuk pada tingkat tegakan bila pohon-pohon kanopi atau subkanopi terlibat : (1) mati-pucuk pohon-ke-pohon di mana pohon-pohon yang berdekatan terpengaruhi, dan (2) mati-pucuk terpencair di mana pohon-pohon yang menuju kematian terjadi berulang-ulang dalam sebuah matriks pohon-pohon sehat.
- 8) Mati-pucuk dapat merupakan akibat berbagai proses yang merupakan bagian integral dari dinamika komunitas hutan, tetapi dapat juga disebabkan oleh kegiatan manusia, seperti praktik pengelolaan hutan, konversi hutan, pembangunan jalan dan tatagunaan lahan

Kebanyakan mati-pucuk terjadi di Eropa, Amerika Utara, Australia dan kawasan Pasifik. Di Selandia baru mati-pucuk terjadi pada *Nothofagus* spp., *Metrosideros* sp., dan *Weinmannia racemosa*. *Nothofagus* spp. dominan dan membentuk tegakan-tegakan seumur (*even-aged stand*) di hutan pegunungan dan mati-pucuk terjadi secara berkala dan yang merupakan ciri khas hutan tersebut (Hosking 1989; Wardie dan Allen 1984).

Di Papua Nugini mati-pucuk terjadi pada *Nothofagus*, *Eucalyptus deglupta*, dan aneka macam jenis tumbuhan di bakau/*mangrove* (Arentz 1988). Sebagaimana halnya di

Indonesia, di Papua Nugini jenis-jenis *Nothofagus* pun hidup pada habitat punggung bukit dan lereng atas pegunungan tinggi (van Steenis 1953).

Mati-pucuk dan kematian pohon kemudian diikuti dengan regenerasi melalui pertumbuhan tajuk (pucuk) vegetatif. Kematian pohon karena mati-pucuk dianggap sebagai penuaan tegakan seumur yang dipicu oleh defisiensi hara tanah, kekeringan, dan ibun beku dahsyat yang terkait dengan kekeringan (Arentz 1983; Mueller-Dombois 1986).

Mati-pucuk biasanya terkait dengan kombinasi faktor cuaca, sustrat, pathogen, dan inang pada tahap perkembangan yang cocok. Johns dkk. (2007) menunjukkan bahwa jamur tanah yang bersifat patogen, termasuk *Phytophthora cinnamomi* dan *P. cambivora* serta kumbang penggerek kayu diperkirakan menjadi penyebab mati-pucuk *Nothofagus pullei* di Mount Giluwe, Southern Highlands, Papua Nugini. Tegakan *Nothofagus pullei* di sekitar Hidden Valley, Morobe, selatan Papua Nugini (di sekitar Hidden Valley) juga menderita mati-pucuk yang sama dengan yang teramati di Mount Giluwe tetapi penyebabnya belum diketahui.

*Nothofagus* sendiri membutuhkan jamur non patogen, terutama mikoriza untuk keberhasilan hidupnya. *Nothofagus* tumbuh berasosiasi dengan jamur mikoriza ektotrofik yang biasanya mempercepat laju pertumbuhan yang berperan dalam proses kolonisasi tempat baru dan proses ini akan lambat bila dilakukan oleh biji tanpa mikoriza. Ellis dan Pennington (1992) dalam kajiannya pada marga *Eucalyptus*

(Myrtaceae), khususnya *E. delegatensis*, menunjukkan bahwa faktor mikrob tanah, khususnya mikoriza, yang menyertai perubahan pada komponen vegetatif tegakan *Eucalyptus*, boleh jadi adalah penyebab dari mati-pucuk (*dieback*) di segala tingkatan usia dari *E. delegatensis* itu sendiri. Selain mati-pucuk sambaran petir sangat mungkin juga merupakan penyebab kematian *Nothofagus*. Meski pun demikian, kajian serius tentang kemungkinan tersebut belum pernah dilakukan. Yang pernah diterbitkan hanya seputar kebakaran yang dipicu oleh petir (*lighting*) di hutan *Nothofagus* di kawasan pegunungan Andes-Patagonia (*lihat* Veblen *et al.* 2008).

Kebakaran, baik yang dipicu petir maupun yang muncul dengan sendirinya (*spontaneous combustion*) pada musim kering yang berkepanjangan, tidak pernah dilaporkan terjadi di Danau Habbema dan kawasan di sekitarnya. Bila faktor kebakaran dalam ekosistem disingkirkan, maka mati-pucuk boleh jadi adalah bagian dari seleksi alami sebagaimana yang diajukan oleh Ellis (1980). Agaknya, inilah yang terjadi di Pegunungan Jayawijaya, khususnya kawasan sekitar Danau Habbema.

Fenomena mati-pucuk sebenarnya sudah lama teramati pada populasi *Nothofagus* spp. di kawasan Pegunungan Jayawijaya, antara lain oleh Pulle dalam eksplorasinya ke kawasan Pegunungan Jayawijaya pada tahun 1912 hingga 1913 (*lihat* Pulle 1915), jauh sebelum ada pembangunan infrastruktur jalan apapun di pedalaman dataran tinggi Papua, bahkan sebelum dimulainya Perang Dunia I. Pulle mengambil

beberapa foto dan sangat jelas terlihat bahwa mati-pucuk di populasi *Nothofagus* spp. di Pegunungan Jayawijaya terjadi secara alami dan luas.

Mati-pucuk juga teramati beberapa tahun kemudian oleh Brass dalam eksplorasinya ke Pegunungan Jayawijaya, khususnya Danau Habbema dan sekitarnya pada tahun 1938-1939 (*lihat* Brass 1941a, 1941b dan 2012). Pada saat itupun belum ada pembangunan infrastruktur jalan dan yang terkait di kawasan tersebut. Bila dikaitkan dengan hasil eksplorasi Pulle dan pendapat-pendapat sebelumnya di atas, maka mati-pucuk kemungkinan:

- a. Adalah fenomena alam dan bagian dari seleksi alam di dalam populasi *Nothofagus* spp. itu sendiri, selaras dengan pendapat Ellis (1980).
- b. Tidak terkait langsung dengan pembangunan jalan yang tengah dikerjakan saat ini ataupun sebelumnya, karena ia sudah teramati bahkan jauh sebelum rencana pembangunan di pedalaman Papua dimulai pihak Belanda.
- c. Boleh jadi fenomena pemanasan global (global warming) sebenarnya sudah terjadi jauh sebelum waktu yang diyakini saat ini. Dengan kata lain, pemanasan global mungkin sudah mulai pada awal abad ke-20 dan baru mulai memperlihatkan dampaknya yang mengerikan pada penghujung abad tersebut.

Berikut ini adalah kesimpulan sementara yang dapat ditarik mengenai mati-pucuk pada populasi *Nothofagaceae* di Pegunungan Jayawijaya:

- a. Pembukaan jalan trans Jayawijaya, khususnya rute baru Wamena - Habbema - Mbuwa - Kenyam bukanlah satu-satunya faktor dan bahkan bukan pula penyebab utama mati-pucuk pada populasi *Nothofagaceae*.
- a. Penyebab utama mati-pucuk diperkirakan terkait dengan fluktuasi iklim yang ekstrem antara musim kemarau berkepanjangan di satu masa dan penurunan suhu secara ekstrem yang mengakibatkan pembentukan ibun beku (*frost*) pada masa yang lain.
- b. Fluktuasi iklim yang ekstrem tersebut pada akhirnya memicu merebaknya populasi jamur patogen, terutama jenis dari marga *Cyttaria* yang hidup khusus dan terbatas pada *Nothofagus*, yang kemudian menginfeksi dan pada akhirnya menyebabkan mati-pucuk.
- c. Mati-pucuk merupakan fenomena alamiah dalam kaitan dengan suksesi alami guna menjaga agar populasi tumbuhan tetap sehat, termasuk juga *Nothofagus* (Mueller-Dombois 1987). Hanya bila terjadi keadaan yang tidak wajar (*abnormal*) pada lingkungan, khususnya faktor-faktor abiotik, terutama sekali suhu dan kelembapan, maka mati-pucuk menjadi tidak terkendali dan malah membahayakan eksistensi jenis tumbuhan itu sendiri.



**Gambar 36.** Mati-pucuk pada populasi *Nothofagus* spp. di Napua pada tahun 2010. Lokasi ini terletak agak jauh dari jalan trans Jayawijaya rute Wamena - Napua - Habbema; dan tentu saja sangat jauh dari kawasan Danau Habbema [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 37.** Mati-pucuk pada populasi *Nothofagus* spp. pada tahun 2010 di Pelabaga, yang terletak kurang-lebih di tengah antara Napua dan Danau Habbema. Lokasi ini jauh dari jalan trans Jayawijaya rute Wamena - Napua - Habbema, khususnya pertigaan antara arah Napua - Habbema - Pelabaga. Di sini terlihat dua faktor yang merusak populasi *Nothofagus* spp., yaitu mati-pucuk dan penebangan liar untuk pembukaan lahan. Masyarakat setempat berkilah bahwa pembukaan lahan dilakukan setelah banyak *Nothofagus* spp. mati merangas. Lahan terbuka yang terbentuk di antara batang-batang yang mengering, kemudian dimanfaatkan. Sebelum lahan dimanfaatkan, batang-batang kering dibakar [Sumber: A.P. Keim, 2011].





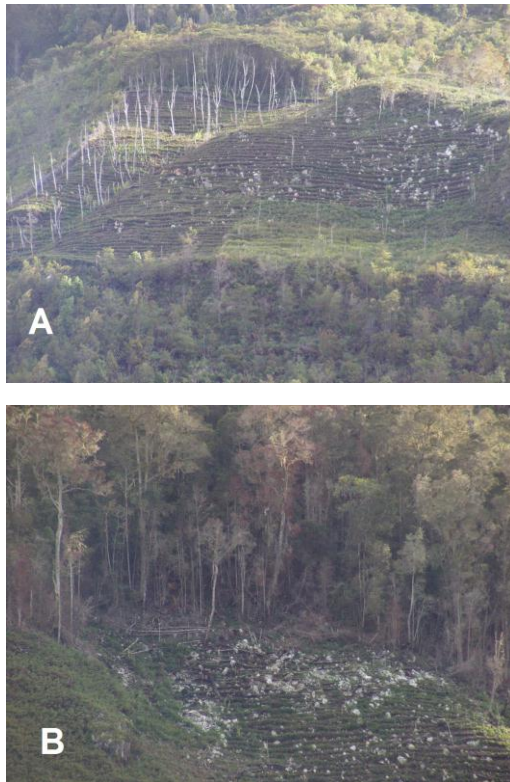
**Gambar 38.** Mati-pucuk yang teramati pada populasi *Nothofagus* spp. di Kulagaima pada tahun 2010. Lokasi ini belum dilewati jalan dan jauh dari jalan trans Jayawijaya, karena Kulagaima terletak sekitar 10 Km arah Barat Laut dari kota Wamena, tepat berseberangan arah dengan rute jalan Wamena - Napua - Habbema - Mbuwa - Kenyam, yang terletak di arah Barat Daya dari kota Wamena [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 39.** Mati-pucuk yang teramati pada populasi *Nothofagus* spp. di Tulem pada tahun 2010. Lokasi ini belum dilewati jalan dan jauh dari jalan trans Jayawijaya, karena Tulem terletak sekitar 15-20 Km arah Utara dari kota Wamena, tepat berseberangan arah dengan rute jalan Wamena – Napua – Habbema – Mbuwa – Kenyam, yang terletak di arah Barat Daya dari kota Wamena [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 40.** Populasi *Nothofagus* spp. yang sangat sehat di Pass Valley, yang terletak tepat di sebelah jalan trans Wamena - Jiwika - Abenaho (atau lebih terkenal dengan Wamena - Usilimo - Pass Valley). Pass Valley terletak di Km 48 pada elevasi sekitar 2500 m, sekitar 50 Km ke arah Utara - Timur Laut kota Wamena. Ini bukti bahwa pembukaan jalan bukan merupakan faktor utama yang menyebabkan mati-pucuk. Di tepi jalan tampak tumpukan kayu sage, yang sudah dalam bentuk kayu potong (yang tentu saja ilegal) dan siap dijual. Inilah salah satu bahaya yang mengancam populasi *Nothofagus* spp. Wilayah ini sangat jauh dari Danau Habbema serta tidak merupakan bagian dari kawasan konservasi Taman Nasional Lorentz) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 41.** Pemandangan yang tampak seperti mati-pucuk pada *Nothofagus* spp. di Pass Valley ini sebenarnya adalah lahan yang dibakar oleh masyarakat untuk perladangan (A). Penebangan liar untuk pembukaan lahan perladangan sangat luas terjadi dan sangat mengganggu populasi *Nothofagus* spp. yang sehat (B). Beberapa pohon yang tampak kering bukan diakibatkan oleh pembakaran tetapi karena mengering secara alami. . Mati-pucuk sebenarnya memang fenomena alami pada populasi pepohonan daerah tinggi, seperti *Nothofagaceae*, *Fagaceae*, dan *Elaeocarpaceae*, sebagai bagian dari dinamika populasi [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 42.** Mati-pucuk pada populasi *Nothofagus* spp. di Kimbim-Piramid pada tahun 2011. Lokasi bukit batuan kapur ini agak jauh dari rute jalan Wamena - Kimbim - Piramid - Tiom. Piramid terletak di sebelah barat laut kota Wamena dan sangat jauh dari Napua dan Habbema, bahkan berseberangan arah, karena kawasan Danau Habbema terletak di sebelah barat daya kota Wamena [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**Gambar 43.** Mati-pucuk pada populasi *Nothofagus* spp. di kejauhan pada bukit di kawasan Bolakme - Tagime pada tahun 2011. Belum ada akses jalan ke arah bukit tersebut. Bolakme dan Tagime terletak jauh di sebelah Barat-Barat Laut kota Wamena dan sangat jauh dari Napua dan Habbema, bahkan berseberangan arah, karena kawasan Danau Habbema terletak di sebelah Barat Daya kota Wamena [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 44.** Mati-pucuk yang terjadi pada *Nothofagus* spp. di Hutan Pegunungan Tinggi kawasan Habbema sebenarnya

sudah teramati lama. Pada tahun 1912-1913, seorang botaniwan Belanda, A. Pulle, membuat foto dan melaporkan mati-pucuk pada *Nothofagus* spp. di Jayawijaya, khususnya seputar Habbema [Sumber: Pulle, 1915].



