

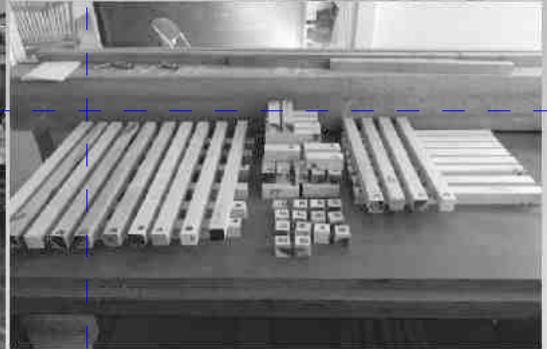


ASPEK EKOLOGI DAN EKONOMI LAHAN TERBIARKAN DI KALIMANTAN TIMUR

KARYATI
KUSNO YULI WIDIATI
KARMINI



Mulawarman
University PRESS



ASPEK EKOLOGI DAN EKONOMI LAHAN TERBIARKAN DI KALIMANTAN TIMUR

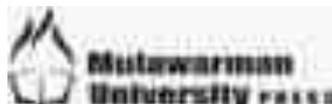
KARYATI
KUSNO YULI WIDIATI
KARMINI



Mulawarman
University PRESS

**ASPEK EKOLOGI DAN EKONOMI LAHAN TERBIARKAN
DI KALIMANTAN TIMUR**

**KARYATI
KUSNO YULI WIDIATI
KARMINI**



ASPEK EKOLOGI DAN EKONOMI LAHAN TERBIARKAN DI KALIMANTAN TIMUR

Penulis : Karyati, Kusno Yuli Widiati, Karmini
Foto : Karyati
Cover Desain : Eko Aji Mustiko
Layout : Karmini

ISBN: 978-623-7480-70-9
© 2021. Mulawarman University Press

Cetakan Pertama : Agustus 2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi
buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

Karyati, Kusno Yuli Widiati, dan Karmini. 2021. *Aspek Ekologi dan Ekonomi Lahan Terbiarkan di Kalimantan Timur*. Mulawarman University Press, Samarinda.



**Mulawarman
University Press**
Member of ICAPE & AIPPI

Penyakit
Mulawarman University Press
Gedung LPTM Universitas Mulawarman
Jl. Kipin, Kampus Gunung Mahes
Samarinda - Kalimantan Timur - Indonesia 74225
Telp/Fax: (0541) 747432, Email: mulupress@mul.ac.id

PRAKATA

Puji dan syukur para penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya maka buku Aspek Ekologi dan Ekonomi Lahan Terbiarkan ini dapat diselesaikan penulisannya. Salam dan shalawat tercurahkan untuk Nabi Muhammad SAW dan seluruh keluarganya beserta para sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Lahan terbiarkan dapat ditemui di dalam atau di luar/sekitar kawasan hutan dan sebagian berada dekat dengan pemukiman masyarakat. Pada umumnya lahan terbiarkan tidak lagi dikelola oleh masyarakat sehingga banyak tumbuh pepohonan di lahan tersebut. Analisis terhadap lahan terbiarkan dilakukan untuk menilai potensi ekologi lahan terbiarkan dan potensi ekonomi dari tegakan yang tumbuh pada lahan tersebut.

Buku ini memuat teori-teori dasar disertai dengan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dan peneliti lain yang relevan dengan topik yang dibahas. Bagian awal dari buku ini berisi tentang sejarah yang melatarbelakangi timbulnya lahan terbiarkan dan dilengkapi dengan berbagai analisis kuantitatif tentang aspek ekologi lahan terbiarkan. Kemudian dilanjutkan dengan deskripsi hasil analisis statistika berupa berbagai jenis persamaan allometrik untuk menduga biomassa dan karbon di lahan terbiarkan. Teori-teori dasar tentang pemanenan dan penebangan disajikan pula dalam buku ini. Selanjutnya pembahasan mendalam tentang sifat fisika dan mekanika beberapa jenis kayu di lahan terbiarkan diperjelas dengan hasil dari beberapa penelitian terkait. Pada bagian akhir buku ini ditampilkan teori dan hasil beberapa penelitian tentang biaya pemanenan, biaya penebangan, harga kayu, margin keuntungan, dan nilai tegakan dari lahan terbiarkan.