**Gambar 45.** Penebangan *Nothofagus* spp. di kawasan hutan pegunungan tinggi di sekitar Danau Habbema, yang sebenarnya sudah berlangsung lama. Foto ini diambil pada tahun 1938 dan menunjukkan pembukaan lahan oleh penduduk sekitar 18 Km Timur Laut Danau Habbema pada elevasi 2300–2350 m dpl. Penduduk membuka lahan dengan cara tradisional, yaitu terlebih dahulu populasi *Nothofagus* spp. yang ada dibakar, kemudian ditebang. Kayu hasil potongan yang tidak terbakar digunakan untuk pagar kebun. Di bagian atas terlihat beberapa individu yang menderita mati-pucuk meskipun jalan di sekitar lokasi belum ada. Dengan demikian, foto di atas, yang dibuat Brass pada tahun 1938, menguatkan asumsi bahwa mati-pucuk memang terjadi secara alamiah.

Dengan kata lain pembukaan dan pembangunan jalan bukan penyebab utama dan bukan satu-satunya penyebab terjadinya mati-pucuk [Sumber: L.J. Brass, 1938 (*lihat Brass 2012*)].



**Gambar 46.** Mati-pucuk pada *Nothofagus* spp. di hutan pegunungan tinggi pada ruas jalan Wamena - Habbema pada elevasi sekitar 3300 m dpl. Terlihat bahwa mati-pucuk terjadi secara acak atau tanpa pola yang jelas. Di satu sisi jalan sangat jelas terlihat populasi *Nothofagus* spp. yang terjangkiti mati-pucuk, sementara di sisi jalan yang lain mati-pucuk tidak terlihat sama sekali. Fakta di atas menunjukkan sekali lagi bahwa pembuatan jalan bukan penyebab utama mati-pucuk. Mungkin sekali bahwa kematian populasi *Nothofagus* spp. di salah satu sisi jalan sengaja dirangsang oleh manusia mengingat kekeringan tersebut terkesan terjadi secara sistematis di blok-blok dengan batas-batas seperti pembuatan kebun-kebun secara tradisional [Sumber: A.P. Keim, 2011], jelas.





**Gambar 47.** Eksplorasi yang dilakukan Kebun Biologi Wamena, LIPI, ke kawasan Danau Habbema pada tahun 2011 menemukan beberapa titik lokasi dengan populasi *Nothofagus* yang tampak seperti terjangkiti mati-pucuk, di kawasan hutan pegunungan tinggi pada sekitar 2800 m dpl., yang termasuk ke dalam wilayah Taman Nasional Lorentz, di ruas jalan trans Wamena - Habbema. Setelah ditelaah ternyata pohon-pohon yang mengering dengan batang menghitam itu bukan akibat mati-pucuk namun karena pembakaran yang disengaja oleh para penebang liar. Dengan kata lain, batang-batang yang menghitam itu bukanlah karena terjangkit jamur *Cyttaria*. Temuan di atas didukung pula oleh temuan lain yang berupa batang-batang kayu *Nothofagus* dalam potongan-potongan yang rapi bukan potongan karena patah secara alamiah [Sumber: A.P. Keim, 2011].



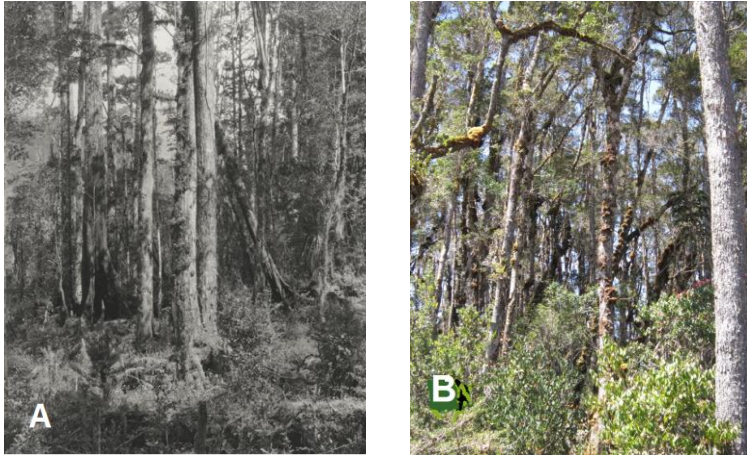
**Gambar 48.** Pondok penebang liar di dalam kawasan hutan pegunungan tinggi pada ketinggian 2000-2500 m dpl. dalam wilayah Taman Nasional Lorentz (A). Kerusakan populasi *Nothofagus* spp. di belakang pondok bukan karena mati-pucuk, Hasil tebangan liar sudah dalam bentuk batangan kayu siap angkut untuk dijual di kota Wamena (B). Warna kemerahan pada potongan-potongan kayu menunjukkan bahwa potongan kayu tersebut berasal dari *N. pullei*. Seperti dikemukakan dalam teks, penebangan liar *Nothofagus* spp. di dalam kawasan Taman Nasional Lorentz merupakan permasalahan serius [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 49.** Mati-pucuk di batas bawah hutan pegunungan tinggi pada ketinggian sekitar 2000-2200 m dpl. Populasi yang terjangkit mati-pucuk ini terletak pada bukit di seberang dan tidak bersentuhan langsung dengan ruas jalan trans Wamena-Habbema. Terlihat bahwa populasi yang terjangkit mati-pucuk berpola acak dan meluas. Telah dikemukakan dalam teks bahwa mati-pucuk di kawasan Pegunungan Jayawijaya dipicu oleh faktor yang lebih kuat dan bersifat global bukan hanya pembangunan jalan [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 50.** Ruas jalan Wamena – Habbema pada ketinggian sekitar 3500 m dpl. Meskipun mati-pucuk terdapat di sepanjang ruas jalan tersebut, terutama pada ketinggian 3000 – 3500 m dpl., populasi *Nothofagus* spp. sehat masih banyak ditemukan di kanan dan kiri jalan. Temuan ini menguatkan bahwa persebaran mati-pucuk bersifat acak dan tidak sepenuhnya dipicu oleh pembuatan jalan [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 51.** Hutan pegunungan tinggi di kawasan Danau Habbema pada elevasi 2450 m dpl.dalam dua kurun waktu yang berbeda. Foto yang diambil pada tahun 1938 (A) dan titik yang kurang-lebih sama pada tahun 2011 (B). Kedua foto di atas memperlihatkan bahwa meski mati-pucuk terjadi secara acak dan sporadis di banyak tempat di kawasan Danau Habbema dan sepanjang jalan trans Wamena - Habbema, kawasan dengan populasi *Nothofagus* spp. yang sehat masih banyak dan terjaga dengan baik. Pembukaan jalan memang akan mengganggu populasi *Nothofagus* spp., namun gangguan dapat diminimalkan. Oleh karena itu sangat perlu dan mendesak untuk dicari upaya dan strategi pelestariannya terutama secara *in-situ* yang didukung oleh konservasi *ex-situ* [Sumber: L.J. Brass, 1938 (*lihat Brass 2012, kiri*) dan A.P. Keim, 2011 (*kanan*)].

## AGROTEKNOLOGI MASYARAKAT DI SEPUTAR DANAU HABBEMA

Daratan besar Nugini (New Guinea) diyakini sudah didiami oleh manusia, terutama dari ras Melanesia setidaknya semenjak jaman Plestosen (*Pleistocene*<sup>37</sup>) yaitu antara 40.000 hingga 35.000 tahun silam (Foley 1986; Fairbairn dkk. 2006; Milliken 2006; Aikhenvald & Stebbins 2007; Wright dkk. 2013). Manusia Papua mendiami dataran tinggi NuginiNugini (termasuk Pegunungan Jayawijaya) mulai dari kawasan pegungan hingga subalpin (*subalpine*) diyakini secara bertahap dari mulai jaman Plestosen itu sendiri hingga Holosen (*Holocene*<sup>38</sup>) yaitu antara 40.000 hingga 10.000 tahun silam (Fairbairn dkk. 2006).

Terdapat silang pendapat di antara para pakar mengenai kapan tepatnya pertanian dimulai di NuginiSebagian berpendapat bahwa pertanian dimulai sekitar jaman Holosen yaitu sekitar 11.650 tahun yang lalu (Denham dkk. 2003), sementara yang lain berpendapat berpendapat pertanian sudah dimulai pada jaman lebih tua lagi, yaitu masih pada

---

<sup>37</sup> Plestosene m. kala terakhir periode geologis, yang disebut zaman es, yaitu pada waktu daerah-daerah dekat kutub dan pegunungan tinggi diliputi lapisan es; bagian awal dari zaman kuarter yang berlangsung antara 2.588.000 hingga 11.500 tahun sila

<sup>38</sup> Holosen periode geologis sesudah pleistosen terakhir, ditandai oleh susutnya es di daerah kutub dan pegunungan tinggi, naiknya permukaan air laut, dan terjadinya pengendapan (zaman alluvium) yang berlangsung sejak 11.500 tahun silam hingga kini., tepat setelah Pleistosen



jaman Plestosen sekitar 31.000 tahun silam (Fairbairn dkk. 2006). Hasil uji karbon (*carbon dating*) bahan-bahan makanan tua yang ditemukan di gua-gua dataran tinggi Nugini, termasuk di kawasan Jayawijaya lebih condong mendukung pendapat kedua. Dengan kata lain, pertanian sudah dilakukan di Nugini jauh lebih tua daripada yang selama ini diyakini.

Kontak antara peradaban Melanesia dengan Austronesia juga sudah sangat tua sebagaimana juga dibuktikan oleh pergerakan beberapa jenis tumbuhan budidaya terutama pisang (*Musa spp.*; Musaceae). Tumbuhan ini dibawa para pelaut berperadaban Austronesia dari kawasan Melanesia atau Paparan Sahul (*Sahuland*, khususnya Nugini) ke pulau-pulau di bagian barat Indonesia yang terletak di Paparan Sunda (*Sundaland*), seperti Jawa, Kalimantan, dan Sumatera, selama awal hingga pertengahan jaman Holosen (Denham 2010, 2011; Denham & Donohue 2009; Donohue & Denham 2009, 2010; Perrier dkk. 2011; Wright dkk. 2013).

Sepanjang pengamatan tidak ditemukan perkampungan di sekitar Danau Habbema. Ini disebabkan bukan hanya karena wilayah seputar Danau Habbema merupakan bagian zona inti Taman Nasional dan Warisan Dunia Lorentz, tetapi juga karena kondisi alam yang tidak nyaman untuk kehidupan manusia, seperti suhu yang sangat dingin pada malam hari. Perkampungan ditemukan mulai dari kawasan vegetasi Hutan Pegunungan Bawah (1700-2000 m dpl.) hingga Hutan Pegunungan Atas (2000-3000 m dpl.).

Dari sekian banyak jenis tumbuhan yang dibudidayakan masyarakat Pegunungan Jayawijaya pada umumnya (*lihat Milliken 2014*), beberapa jenis penting yang hampir selalu ditemukan di ladang mereka antara lain adalah:

- a. Kultivar-kultivar ubi jalar (*Ipomoea batatas*; Convolvulaceae) atau 'hipere' dalam bahasa Dani dialek Wamena.
- b. Kultivar-kultivar talas atau taro (*Colocasia esculenta*; Araceae) atau 'hom' dalam bahasa Dani dialek Wamena.
- c. Kultivar-kultivar gembili atau yam (*Dioscorea* spp.; Dioscoreaceae) atau 'pain' dalam bahasa Dani dialek Wamena.
- d. Kultivar-kultivar pisang (*Musa* spp.; Musaceae) seperti 'tuk', 'tuk ma', dan 'sabe'.
- e. Pandan Buah Merah (*Pandanus conoideus*; Pandanaceae) atau 'saik' dalam bahasa Dani dialek Wamena.
- f. Pandan Kelapa Hutan (*Pandanus julianettii*, *P. brosimos*, dan *P. iwen*; Pandanaceae) atau 'tuke' dalam bahasa Dani dialek Wamena.
- g. Sejenis rumput besar yang dalam bahasa Dani dialek Wamena disebut 'sowa' (*Setaria palmifolia*; Poaceae).

#### **a. Ubi jalar (*Ipomoea batatas*; Convolvulaceae)**

Ubi jalar atau dalam bahasa lokal 'hipere' bukan saja merupakan salah satu makanan masyarakat bangsa besar Melanesia di Nugini (termasuk Papua), tetapi ia lebih nyata



menempati kedudukan sebagai sumber karbohidrat utama pada masyarakat yang tinggal di dataran tinggi. Terkait dengan kawasan Jayawijaya, Achmady & Schneider (1995) mencatat sekitar 600 kultivar ubi jalar, dan ini termasuk yang tertinggi di Nugini. Gambar 52 memperlihatkan beberapa kultivar yang umum dibudidayakan di perkampungan-perkampungan kawasan Lembah Baliem hingga kawasan Pegunungan Atas dekat Danau Habbema.

Secara umum kultivar-kultivar ubi jalar tersebut oleh masyarakat di Lembah Baliem, khususnya Wamena dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar, yaitu kultivar berkulit luar merah dan putih. Sebagian besar kultivar yang dibudidayakan adalah yang berkulit luar merah. Sebagian kultivar yang berkulit luar putih dikonsumsi manusia dan juga merupakan pakan ternak babi (*Sus scrofa papuanus*). Meski demikian, tidak jarang lebih dari satu kultivar di tanam secara bersamaan dalam satu lahan.

Tingginya jumlah kultivar ubi jalar di Pegunungan Jayawijaya menunjukkan bahwa tanaman ini sudah sangat lama dibudidayakan masyarakat di pegunungan Papua. Hal ini membingungkan para pakar pertanian sejak lama karena diyakini asal ubi jalar adalah dari benua Amerika dan dibawa ke Nugini oleh orang-orang Spanyol kemungkinan sekitar awal abad ke-17 (Laufer 1929). Kurun waktu yang relatif terlalu singkat untuk membentuk keragaman kultivar yang luar biasa tersebut.

Dugaan lain adalah bahwa ubi jalar atau *sweet potatoes* diintroduksi ke Nugini lebih awal dari waktu yang selama ini diyakini. Sorenson & Johannessen (2004) berpendapat bahwa ubi jalar dibawa oleh bangsa Austronesia dari benua Amerika dan diintroduksi ke Nugini dan Pasifik dalam perjalanan pulang mereka. Dengan kemampuan berlayar mereka yang didukung teknologi perahu bercadik, hal tersebut bukan peristiwa yang tidak mungkin. Yang berminat dengan hal ikhwal persebaran tanaman budidaya dari benua Amerika ke Pasifik dan Nusantara sebelum kedatangan Kolombus ke benua tersebut dapat membaca terbitan tersebut (Sorenson & Johannessen 2004).

Teknologi pertanian (agroteknologi) masyarakat Lembah Baliem untuk tanaman budidaya ubi jalar sangat luar biasa. Mereka mampu bercocok tanam ubi jalar hingga ke lereng-lereng bukit (Gambar 41, 45 & 54; Gambar 41 dan 54 sangat jelas memperlihatkan lajur-lajur kebun ubi jalar di lereng) paralel dengan kemampuan masyarakat bangsa besar Austronesia dengan persawahan padi (*Oryza sativa*; Poaceae) mereka di lahan miring dengan sistem teras.

Pada prinsipnya pertanian ubi jalar masyarakat Papua di Lembah Baliem menerapkan system pertanian yang mirip dengan sistem surjan, yang dimulai dengan pembuatan petak-petak lahan. Dalam petak-petak tersebut dibuat guludan, yaitu gundukan-gundukan tanah yang lebih tinggi dari permukaan tanah untuk ditanami bibit ubi jalar (Gambar 53). Di sekitar petak dibuat jalur-jalur untuk mengalirkan air

sehingga guludan tidak tergenang air, dan juga untuk memudahkan penyiangan gulma dan pemanenan ubi jalar. Ini adalah sebuah sistem pertanian tradisional yang sederhana tetapi efektif. Uraian tentang teknik pertanian ini yang lebih jelas kita dapat merujuk antara lain ke Brass (1941), Kimber (1972), Sillitoe (1983), French (1986), Purwanto & Walujo (1992), dan Lebot (2010).

Sudah sejak berabad-abad ubi jalar memang merupakan makanan pokok masyarakat Suku Dani. Sayangnya, masuknya pendatang dari wilayah barat Indonesia (terutama di era 1970-an pasca jajak pendapat di Irian Jaya) yang membawa kebiasaan makan nasi, saat ini beras sudah menggantikan ubi jalar sebagai sumber karbohidrat utama, setidaknya di kawasan kota besar Wamena dan sekitarnya. Sebagian besar beras memang didatangkan dari Jayapura ke Wamenamelalui udara, sebagian kecil dihasilkan secara lokal dari persawahan yang terutama dapat ditemukan di kawasan Tulem (Pasir Putih, sebelah utara kota Wamena) dan Napua (sebelah timur kota Wamena, menuju arah Danau Habbema) yang dikerjakan oleh pendatang (terutama dari Jawa dan Sulawesi) dan penduduk lokal Tulem sendiri (Gambar 55).

Pergeseran sumber karbohidrat utama dari ubi jalar ke beras adalah permasalahan serius yang pernah menyebabkan bencana kelaparan di Pegunungan Jayawijaya (daerah Yahukimo), yaitu saat pasokan beras terhenti karena cuaca buruk bagi penerbangan dan panen ubi jalar gagal yang sebagian besar disebabkan oleh penelantaran. Bencana ini

tertolong oleh oleh ketersediaan ubi jalar yang untungnya masih ditanam oleh sebagian terbesar masyarakat Papua di Pegunungan Jayawijaya. Oleh karena itu Pemerintah Daerah Kabupaten Jayawijaya dan Kibupaten Lany Jaya mendukung sepenuhnya kebijakan diversifikasi pangan dengan mempertahankan ubi jalar tetap sebagai jenis tanaman pangan asli unggulan.

#### **b. Talas atau taro (*Colocassia esculenta*; Araceae)**

Talas atau taro secara umum disebut 'hom' dalam bahasa Dani dialek Wamena (Dani Besar). Meskipun ada setidaknya empat jenis talas yang kerap dijumpai di kawasan Pegunungan Jayawijaya, hanya *Colocasia esculenta* dan *Alocasia macrorrhizos* yang secara luas dibudidayakan (Achmady & Schneider 1995; French 1986). *Colocasia esculenta* adalah jenis yang paling banyak dibudidayakan sebagaimana ditunjukkan dengan tercatatnya 60 kultivar dibandingkan dengan hanya ada 3 kultivar *Alocasia macrorrhizos*. Gambar 56 dan 57 memperlihatkan kultivar-kultivar utama talas (*Colocasia esculenta*) yang dibudidayakan masyarakat asli di Lembah Baliem.

Budidaya talas di Lembah Baliem hingga ke kawasan dekat Danau Habbema tidak pernah berubah selama berabad-abad (Gambar 58), yang hampir serupa dengan tata cara budidaya ubi jalar. Uraian mengenai teknik penanaman talas

dapat dilihat dalam French (1986) dan Quero-Garcia dkk. (2010).

Masyarakat menanam talas (*Colocasia esculenta*) baik di lahan luas maupun di dekat rumah tradisional mereka yang dikenal dengan nama 'honai' (Gambar 58). Umumnya di lahan luas ditanam satu kultivar saja (monokultur), sementara di halaman dekat rumah dapat ditanam bersama-sama lebih dari satu kultivar.

*Alocasia macrorrhiza* merupakan tumbuhan liar dan hampir tidak pernah dibudidayakan oleh masyarakat suku Dani dan bahkan sangat jarang ditemukan di kebun-kebun mereka. Baik umbi maupun daunnya tidak umum dimakan.

*Xanthosoma sagittifolium* dan *Cyrtosperma merkusii* (Gambar 59) adalah jenis-jenis introduksi. Dua jenis ini juga dikonsumsi, namun tidak sebanyak umbi talas *Colocasia esculenta* dan umbinya juga sangat jarang diperdagangkan di pasar.

### **c. Yam atau gembili (*Dioscorea* spp.; Dioscoreaceae)**

Secara umum dalam bahasa Dani dialek Wamena (Dani Besar di Lembah Baliem) yam dikenal sebagai 'pain'. Setidaknya terdapat tiga jenis yang kerap dibudidayakan masyarakat, yaitu *Dioscorea alata*, *Dioscorea bulbifera* dan *Dioscorea esculenta* (Gambar 60). *Dioscorea esculenta* adalah jenis yang paling banyak dibudidayakan masyarakat di Lembah Baliem. Achmady dan Schneider (1995) mencatat 5 kultivar

yam di Pegunungan Jayawijaya. Boleh jadi yang dimaksud mereka adalah kultivar *Dioscorea esculenta*.

*Dioscorea esculenta* sendiri tercatat sebagai jenis yang paling umum dibudidayakan di Papua Nugini, termasuk di dataran tingginya (French 1986). Kondisi yang sama juga dicatat selama observasi di Jayawijaya ini. Sepanjang eksplorasi dari Wamena sampai ke kawasan Danau Habbema setidaknya tercatat tiga kultivar *Dioscorea esculenta* (Gambar 61).

'Pain' (yam atau gembili) ditempatkan oleh masyarakat Dani sebagai "pertahanan terakhir" sumber karbohidrat mereka pada saat terjadi gagal panen ubi jalar maupun talas. Itulah sebabnya mereka selalu menanam 'pain' di tepi-tepi kebun mereka (Gambar 61). Uniknya, anakan (i.e. tunas batang) yang mereka tanam biasanya dibiarkan saja berkembang sendiri. Kalau pun ada, perawatan hanya terbatas pada penyiangan tanaman pengganggu. 'Pain' dibiarkan tumbuh kadang-kadang hingga bertahun-tahun dan hanya digali umbinya saat gagal panen atau ada upacara adat penting. Di pasar pun 'pain' jarang diperdagangkan. French (1986) dan Arnau dkk. (2010) telah menulis uraian teknologi budidaya *Dioscorea esculenta*.



**Gambar 52.** Beberapa kultivar ubi jalar (*Ipomoea batatas*; Convolvulaceae) yang umum ditemukan dari Lembah Baliem sampai ke perkampungan di kawasan Danau Habbema. Tampak kultivar-kultivar yang berkulit luar merah dan putih [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 53.** Lahan bercocok tanam tradisional ubi jalar (*Ipomoea batatas*; Convolvulaceae) yang umum ditemukan di perkampungan-perkampungan masyarakat suku Dani di Lembah Baliem termasuk di kawasan Danau Habbema [Sumber: A.P. Keim, 2010 & 2011].

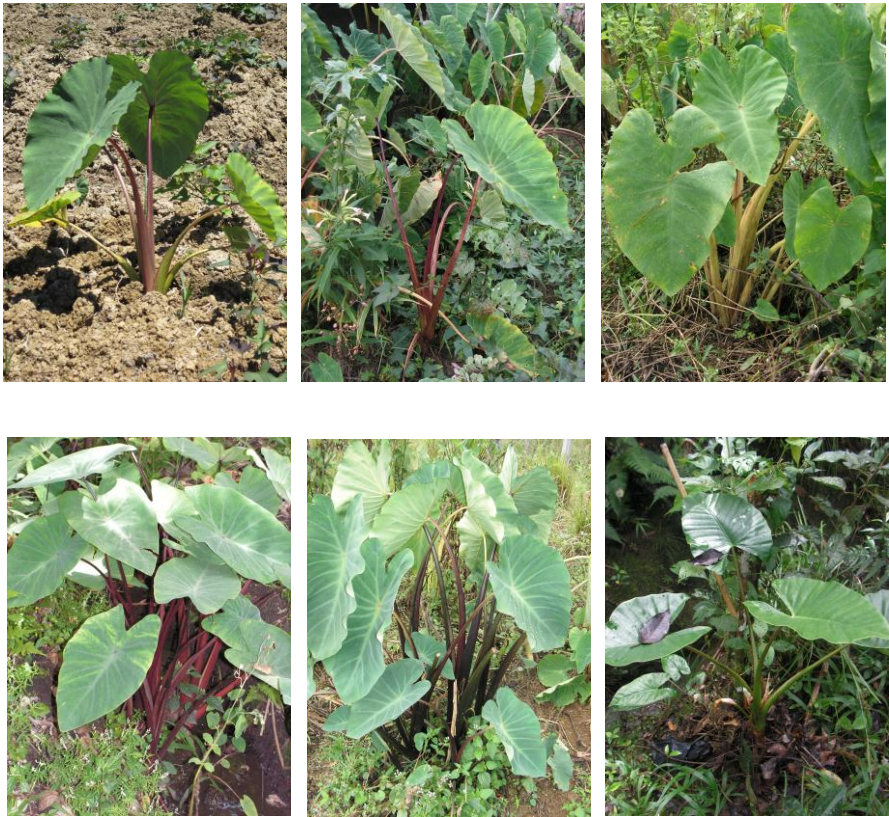




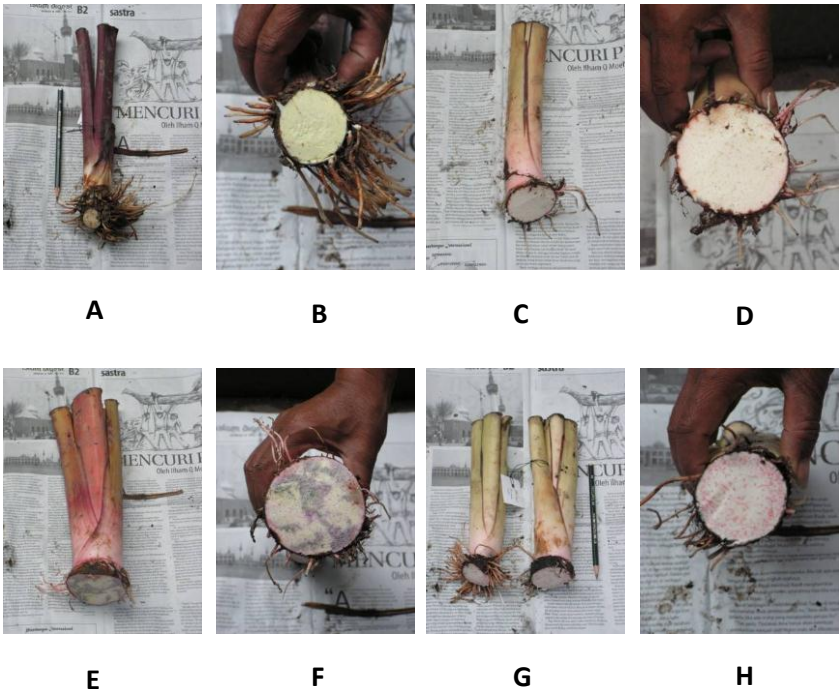
**Gambar 54.** Pertanian tradisional ubi jalar (*Ipomoea batatas*; Convolvulaceae) di lahan miring sebagaimana ditemukan di kawasan Pelabaga (sebelah timur kota Wamena dalam arah perjalanan naik ke Danau Habbema). Masih jelas tampak sistem tebang dan bakar yang dilakukan penduduk setempat [Sumber: A.P. Keim, 2010].



**Gambar 55.** Pertanian padi sawah yang ditemukan di kawasan Tulem (Pasir Putih) di bagian utara kota Wamena [Sumber: A.P. Keim, 2010].



**Gambar 56.** Beberapa kultivar talas (*Colocasia esculenta*; Araceae) yang umum ditemukan dibudidayakan secara tradisional di Lembah Baliem, Pegunungan Jayawijaya [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 57.** Beberapa kultivar talas (*Colocasia esculenta*; Araceae), A & B ('hom kuning'), C & D ('hom putih'), E & F ('hom ungu'), dan G & H ('hom merah'), yang umum ditemukan dari kawasan Lembah Baliem sampai kawasan Pegunungan Atas (i.e. dekat Danau Habbema). Dalam foto di atas disajikan secara berpasangan antara bonggol dan irisan melintang umbinya [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**Gambar 58.** Ladang pertanian talas (*Colocasia esculenta*; Araceae) di Lembah Baliem dalam arah perjalanan ke Danau Habbema (atas) atau juga ditanam di halaman rumah dekat

dengan rumah tradisional mereka (honai, bawah). Beberapa kultivar talas biasanya ditanam secara bersama-sama [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 59.** *Cyrtosperma merkusii* (kiri) dan *Xanthosoma sagittifolium* (kanan) [Sumber: A.P. Keim, 2010].

#### **d. Pisang (*Musa* spp.; Musaceae)**

Berdasarkan kajian biologi molekular (DNA) pisang diduga kuat berasal dari Nugini dan menyebar hingga ke Afrika Barat pada jaman *Holosen* (Perrier dkk. 2011), sehingga dapat diyakini pula di sini bahwa pertanian atau budidaya pisang sudah sama tuanya dengan kehadiran bangsa Melanesia di daratan Nugini itu sendiri. Dengan kata lain, agroteknologi pisang di Nugini sudah sangat tua, termasuk di Pegunungan

Jayawijaya; bahkan Perrier dkk. (2011) berkeyakinan bahwa salah satu jenis, *Musa acuminata* pertama dibudidayakan justru di kawasan rawa air tawar di pegunungan Nugini, kondisi alam yang juga banyak ditemukan di Lembah Baliem hingga kawasan Danau Habbema.

Meskipun hingga kini belum ada kepastian tentang berapa jumlah jenis dan kultivar asli untuk masing-masing jenis terdapat di Pegunungan Jayawijaya, setidaknya pengamatan mencatat tiga jenis, yaitu *Musa acuminata*, *Musa banksii*, dan *Musa balbisiana*, ini sejalan dengan hasil pengamatan Perrier dkk. (2011). *Musa acuminata* adalah yang paling umum dijumpai.

Di Lembah Baliem sampai kawasan Danau Habbema setidaknya dapat ditemukan tiga kultivar asli *M. acuminata*, yaitu 'Tuk', 'tuk ma', dan 'sabe' (Gambar 62).

Pada tahun 2011 salah seorang dari kami, APK, membawa bibit/anakan pisang 'tuk' dari Wamena dan ditanam di Kebun Pembibitan Taksonomi di Pusat Penelitian Biologi LIPI di Cibinong (Gambar 62, kanan atas). Anakan tumbuh dengan baik dan pada tahun 2012 buah pisang ini dipanen untuk pertama kalinya. Tandan pisang 'tuk' tersebut sangat berat dengan buah-buah yang sangat besar. Tiap buah berukuran 25 cm atau lebih dan rasanya sangat manis. Sayangnya, karena ada pembangunan fasilitas gedung baru di instansi tersebut, koleksi kultivar pisang asli Wamena ini tergusur tanpa pemberitahuan terlebih dahulu dan plasma nutfah pisang

tersebut pun punah di luar Wamena; dengan kata lain, konservasi *ex-situ* gagal.

Diharapkan kultivar-kultivar asli pisang *Musa acuminata* di Pegunungan Jayawijaya tersebut mampu bertahan menghadapi serbuan kultivar-kultivar pendatang seperti 'mas', 'ambon', 'ambon lumut', 'kepok', 'raja', 'Cavendish', 'tanduk', dan masih banyak lagi yang menyerbu ke Wamena dan lebih diminati untuk dibudidayakan karena lebih ekonomis (harga jual lebih tinggi) ketimbang kultivar-kultivar asli lokal.

#### **e. Pandan Buah Merah (*Pandanus conoideus*; Pandanaceae)**

Pandan buah merah (*Pandanus conoideus*; Pandanaceae; Gambar 63) atau 'saik' dalam bahasa Dani dialek Wamena (i.e. Dani Besar) adalah salah satu tanaman budidaya penting tidak hanya bagi masyarakat Lembah Baliem, tetapi juga untuk masyarakat Melanesia di Nugini dan pulau-pulau sekitarnya dari daerah rendah sampai daerah tinggi. Bukan hal tidak mungkin bila budaya bercocok tanam pandan buah merah ini sudah sama tuanya dengan kedatangan leluhur masyarakat Melanesia ke Paparan Sahul (*Sahul*) itu sendiri (Grimble 1934; Merrill & Perry 1939; Stone 1982; Hyndman 1984; Rickard & Cox 1984; French 1986; Haberle 1995, 1996; Cook 1999; Walujo dkk. 2007; Walter & Sam 2002).

Walter dan Sam (2002) mencatat 39 variasi morfologi buah merah di Nugini mulai dari ragam ukuran hingga warna

sefalium (*cephalum*<sup>39</sup>) atau buah majemuk. Data mutakhir yang dilaporkan Murtiningrum dkk. (2012) merekam 83 “accessions” (i.e. variasi morfologi) buah merah di seluruh Propinsi Papua dan Papua Barat saja. Jadi di seluruh Nugini, diyakini terdapat lebih dari 100 variasi morfologi buah merah. Di Jayawijaya sendiri tercatat ada 9 hingga 10 kultivar (Zebua 2009).

Tingginya jumlah variasi morfologi tersebut menunjukkan bahwa pandan buah merah telah sangat lama dibudidayakan (Stone 1982; Jebb 1991). Sedemikian lamanya sehingga bentuk tumbuhan liar *Pandanus conoideus* lama menjadi misteri. Semenjak jenis ini pertama kali dipertelakan dan dipublikasi oleh Rumphius (1734) baru di abad ini hidupan liarnya ditemukan (Keim 2012).

Kultivar *Pandanus conoideus* yang paling banyak dibudidayakan di Pegunungan Jayawijaya adalah kultivar dengan buah merah besar-panjang (Gambar 64). Panjang buah dapat mencapai lebih dari satu meter (Gambar 65). Kultivar ini pula yang paling sering ditemukan di pasar (Gambar 66). Lembah Baliem sendiri merupakan sentra produksi buah merah di Papua, bahkan masyarakat di pegunungan Papua Nugini mengakui bahwa buah merah asal Papua, Indonesia lebih baik kualitasnya ketimbang kultivar yang mereka miliki.

---

<sup>39</sup> Struktur buah majemuk yang khas pada marga-marga *Benstonea*, *Pandanus*, dan *Martellidendron* untuk kejelasan akan terminologi ini lihat Stone (1983).



Kultivar yang saat ini sudah sangat langka di Wamena adalah kultivar dengan warna buah kuning atau 'buah kuning' (Gambar 64). Menurut penuturan masyarakat di Wamena, kultivar 'buah kuning' banyak ditanam di kawasan Kurulu, tetapi semenjak limabelas tahun terakhir kultivar ini mulai langka karena jarang lagi ditanam. Masyarakat tidak menanam lagi karena perbedaan harga jual yang sangat nyata dengan harga kultivar 'buah merah besar-panjang', terutama setelah produksi buah merah yang melimpah sekitar awal tahun 2000-an lalu.

Perlahan namun pasti kultivar 'buah kuning' akan hilang dari perdagangan dan dikhawatirkan akan punah di Lembah Baliem dan Pegunungan Jayawijaya. Upaya untuk melindungi kultivar ini tengah diupayakan oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Jayawijaya yang bekerjasama dengan Kebun Biologi Wamena (sekarang Kebun Raya Wamena), LIPI (*lihat Priyono 2008*).

Buah merah sendiri dipanen terutama untuk lemak nabatinya yang diperas dari buah-buah tunggalnya (*drupa*). Lemak tersebut digunakan sebagai semacam saus yang dicampurkan dengan bahan makanan seperti ubi jalar, talas, dan sayuran (Gambar 65). Lemak nabati buah merah merupakan salah satu komponen utama dalam tradisi khas bakar batu dalam masyarakat Lembah Baliem (Suku Besar Dani) di Jayawijaya (Gambar 65).

Lemak nabati dari buah merah kaya akan beta karotin dan anti oksidan yang terbukti sangat baik untuk mencegah

penyakit-penyakit degeneratif (termasuk diabetes dan hipertensi), kanker, dan untuk menjaga kesehatan mata (Jebb 1991; Ea & Octivia 2006; Priyono 2008; Murtiningrum dkk. 2012; Keim dkk. 2013).

Budidaya pandan buah merah tergolong sederhana dan sangat efektif. Tanaman ini dapat dibudidayakan melalui anakan atau stek batang (Jebb 1991). Umumnya pandan ini ditanam di ladang atau tidak jauh dari rumah dan sumber air, bahkan kerap dijadikan pula tanaman pagar. Jarak tanam tidak terlalu ketat, seringkali anakan-anakan ditanam rapat satu sama lain dengan jarak tanam kurang dari satu meter.

Pandan buah merah mulai berbuah sekitar 5 tahun setelah penanaman anakan dan akan terus berbuah sepanjang tahun hingga bertahun-tahun, bahkan ditemukan individu-individu pandan buah merah yang terus berbuah meski sudah berumur lebih dari 20 tahun.

**f. Pandan Kelapa Hutan (*Pandanus julianettii*, *Pandanus brosimos*, dan *Pandanus iwen*; Pandanaceae)**

Pandan kelapa hutan atau 'saluke' dalam bahasa Dani dialek Wamena adalah salah satu ragam flora pandan yang dibudidayakan dan dianggap sebagai salah satu tumbuhan budidaya penting oleh masyarakat pegunungan Nugini (Stone 1983, 1984; Hyndman 1984; Jebb 1991; Cook 1999; Milliken 2006; Arobaya & Pattiselanno 2007; Keim dkk. 2013).

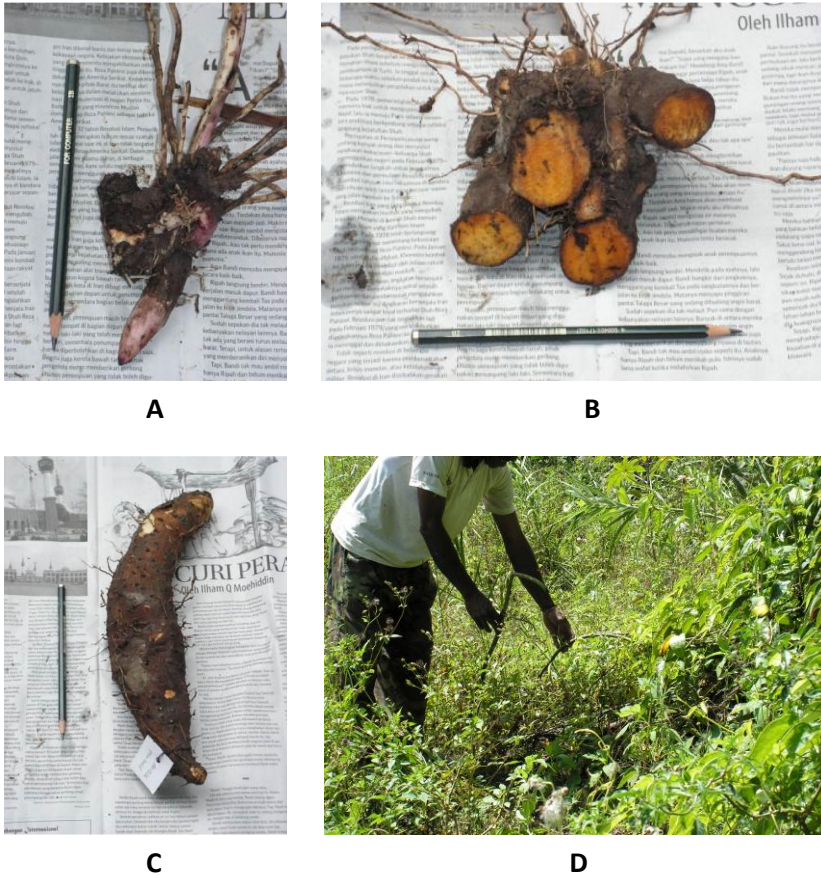
Secara sistematis tanaman yang dikenal secara kolektif oleh masyarakat Pegunungan Jayawijaya sebagai 'saluke' ('buah kelapa hutan' dalam bahasa Indonesia) meliputi tiga jenis yang sangat mirip secara morfologi satu dengan yang lain, sehingga dianggap membentuk sebuah kompleks spesies yang secara informal disebut "*Pandanus julianettii* Complex" yang mencakup *Pandanus julianettii*, *P. brosimos*, dan *P. iwen*.

Uniknya, secara tradisional masyarakat Pegunungan Jayawijaya juga mengenal 3 ragam 'saluke' yang sepadan dengan ketiga jenis di atas, Menurut mereka *P. brosimos* dan *P. iwen* adalah 'bentuk liar' dari 'saluke' atau 'saluke liar/hutan', sementara yang sejatinya 'saluke' menurut mereka adalah apa yang sepadan dengan *P. julianettii*. Dengan kata lain, menurut masyarakat Pegunungan Jayawijaya 'saluke' budidaya adalah *P. julianettii*.



**Gambar 60.** 'Pain' (*Dioscorea esculenta*; Dioscoreaceae) yang dibudidayakan masyarakat di Kulagaima, sebelah barat Wamena di jalan menuju Danau Habbema (atas). Kehadiran duri-duri di batang bagian bawah merupakan penanda khas

untuk kultivar-kultivar *Dioscorea esculenta* (bawah) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 61.** Tiga kultivar ‘pain’ atau yam (*Dioscorea esculenta*; Dioscoreaceae) yang ditemukan di Lembah Baliem dan Pegunungan Jayawijaya: ‘pain merah’ (A), ‘pain kuning’ (B), ‘pain putih’ (C), dan hidupan ‘pain’ secara umum (D), semua kultivar memiliki hidupan yang sama, hanya warna umbi yang berbeda [Sumber: A.P. Keim, 2011].





**Gambar 62.** Kultivar-kultivar pisang jenis *Musa acuminata* (Musaceae) yang umum ditemukan di Pegunungan Jayawijaya: 'Tuk' (kiri, tengah, dan kanan atas), 'tuk ma' (kiri bawah), dan 'sabe' (tengah dan kanan bawah). Gambar kanan atas menunjukkan panen pisang 'tuk' yang anaknya dibawa dari Wamena dan ditanam di Cibinong, Jawa Barat [Sumber: A.P. Keim 2011 & 2012, untuk gambar kanan atas].



**Gambar 63.** Pandan buah merah atau 'saik' (*Pandanus conoideus*; Pandanaceae) yang ditanam masyarakat di Napua, dalam perjalanan ke Danau Habbema (atas) dan individu dengan buah majemuk dengan warna khas merah menyala (bawah) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 64.** Gambar ini menunjukkan variasi morfologi Pandan buah merah (*Pandanus conoideus*; Pandanaceae). Buah merah besar-panjang, lebih dari 1 meter (kiri atas), buah merah membulat (tengah atas), buah merah variasi “kuning” atau buah kuning (kanan atas), buah merah yang hidup liar dengan dua variasi warna (kiri bawah), dan ragam variasi morfologi buah merah yang umum dijumpai di Papua (kanan bawah) [Sumber: A.P. Keim 2006 (kiri atas) & 2011].





**Gambar 65.** Pandan buah merah atau 'saik' (*Pandanus conoideus*; Pandanaceae) yang dijual di pasar tradisional di Kulagaima, di jalan yang menuju Danau Habbema (kiri dan kanan atas). Pemanenan lemak nabati buah merah (kiri bawah) dan saus lemak pandan merah dibubuhkan ke makanan dalam upacara bakar batu (kanan bawah) [Sumber: A.P. Keim, 2011].

Dari tampilan perawakan sangat sulit membedakan ketiganya, bahkan sefalium mereka pun sangat mirip (Gambar 66). Permasalahan bertambah pelik karena kerap kali ketiga jenis tersebut ditanam dalam lokasi tanam yang berdekatan (Gambar 67).

Identifikasi 'saluke' sebagai *Pandanus julianetti* adalah sangat tepat karena jenis inilah yang paling umum dibudidayakan oleh masyarakat di dataran tinggi Nugini, termasuk Pegunungan Jayawijaya (Hyndman 1984; Cook 1999; Milliken 2006) yang bahkan ditanam masyarakat hingga ke ketinggian mendekati Danau Habbema (Gambar 6 & 66). Meski kedua ragam 'saluke' lainnya juga ditemukan di ladang, umumnya dengan jumlah individu yang lebih sedikit, ditanam secara acak, dan lebih banyak ditemukan di alam liar (hutan).

Sebagaimana 'saik' atau 'buah merah' (*Pandanus conoideus*), 'saluke' (*Pandanus julianettii*) pun ditanam di kebun dengan jarak tanam kurang lebih 1 meter dan dijadikan tanaman pagar atau penanda mata air atau sungai (Gambar 67 & 68).

Berbeda dengan 'buah merah', yang dimanfaatkan dari 'saluke' (*Pandanus julianettii*) adalah endosperma buah tunggalnya yang dimakan sebagai sumber karbohidrat. Rasa endosperma tersebut sendiri gurih mirip dengan rasa daging buah kelapa (*Cocos nucifera*; Arecaceae) atau kenari (*Canarium indicum*; Burseraceae).

Rose (1982) mencatat fenomena “mabuk karuka<sup>40</sup>” di beberapa kawasan pegunungan di Papua Nugini akibat terlalu banyak mengonsumsi buah (i.e. drupa, sebenarnya *endosperma*) saluke liar (yaitu *Pandanus brosimos* dan *Pandanus iwen*). Diduga *Dimethyltryptamine* (DMT) yang terkandung dalam endosperma kedua jenis ‘saluke liar’ menyebabkan kondisi histeria tersebut. Unikny, kondisi histeria tersebut tidak pernah teramati bila mengonsumsi ‘saluke’ yang dibudidayakan (*Pandanus julianettii*). Belum ada penelitian serius. apakah pembudidayaan membuat kandungan DMT berkurang atau hilang sama sekali? Ini agaknya faktor utama mengapa *Pandanus brosimos* dan *Pandanus iwen* sangat jarang dikonsumsi di kawasan Jayawijaya, meski di Papua Nugini *Pandanus brosimos* masih lebih sering dimakan.

Di sini diduga bahwa *Pandanus julianettii* adalah hasil budidaya selama ratusan atau ribuan tahun dari *Pandanus brosimos* atau hasil silangan antara *Pandanus brosimos* dan *Pandanus iwen*. Dengan kata lain, *Pandanus julianettii* diduga kuat adalah hasil intervensi manusia. Hal ini perlu kajian serius.

---

<sup>40</sup> ‘Karuka’ adalah nama daerah untuk *Pandanus julianettii*, *P. brosimos*, dan *P. iwen* di Pegunungan Toricelli di Papua New Guinea, sepadan dengan ‘tuke’ di Pegunungan Jayawijaya.



**Gambar 66.** Buah majemuk (*cephalium*) *Pandanus julianettii* ('saluke', kiri atas), *Pandanus brosimos* ('saluke hutan', tengah atas), dan *Pandanus iwen* ('saluke hutan', kanan atas). Buah majemuk 'saluke' (*P. julianettii*) setelah panen dan dibersihkan kepala putik (*stigma*) dan tangkai putik (*style*), dibawa oleh penduduk dari kebun dekat Danau Habbema (kiri bawah), irisan melintang *cephalium* memperlihatkan deretan buah tunggal (*drupa*) yang mana endosperm-nya dimakan (kanan bawah) [Sumber: A.P. Keim, 2006].



**Gambar 67.** Kebun dengan ketiga jenis pandan 'saluke' ('buah kelapa hutan') ditanam di lokasi tanam yang sama; *Pandanus julianettii* (A), *Pandanus brosimos* (B), dan *Pandanus iwen* (C) [Sumber: A.P. Keim, 2006].





**Gambar 68.** 'Saluke' atau *Pandanus julianettii* (Pandanaceae) yang ditanam di kebun (atas) dan sebagai penanda aliran air (bawah) di Pegunungan Jayawijaya dengan jarak tanam bervariasi [Sumber: A.P. Keim, 2010].

**g. 'Sowa' (*Setaria palmifolia*; Poaceae)**

'Sowa' (*Setaria palmifolia*; Gambar 69) adalah salah satu ragam tanaman sayuram asli dan penting di Pegunungan Nugini (Rose 1980), termasuk Jayawijaya (Arobaya & Pattiselanno 2007). Sebagai sayuran, "batang semu" (*culm*) 'sowa' dapat langsung dimakan begitu saja sebagai lalapan (Gambar 70).

Umumnya 'sowa' dikonsumsi sendiri atau dijual di pasar, meski saat ini sudah sangat langka karena tergusur oleh sayuran daun ubi jalar (*Ipomoea batatas*; Convolvulaceae), singkong (*Manihot esculenta*; Euphorbiaceae) dan kangkung (*Ipomoea aquatica*; Convolvulaceae). Meski begitu, 'sowa' masih tetap menduduki tempat penting dalam budaya suku Dani, terutama saat upacara bakar batu, di mana kehadiran 'sowa' sebagai salah satu komponen sayuran adalah sangat penting.

**h. Tumbuhan Budidaya lain: *Pandanus antaresensis* (Pandanaceae)**

Salah satu jenis pandan yang dimanfaatkan dan dibudidayakan penduduk Pegunungan Nugini, termasuk Jayawijaya antara lain *Pandanus antaresensis* (St. John 1973; Hyndman 1984; Milliken 2006; Brink dkk. 2008; Keim dkk. 2013).

*Pandanus antaresensis* adalah salah satu jenis pandan raksasa dengan ukuran buah majemuk yang sangat besar

(Gambar 71). Berdasarkan temuan arkeologis diduga jenis pandan sudah menjadi salah satu bahan makanan manusia dan dibudidayakan baik secara penuh maupun tumbuh semi liar (Gambar 72) di dataran tinggi Nugini setua kehadiran mereka di Nugini atau setidaknya pada akhir jaman Plestosen (St. John 1973; Haberle 1995, 1996; Cook 1999). Bagian yang dikonsumsi adalah endosperma biji yang kaya karbohidrat.

Di kawasan Pegunungan Jayawijaya, *Pandanus antaresensis* selalu ditemukan sebagai tanaman semi-liar, adakalanya tanaman ini ditemukan hidup berdekatan dengan *Pandanus brosimos* atau *Pandanus iwen*, yang dianggap sebagai 'saluke liar atau hutan' (Gambar 72). *Pandanus antaresensis* jarang ditemukan pada ketinggian di bawah 2000 m dpl., dan tanaman ini tidak ditemukan ditanam di Lembah Baliem, terutama seputar Wamena.

Meskipun demikian *Pandanus antaresensis* tetap penting sebagai sumber karbohidrat, terutama saat *Pandanus julianettii* belum dapat dipanen. Berbeda dengan semua jenis pandan lain yang dibudidayakan, *Pandanus antaresensis* berbuah sepanjang tahun (Cook 1999; Brink dkk. 2008).





**Gambar 69.** 'Sowa' (*Setaria palmifolia*; Poaceae) dari Lembah Baliem, Pegunungan Jayawijaya. Tumbuhan dewasa saat panen (kiri) dan anakan yang tumbuh secara vegetatif dari rimpang (kanan) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 70.** Bibit 'sowa' (*Setaria palmifolia*; Poaceae) yang siap untuk ditanam (atas). "Batang semu" (*culm*) 'sowa' dapat langsung dimakan mentah sebagai lalapan (bawah) [Sumber: A.P. Keim, 2011].



**Gambar 71.** *Pandanus antaresensis* (Pandanaceae) memperlihatkan perawakan (kiri atas) dan perbuahan (kanan atas), ukuran buah majemuk (*cephalium*) yang besar dan berat



(kiri bawah), dan buah majemuk dari dekat memperlihatkan susunan beberapa buah majemuk lebih kecil (*phalange*) yang menyusun buah majemuk yang lebih kompleks (*cephalium*) [Sumber: A.P. Keim 2006 (bawah) & 2010 (atas)].



**Gambar 72.** *Pandanus antaresensis* (Pandanaceae) yang selalu ditemukan semi-liar (kiri) dan perawakan serta akar penopang sangat tinggi (kanan) sehingga masyarakat tidak memanjatnya namun memanen *phalange* yang berjatuhan-berserakan di tanah setelah *cephalium* masak [Sumber: A.P. Keim, 2006 (kanan) & 2011 (kiri)].

## UCAPAN TERIMAKASIH

Pertama-tama para penulis (ARY PRIHARDHYANTO KEIM, KUSWATA KARTAWINATA, DAN OSCAR EFFENDY) mengucapkan banyak terimakasih kepada Pusat Penelitian Biologi LIPI yang telah memberikan kepercayaan kepada APK untuk menjabat sebagai Kepala Kebun Biologi LIPI di Wamena selama 3 tahun (2009-2011) sehingga data terbaru dari Danau Habbema dapat diperoleh dan disajikan dalam buku ini. Ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya juga ditujukan kepada Dr. Ir. Elfarisna, M.Si dari Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jakarta yang telah melakukan review dan telaah analitis pada bagian Agroteknologi Danau Habbema sebagai seorang profesional Agroteknolog sehingga bahasan menjadi lebih berbobot dan bernilai ilmiah. Pun penghargaan diberikan kepada pihak-pihak Taman Nasional dan Situs Warisan Dunia Lorentz dan Badan Pengelola Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup (BPSDALH) Propinsi Papua yang telah memberi izin dan masukan untuk melakukan penelitian di kawasan-kawasan yang luar biasa ini, Danau Habbema dan Puncak Trikora. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Departemen Biologi, FMIPA Universitas Negeri Papua untuk data-data plankton Danau Habbema, juga kepada rekan Dasa Iskandar untuk foto kangguru tanah kecil. Terakhir tak lupa ucapan terimakasih dan penghargaan dilayangkan juga kepada kolega-kolega penulis, Andria Agusta dan Ibnu Maryanto untuk diskusi menarik seputar

*bioprospecting* dari tumbuhan *Papuacedrus papuanus* dan biologi hewan kangguru tanah kecil tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmady, L & Schneider, J. 1995. Tuber Crop in Irian Jaya: Diversity and their need for Conservation. In Schneider, J. (ed.). 1995. Indigenous Knowledge in Conservation of Crops Genetic Resources. Proceeding of an International Workshop held in Cisarua, Bogor, Indonesia. Bogor, January 30-February 3, 1995.
- Aikhenvald, A. & Stebbins, T.N. 2007. Languages of New Guinea. In Miyaoka, O; Sakiyama, O. dan Krauss, M.E. (eds.). Vanishing Languages of the Pacific Rim. Oxford University Press, Oxford: 239-266.
- Allen, C.D. 2009. Climate-Induced Forest Dieback: An Escalating Global Phenomenon? *Unasylva* 231/232 60: 43-49.
- Anonim. 1999. Pola Dasar Pembangunan Daerah Kabupaten Daerah Tingkat II Jayawijaya tahun 1994/1995-1998/1999. Pemerintah Kabupaten Daerah Tingkat II Jayawijaya, Wamena.
- Anonim. 2005a. Annual Report. Conservation International Indonesia, Jakarta.
- Anonim. 2005b. Sepuluh Tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor.
- Anonim. 2007. Mamberamo Basin, Papua Province, Indonesia. Conservation International Indonesia, Jakarta.

- Anonim. 2014. Epicatechin. [<http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/epicatechin.php>].
- Archbold, R; Rand, A.L. & Brass, L.J. 1942. Results of the Archbold expedition no. 41: Summary of the 1938-1939 New Guinea expedition. Bull. of the Amer. Mus. of Nat. Hist. 79 (3): 197-288.
- Arentz, F. 1983. Nothofagus Dieback on Mt. Giluwe, Papua New Guinea. Pacific Sci. 37 (4): 453-458.
- Arentz, F. 1988. Stand-Level Dieback Etiology & Its Consequences in the Forests of Papua New Guinea. Geo. Journal 17: 209.
- Arnau, G; Abraham, K; Sheela, M.N; Chair, H; Sartie, A. & Asiedu, R. 2010. Yams. In Bradshaw, J.E. (ed.). 2010. Root dan tubercrops. Springer, New York: 127-148.
- Arobaya, A.Y.S. & Pattiselanno, F. 2007. Jenis Tanaman Berguna bagi Suku Dani di Lembah Baliem. Short Communication. Biota 12 (3): 192-195.
- Auclair, A.N.D. 1993. Extreme Climatic Fluctuations as a Cause of Forest Dieback in the Pacific Rim. Water, Air, and Soil Pollution 66: 207-229.
- Audley-Charles, M.G. 1987. Dispersal of Gondwanaland: Relevance to Evolution of the Angiosperms. In Whitmore, T.C. (ed.). 1987. Biogeographical Evolution of the Malay Archipelago. Clarendon Press, Oxford: 5-25.
- Austin, C.M. 2010. *Cherax Monticola*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3.



[[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)]. Downloaded on 21 December 2014.

- Beccari, O. 1919a. Palms of the Philippines Islands. Leaflets of Philippine Botany 8: 3017-3019.
- Beccari, O. 1919b. The Palms of the Philippines Islands. Philippine Journal of Sciences (Botany) 14: 331-334.
- Beehler, B.M; Pratt, T.K. dan Zimmerman, A.D. 1986. Handbook no. 9: Birds of New Guinea. Wau Ecology Institute, Wau Papua New Guinea.
- Brass, L.J. 1941a. The 1938-39 Expedition to the Snow Mountains, Netherlands New Guinea. J. Arnold Arb. 22 (2): 271-295.
- Brass, L.J. 1941b. The 1938-39 Expedition to the Snow Mountains, Netherlands New Guinea. J. Arnold Arb. 22 (3): 297-342.
- Brass, L.J. 1941c. Stone age Agriculture in New Guinea. Geographical Review 31: 555-569.
- Brass, L.J. 2012. Archives III LJB: Leonard John (L.J.) Brass (1900-1971) Collection, 1925-1953: Guide Archives of the Arnold Arboretum of Harvard University, Harvard.
- Brink, M; Jansen, P.C.M. & Bosch, C.H. 2008. Pandanus Antaresensis. In Brink, M. & Escobin, R.P. (eds.). 2008. Plant Resources of South East Asia (PROSEA). No. 17: Fibre plants. Backhuys, Leiden: 276.

- Ciesla, W.M. & Donaubauer, E. 1994. Decline & Dieback of Trees & Forests: A Global Review. FAO Forestry Paper 20. FAO, Rome.
- Collins, N.M; Sayer, J.A. & Whitmore, T.C. (eds.). 1991. The Conservation Atlas of Tropical Forests: Asia and the Pacific. IUCN, Gland & Macmillan, London.
- Cook, C.D. 1999. Pandanus Agroforestry of the Amungme in Irian Jaya, Indonesia. Forest, Farm & Community Tree Research Reports 4: 95-103.
- Darnaedi, D. 2005. Kebun Biologi Wamena dalam Perspektif Pengelolaan Sumber Daya Hayati Papua. In H.J.D. Latupapua; M. Rahmansyah; B.P. Naiola; T. Juhaeti; Y.S. Purba; W.R. Farida; I. Maryanto dan A.H. Wawo. (eds.). 2005. Laporan sarasehan: Sepuluh Tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena, Papua. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor: 17-28.
- Denham, T. P; Haberle, S. G; Lentfer, C; Fullagar, R; Field, J; Therin, M; Porch, N. & Winsborough, B. 2003. Origins of agriculture at Kuk Swamp in the Highlands of New Guinea. *Science* 301: 189-93.
- Denham, T. P. 2010. From Domestication Histories to Regional Prehistory: Using plants to re-Evaluate Early and mid-Holocene Interaction between New Guinea & Southeast Asia. *Food and History* 8: 3-22.
- Denham, T. P. 2011. Early Agriculture and Plant Domestication in New Guinea and Island Southeast Asia. *Current Anthropology* 52: 379-395.

- Denham, T. P. & Donohue, M. 2009. Pre-Austronesian dispersal of Banana Cultivars West from New Guinea: Linguistic Relics from Eastern Indonesia. *Archaeology in Oceania* 44: 18-28.
- De Paula Vasconcelos, P.C; Seito, L.N; Di Stasi, L.C; Hiruma-Lima, C.A. & Pellizon, C.H. 2012. Epicatechin used in the Treatment of Intestinal Inflammatory Disease: An analysis by Experimental Models. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine* 2012. [<http://dx.doi.org/10.1155/2012/508902>].
- Donohue, M. & Denham, T.P. 2009. Banana (*Musa* spp.) Domestication in the Asia-Pacific Region: Linguistic and Archaeological Perspective. *Ethnobotany and Applications* 7: 293-332.
- Donohue, M. dan Denham, T.P. 2010. Island Southeast Asia During the Mid-Holocene: Reframing Austronesian history. *Current Anthropology* 51: 223-256.
- Ea, M.H. dan Octivia, T. 2006. Eksplorasi dan Konservasi Tanaman Buah Merah (*Pandanus Conoideus*) dalam Upaya Pengelolaan Sumber Daya Genetik yang Berkelanjutan. *Lokakarya Nasional Pengelolaan dan Perlindungan Sumber Daya Genetik di Indonesia: Manfaat Ekonomi untuk Mewujudkan Ketahanan Nasional*. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik, Departemen Pertanian, Bogor: 81-92.
- Eckenwalder, J.E. 2009. *Conifers in the World: The Complete Reference*. Timber Press, Portland.

- Ellis, R.C. 1980. High Altitude Dieback and Secondary Succession as Influenced by Controlled Burning. In Ellis, R.C. (ed.). 1980. Eucalypt Dieback in Forests & Woodlands. Proceedings of a Conference held at the CSIRO Division of Forest Research, Canberra, Australia, 4-6 August 1980: 205-212.
- Ellis, R.C. & Pennington, P.I. 1992. Factors Affecting the Growth of Eucalyptus Delgatensis Seedlings in Inhibitory Forest & Grassland Soils. *Plant & Soil* 145: 93-105
- Farjon, A. 1998. World Checklist and Bibliography of Conifers. 1st ed. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Farjon, A. 2000. World Checklist and Bibliography of Conifers. 2nd ed. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Farjon, A. 2008. A Natural History of Conifers. Timber Press, Portland.
- French, B.R. 1986. Food Plants of Papua New Guinea: A Compendium. Australia dan Pacific Science Foundation, Canberra.
- Gibbs, D; Chamberlain, D. dan Argent, G. 2011. The Red List of Rhododendrons. Botanic Gardens Conservation International, Richmond.
- Gooderham, J. dan Tsyrlin, E. 2002. The Waterbug Book: A Guide to the Freshwater Macroinvertebrates of Temperate Australia. CSIRO, Collingwood.
- Grimble, A. 1934. The Migration of a Pandanus People. *Memoirs of the Polynesian Society* 12: 1-185.

- Haberle, S.G. 1995. Identification of Cultivated Pandanus & Colocasia in Pollen Records and the Implications for the Study of Early Agriculture in New Guinea. *Vegetation History & Archaeobotany* 4 (4): 195-210.
- Haberle, S.G. 1996. Palaeoenvironmental Changes in the Eastern Highlands of Papua New Guinea. *Archaeology in Oceania* 31 (1): 1-11.
- Hall, R. 1998. The Plate Tectonics of Cenozoic South East Asia and the Distribution of Land and Sea. In Hall, R. & Holloway, J.D. (eds.). 1998. *Biogeography and Geological Evolution of South East Asia*. Backhuys Publication, Leiden: 99-131.
- Heads, M. 2001. Regional Patterns of Biodiversity in New Guinea Plants. *Bot. J. of the Linn. Soc.* 136: 67-73.
- Heim, R. 1951. Un Mycologue Dans la Hêtraie Australe. *Rev. Int. Bot. Appl. Agric. Trop.* 31: 54-69.
- Herbert, D.A. 1930. *Cyttaria Septentrionalis*, a New Fungus Attacking *Nothofagus Moorei* in Queensland & New South Wales. *Proc. R. Soc. Queensl.* 41: 158-161.
- Holloway, J.D. & Hall, R. 1998. South East Asian Geology and Biogeography: An Introduction. In Hall, R. & Holloway, J.D. (eds.). 1998. *Biogeography and Geological Evolution of South East Asia*. Backhuys Publication, Leiden: 1-23.
- Holthuis, L.B. 1950. Results of the Archbold Expeditions No. 63: The Crustacea Decapoda Macrura Collected by the Archbold New Guinea Expeditions. *American Museum Novitates*. American Museum of Natural History.

- Holthuis, L.B. 1958. Freshwater Crayfish in Netherlands New Guinea Mountains. South Pacific Commission Quarterly Bulletin 8 (2): 36-39.
- Holthuis, L.B. 1982. Freshwater Crustacea Decapoda of New Guinea. In: Gressitt, J.L. (ed.). 1982. Biogeography and Ecology of New Guinea. Vol. 2. Monographiae Biologicae 42: 603-619.
- Holthuis, L.B. 1986. The freshwater Crayfish of New Guinea. Freshwater Crayfish 6: 48-58.
- Hope, G.S. 1976a. Vegetation. In Hope, G.S; Peterson, J.A; Radok, U. & Allison, I. (eds.). 1976. The Equatorial Glaciers of New Guinea: Results of the 1971-1973 Australian Universities' Expeditions to Irian Jaya: Survey, Glaciology, Meteorology, Biology & Palaeoenvironments. A.A. Balkema, Rotterdam: 113-172.
- Hope, G.S. 1976b. Fauna. In Hope, G.S; Peterson, J.A; Radok, U. & Allison, I. (eds.). 1976. The Equatorial Glaciers of New Guinea: Results of the 1971-1973 Australian Universities' Expeditions to Irian Jaya: Survey, Glaciology, Meteorology, Biology & Palaeoenvironments. A.A. Balkema, Rotterdam: 207-224.
- Hosking, G. P. 1989. Beech Forest Health - Impications for Management. New Zealand Journal of Forest Science 19: 290-293.
- Hyndman, D.C. 1984. Ethnobotany of Wopkaimin Pandanus: Significant Papua New Guinea Plant Resource. Econ. Bot. 38 (3): 287-303.

- Jigibalom, N. & J. Way. 2005. Kebun Biologi Wamena dan Peranannya dalam Mendukung Pembangunan Kabupaten Jayawijaya. In H.J.D. Latupapua; M. Rahmansyah; B.P. Naiola; T. Juhaeti; Y.S. Purba; W.R. Farida; I. Maryanto & A.H. Wawo. (eds.). 2005. Laporan Sarasehan: Sepuluh Tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena, Papua. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor: 47-52.
- Jebb, M. 1991. A Field Guide to Pandanus in New Guinea, the Bismarck Archipelago and the Solomon Islands. Christensen Research Institute, Madang.
- Johns, R.J. 1982. Plant Zonation. In Gressitt, J.L. (ed.). 1982. Biogeography and Ecology of New Guinea. Vol. 1. Monographiae Biologicae Vol. 42. Dr. W. Junk Publ., The Hague.
- Johns, R.J; Shea, G.A; Vink, W. dan Puradyatmika, P. 2007. Mountain Vegetation of Papua. In Marshall, A.J. & Beehler, B.M. (eds.). The Ecology of Papua. Part II. Periplus Edition, Hongkong: 977-1053.
- Kartawinata, K. 2013. Diversitas Ekosistem Alami Indonesia. Yayasan Pustaka Obor Indonesia & LIPI Press, Jakarta.
- Keim, A.P. 2008. Keanekaragaman Flora Pandan (Pandanaceae) di Pulau Batanta dan Salawati, Kabupaten Kepulauan Raja Ampat, Propinsi Papua Barat. Herbarium Bogoriense, Bogor. [mimeograph].

- Keim, A.P. 2012. The Pandan Flora of Foja-Mamberamo Game Reserve and Baliem Valley, Papua-Indonesia. *Reinwardtia* 13 (3): 271-297.
- Keim, A.P; Purwanto, Y. & Darnaedi, D. 2007. Keanekaragaman Flora Pandan (Pandanaceae) di Pulau Waigeo, Kepulauan Raja Ampat Propinsi Papua Barat. Herbarium Bogoriense, Bogor. [mimeograph].
- Keim, A.P. dan Wiharja. 2009. Kajian Sumber Daya Hayati Pegunungan Tinggi Papua di Kebun Biologi Wamena (KBW): Pendayagunaan kembali (revitalisasi) Kebun Biologi. Laporan Teknik. Pusat Penelitian Biologi LIPI, Bogor.
- Keim, A.P; Rugayah dan H. Rustiami. 2013. Pandanaceae of Flora Malesiana in the Past Eight Years (2005-2013): A State of the Art. Herbarium Bogoriense, Bogor.
- Kimber, A.J. 1972. The Sweet Potato in Subsistence Agriculture. *Papua New Guinea Agricultural Journal* 23: 80-95.
- Küchler, A. W.1967. *Vegetation Mapping*. Ronald Press Co., New York.
- Lam, H.J. 1945a. Contributions to our Knowledge of the Flora of Celebes (collections of C. Monod de Froidville) and of some other Malaysian Islands. *Blumea* 5 (3): 554-599.
- Lam, H.J. 1945b. Notes on the Historical Phytogeography of Celebes. *Blumea* 5 (3): 600-640.
- Large, M.F. & Braggins, J.E. 2004. *Tree Ferns*. Timber Press, Portland.



- Latupapua, H.J.D. 2008. Menghijaukan Kawasan dan Melestarikan Biota Pegunungan Tengah Papua di Kebun Biologi Wamena LIPI. In Sukirno; R.I. Tribowo; R.D.A. Darmajana; Sutrisna (eds.). 2008. Pengembangan Masyarakat di Bumi Lembah Baliem Wamena. Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Subang: 130-135.
- Laufer, Berthold. 1929. The American Plant Migration. *Scientific Monthly* 28: 230-51.
- Lebot, V. 2010. Sweet Potato. In Bradshaw, J.E. (ed.). 2010. *Root & Tubercrops*. Springer, New York: 97-126.
- Lowe-Mc Connell, R.H. 1987. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mangen, J-M. 1993. Ecology and Vegetation of Mt Trikora New Guinea (Irian Jaya/Indonesia). *Ministère des Affaires Culturelles, Travaux Scientifiques du Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg*. [cited from Johns et al. 2007].
- Merrill, E.D. dan L.M. Perry. 1939. On the Brass collections of Pandanaceae from New Guinea. *J. Arnold. Arbor.* 20: 139-186.
- Metcalf, I. 1996. Pre-Cretaceous Evolution of South East Asia Terranes. In Hall, R. & Blundell, D. (eds.). 1996. *Tectonic evolution of South East Asia*. Geological Society Publication 106: 97-122.

- Meyers, K. & Hitchcock, P. 2008. Mission Report, Reactive Monitoring Mission to the Lorentz World Heritage Site, Indonesia, From 26 March to 8th April, 2008 UNESCO World Heritage Center-IUCN
- Milliken, W. 2006. The Ethnobotany of the Yali of West Papua. Royal Botanic Gardens, Edinburgh.
- Morin, S.P. 2005. Komitmen Masyarakat Papua dalam Mendukung Pembangunan Lingkungan Hidup melalui Kehadiran Kebun Biologi Wamena. In H.J.D. Latupapua; M. Rahmansyah; B.P. Naiola; T. Juhaeti; Y.S. Purba; W.R. Farida; I. Maryanto dan A.H. Wawo. (eds.). 2005. Laporan Sarasehan: Sepuluh Tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena, Papua. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor: 79-84.
- Mueller-Dombois, D., 1983. Canopy Dieback and Successional Process in Pacific Forests. *Pacific Science* 37: 317-325.
- Mueller-Dombois, D. 1986. Perspective for Etiology of Stand Level Dieback. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 221-241.
- Mueller-Dombois, D. 1987. Natural Dieback in Forests. *Bio Science* 37: 575-583.
- Murtiningrum; Sarungallo, Z.L. & Mawikere, N.L. 2012. The Exploration and Diversity of Red Fruit (*Pandanus conoideus* L.) from Papua Based on its Physical Characteristics and Chemical Composition. *Biodiversitas* 13 (3): 124-129.

- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. 4<sup>th</sup> ed. John Wiley dan Sons, New Jersey.
- Padisák, J. 2004. Phytoplankton. In O'Sullivan, P.E. dan Reynolds, C.S. (eds.). 2004. *The Lakes Handbook*. Vol. 1: Limnology & limnetic ecology. Blackwell, Oxford: 251-308.
- Pajmans, K. 1976. *New Guinea Vegetation*. Elsevier, Amsterdam.
- Perrier, X; De Langhe, E; Donohue, M; Lentfer, C; Vrydaghs, L. & Bakry, F. 2011. Multidisciplinary Perspectives on Banana (*Musa spp.*) Domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 11311-11318.
- Pigram, C.J. & Panggabean, H. 1984. Rifting of the Northern Margin of the Australian Continent and the Origin of some Microcontinents in Eastern Indonesia. *Tectonophysics* 107: 331-353.
- Pigram, C.J. & Davies, H.L. 1987. Terranes and the Accretion History of the New Guinea Orogen. *BMR Journal of Australian Geology dan Geophysics* 10: 193-211.
- Potts, R. dan Behrensmeyer, A.K. 1992. Late Cenozoic Terrestrial Ecosystems. In Behrensmeyer, A.K; Damuth, J.D; Di Michele, W.A; Potts, R; Sues, H.D. & Wing, S.L. (eds.). 1992. *Terrestrial Ecosystems Through Time: Evolutionary Paleoecology of Terrestrial Plants and Animals*. The University of Chicago Press, Chicago: 419-541.

- Prance, G.T; Beentje, H; Dransfield, J. & Johns, R. 2000. The Tropical Flora Remains Undercollected. *Annals of Missouri Botanical Garden* 87: 67-71.
- Praptiwi; Jamal, Y; Keim, A.P. & Augusta, A. 2015. Epikatekin sebagai Komponen Kimia Utama pada Daun Sina (*Phyllocladus hypophyllus* Hook. F.; Podocarpaceae). *Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas* 4 (3): 185-187.
- Priyono, S.H. 2008. Kajian Konservasi Buah Merah melalui Kultur Jaringan Tanaman; Ekstraksi, Fraksinasi Buah, Uji Antioksidan & Uji Antidiabetik. *J. Tek. Ling.* 9 (3): 227-234.
- Proctor, M.C.F. 2011. Climatic responses dan limits of bryophytes: Comparisons dan contrasts with vascular plants. In Tuba, Z; Slack, N.G. & Stark, L.R. (eds.). 2011. *Bryophyte Ecology & Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge: 35-54.
- Pulle, A. 1915. *Van Reizen en Trekken: Naar het Sneeuwgebergte van Nieuw-Guinea. Met de derde Nederlandsche expeditie*. De Degel, Amsterdam.
- Purwanto, Y dan Walujo, E.B. 1992. Etnobotani suku Dani di Lembah Baliem-Irian Jaya: Suatu Telaah Tentang Pengetahuan dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Tumbuhan. In Nasution, R.E. (ed.). 1992. *Prosiding, Seminar dan Lokakarya Nasional Etnobotani, Cisarua-Bogor 1992*, Perpustakaan Nasional Republik Indonesia, Jakarta: 132-148.

- Quero-Garcia, J; Ivancic, A. & Lebot, V. Taro & Cocoyam. In Bradshaw, J.E. (ed.). 2010. Root & tubercrops. Springer, New York: 149-176.
- Rausser, G.C. & Small, A.A. 2000. Valueing Research Leads: Bioprospecting and the Conservation of Genetic Resources. *Journal of Political Economy* 108 (1): 1-32
- Rawlings, G.B. 1956. Australasian Cyttariaceae. *Trans. Roy. Soc. New Zealand* 84 (1): 19-28.
- Richards, S., dan Iskandar, D. 2000. A New Minute Oreophryne (Anura: Microhylidae) from the Mountains of Irian Jaya, Indonesia. *Raffles Bulletin of Zoology* 48: 257-262.
- Rickard, P.P. dan Cox, P.A. 1984. Custom Umbrellas (Poro) from Pandanus in Solomon Islands. *Economic Botany* 38 (3): 314-321.
- Rifai, M.A. 2004. *Kamus Biologi*. Cetakan keempat, Balai Pustaka, Jakarta.
- Rose, C. J. 1980. Optimum Replanting Stage for Two Varieties of Pit-Pit (*Setaria palmifolia*) in the Highlands of Papua New Guinea. *Papua New Guinea Agricultural Journal* 31(1-4), 23-29.
- Rose, C. 1982. Preliminary Observations on the Pandanus Nut (*Pandanus julianettii*). In Bourke, R. & Kesavan, V. (eds.). 1982. *Proceeding of the Second Papua New Guinea Food Crops Conference*. Department of Primary Industry of Republic of Papua New Guinea, Port Moresby.

- Rumphius, G.E. 1743. *Herbarium Amboinense*. Vol. 4. J. Burmann, Meinard Uytwerf, Amsterdam.
- Sanchez-Tena, S; Alcarraz-Vizan, G; Marain, S; Torres, J.L. & Cascante, M. 2013. Epicatechin Gallate Impairs Colon Cancer Cell Metabolic Productivity. *J. Agric. Food Chem.* 61 (18): 4310-4317. [<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf3052785>].
- Santesson, P. 1945. *Cyttaria*, a Genus of Inoperculate Discomycetes. *Svensk. Bot. Tidskrift*. 39: 319-345.
- Seligmann, P; Mittermeier, R.A; da Fonseca, G.A.B; Gascon, C; Crone, N; da Silva, J.M.C; Famolare, L; Bensted-Smith, R; Rajaobelina, L dan Beehler, B. 2007. *Centres for Biodiversity Conservation: Bringing Together Science, Partnerships & Human Well-being to Scale up Conservation Outcomes*. Conservation International, Arlington.
- Sillitoe, P. 1983. *Roots of the earth: Crops in the Highlands of Papua New Guinea*. Manchester University Press, Manchester.
- Sorenson, J.L. dan Carl L. Johannessen, C.L. 2004. Scientific Evidence for Pre-Columbian Transoceanic Voyages. *Sino-Platonic Papers*, 133 (April 2004).
- Slack, N.G. 2011. The Ecological Value of Bryophytes as Indicators of Climate Change. In Tuba, Z; Slack, N.G. dan Stark, L.R. (eds.). 2011. *Bryophyte Ecology & Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge: 3-12.

- Sleumer, H. (1966). Ericaceae. In Steenis, C. G. G. J. van (ed.), *Flora Malesiana* (ser. 1) 6: 469-688. Groningen.
- Solossa, J.P. 2005. Kebijakan Pemerintah Propinsi Papua dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pelestarian Sumber Daya Hayati di Papua. In H.J.D. Latupapua; M. Rahmansyah; B.P. Naiola; T. Juhaeti; Y.S. Purba; W.R. Farida; I. Maryanto dan A.H. Wawo. (eds.). 2005. Laporan Sarasehan: Sepuluh Tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena, Papua. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor: 53-66.
- Specht, R.L 1981. Conservation of Vegetation Types. In Groves, R.H. (ed.).1981. *Australian Vegetation*. Cambridge University Press, Cambridge: 394-410.
- Spellerberg, I.F. dan Sawyer, J.W.D. 1999. *An Introduction to Applied Biogeography*. Cambridge University Press, Cambridge.
- St. John, H. 1973. Revision of the Genus *Pandanus* Stickman. Part 35. Additional *Pandanus* Species from New Guinea. *Pacific Sci.* 27: 64, 67, t. 311, 312, 318, 319.
- Stone, B.C. 1982. New Guinea Pandanaceae: First Approach to Ecology and Biogeography. In Gressitt, J.L. (ed.). 1982. *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Vol. 1. *Monographiae Biologicae* 42. Dr. W. Junk Publ., The Hague.
- Stone, B.C. 1983. A Guide to Collecting Pandanaceae (*Pandanus*, *Freycinetia* and *Sararanga*). *Ann. Missouri Bot. Gard.* 70, 137-145.

- Stone, B.C. 1984. Pandanus from Ok Tedi Region, Papua New Guinea, collected by Debra Donoghue. *Economic Botany* 38, 304-313.
- Suparjadi, K. 2005. Posisi Kebun Biologi Wamena sebagai daerah penyangga Taman Nasional dan Konservasi Sumber Daya Hayati Papua. In H.J.D. Latupapua; M. Rahmansyah; B.P. Naiola; T. Juhaeti; Y.S. Purba; W.R. Farida; I. Maryanto dan A.H. Wawo. (eds.). 2005. Laporan Sarasehan: Sepuluh Tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena, Papua. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor: 85-92.
- Supriatna, J. 2005. Pelestarian Flora dan Fauna Papua: Kebun Biologi Wamena. In H.J.D. Latupapua; M. Rahmansyah; B.P. Naiola; T. Juhaeti; Y.S. Purba; W.R. Farida; I. Maryanto dan A.H. Wawo. (eds.). 2005. Laporan Sarasehan: Sepuluh Tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena, Papua. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor: 93-101.
- Susanto, A. 2005. Wamena dalam Tahun 70-an di abad ke-20. In H.J.D. Latupapua; M. Rahmansyah; B.P. Naiola; T. Juhaeti; Y.S. Purba; W.R. Farida; I. Maryanto dan A.H. Wawo. (eds.). 2005. Laporan sarasehan: Sepuluh tahun Pembangunan Kebun Biologi Wamena, Papua. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor: 5-16.
- Van Balgooy, M.M.J. 1971. *Plant Geography of the Pacific*. Blumea Supplement 6: 1-222.



- Van Balgooy, M.M.J. 1976. "Phytogeography". In Paijmans, K. (ed.). 1976. *New Guinea Vegetation*. Elsevier, Amsterdam: 1-22.
- Van Royen, P. 1980. *The Alpine Flora of New Guinea*. Vol 1: General part. J. Cramer, Vaduz.
- Van Steenis, C.G.G.J. 1953. Results of the Archbold Expeditions: Papuan Nothofagus. *J. Arnold Arb.* 34 (4): 301-374.
- Van Steenis, C.G.G.J. 1961. The Pathway for Drought Plants from Asia to Australia. In van Steenis, C.G.G.J; van Meeuwen, M.S. & Nootboom, H.P. (eds.). 1961. Preliminary Revisions of some Genera of Malaysia Papilionaceae I. *Reinwardtia* 5: 419-429.
- Van Steenis, C.G.G.J. 1968. Additional notes on Nothofagus. *J. Arnold Arb.* 35: 266-267.
- Van Steenis, C.G.G.J. 1979. Plant-Geography of East Malesia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 79: 97-178.
- Vanderpoorten, A. dan Goffinet, B. 2009. *Introduction to bryophytes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Veblen, T.T; Kitzberger, T; Raffaele, E; Mermoz, M; Gonzalez, M.E; Sibold, J.S. dan Holz, A. 2008. The Historical Range of Variability of Fires in the Andean-Patagonian Nothofagus Forest Region. *International Journal of Wildland Fire* 17 (6): 724-741.
- Walker, D. 1979. Speculations on the Origin and Evolution of Sunda-Sahul Rainforests. In Prance, G.T. (ed.). 1982. *Biological Diversification in the tropics: Proceeding of the Fifth International Symposium of the Association for*

- Tropical Biology, Held at Macuto Beach, Caracas, Venezuela, 8-13th February 1979. Columbia UP, New York: 554-575.
- Walter, H. 1971. Ecology of Tropical and Subtropical Vegetation. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Walter, H. 1973. Vegetation of the Earth in Relation to Climate and the Ecophysiological Conditions. The English Universities Press Ltd., London.
- Wardle, D. A. & Allen, R.B. 1983. Dieback in New Zealand Nothofagus forests. Pacific Science 37: 397-404.
- Walter, A. dan Sam, C. 2002. Fruits of Oceania. ACIAR Monograph No. 85. Canberra.
- Webb, L.J, dan Tracey, J.G. 1994. The Rainforests of Northern Australia. In Groves, R.H. (ed.). 1994. Australian Vegetation. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge University Press, Cambridge: 87-129.
- Zebua, L.I. 2009. Etnobotani dan Keragaman Jenis Pandan Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lam.) asal Papua [Ethnobotany and diversity of Red Pandan (*P. conoideus* Lam.) from Papua]. Department of Biology, University of Indonesia, Depok. [PhD. Thesis].
- Zentmyer, G.A. 1980. Phytophthora Cinnamomi & the Diseases It Causes. Monograph no. 10. APS Press, St Paul, Minnesota.
- Zweifel, R.G., Cogger, H.G. dan Richards, S.J. 2005. Systematics of Microhylid Frogs Genus Oreophryne Living at High

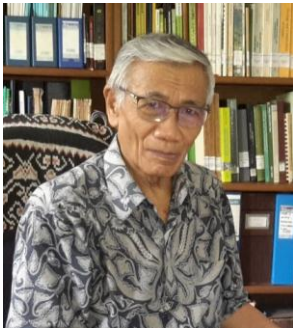
Elevations in New Guinea. *American Museum Novitates*  
3495: 1-25.

## DR. ARY PRIHARDHYANTO KEIM



Dilahirkan di Jakarta pada 2 April 1969. Menempuh pendidikan tinggi di Jurusan Biologi Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Indonesia (1994) dan melanjutkan ke University of Reading, Inggris untuk S2 (1997) dan S3 (2003) semua di bidang Botani, khususnya Sistematika Tumbuhan. Mulai bekerja di Herbarium Bogoriense LIPI semenjak 1995 hingga sekarang. Banyak fokus pada sistematika palem (Palmae), sistematika pandan (Pandanaceae), biogeografi, dan etnobotani.

## DR. KUSWATA KARTAWINATA



Dilahirkan di Cidatar, Garut, Jawa Barat, pada 3 Juni 1936. Ia menempuh pendidikan tinggi di Akademi Biologi di Ciawi, Bogor (1959) dan melanjutkan ke *National University of Singapore* (1964) dan *Univeersity of Hawaii*, di Honolulu, Hawaii, USA untuk S3 (a971). Ia menjabat Kepala Herbarium Bogoriense, Lembaga Biologi Nasional, LIPI pada 1978-1984. Pada tahun 1984-1992 ia menduduki jabatan sebagai *Program Specialist in Ecological Sciences* di *UNESCO Regional Office for Science and Techmology for South East Asia (ROSTSEA)* di Jakarta

dengan tugas mengelola *Man and the Biosphere (MAB) Program* untuk kawasan Asia Tenggara dan Pasifik. Pada tahun 1992-1998 ia diangkat sebagai *Senior Program Officer* oleh *The John D. & Catherine T. MacArthur Foundation* dan dipercaya untuk merancang, mengembangkan dan mengelola program konservasi keanekaragaman hayati di kawasan Asia dan Pasifik. Ia kemudian direkrut oleh *Center for International Forestry Research (CIFOR)* sebagai *Director of Malinau Research Forest* untuk periode 1998-2001. Sejak tahun 1992 sampai sekarang ia juga diangkat sebagai *Research Associate* pada *the Integrative Research Center, Field Museum of Natural History, Chicago, USA*. Bidang kajian yang ditekuninya adalah ekologi, taksonomi dan konservasi tumbuhan di Indonesia dan Asia Tenggara. Sementara itu, bersama Sir Ghillian Prance, mantan *Director of Royal Botanic Garden, Kew, UK*, ia telah menerbitkan monografi suku putat-putatan (*Lecythidaceae*) untuk Flora Malesiana.

#### **OSCAR EFENDY, MSI.**



Dilahirkan di Semarang, Jawa Tengah pada 25 November 1973. Menempuh pendidikan tinggi di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada dari S1 hingga S2. Mulai bekerja di Museum Zoologicum Bogoriense (Museum Zoologi Bogor) semenjak 2005. Saat ini tengah mendalami serangga Diptera, khususnya Lalat Buah (suku Tephritidae). Selain itu, juga menekuni Ekologi Hewan

Di kawasan-kawasan antara Wamena, Habbema dan Mbuwa (Kenyam) ditemukan tujuh tipe vegetasi: Hutan Pegunungan Bawah (Lower Montane Forest), Hutan Pegunungan Atas (Upper Montane Forest), Hutan Berlumut (Mossy Forest), Hutan Subalpin (Subalpine Forest), Semak Subalpin (Subalpine Scrub), Padang Rumput Subalpin (Subalpine Grassland), dan Alpin Tropik (Tropical Alpine). *Nothofagus brassii* dan *N. pullei* (Nothofagaceae) melimpah dan menjadi tumbuhan penanda Hutan Pegunungan Atas dan Hutan Berlumut. Gambut dataran tinggi menandai kawasan yang masuk ke dalam kelompok tipe vegetasi subalpin dan jenis-jenis tumbuhan penandanya adalah *Papuacedrus papuanus* (Cupressaceae), *Phyllocladus hypophyllus* (Phyllocladaceae), dan *Cyathea tomentosissima* (Cyatheaceae). Di dekat Danau Habbema ditemukan kangguru tanah kecil yang mungkin jenis baru dan untuk sementara diidentifikasi sebagai jenis yang berkerabat dekat dengan *Thylogale browni*. Pembukaan ruas jalan Habbema – Mbuwa – Kenyam memberi dampak kepada ekosistem-ekosistem gambut dataran tinggi dan Danau Habbema serta juga kemungkinan penyebab mati-pucuk pada *Nothofagus* spp. di hutan pegunungan tinggi meskipun bukan faktor utama dan satu-satunya faktor. Faktor utama penyebab mati-pucuk diduga kuat adalah perubahan iklim global terkait fenomena atmosfer El Niño yang menyebabkan fluktuasi iklim yang ekstrem antara musim panas yang berkepanjangan pada satu periode dan penurunan suhu secara ekstrem yang mengakibatkan ibun beku (frost) pada periode lain. Secara umum kawasan Danau Habbema masih dalam keadaan baik.

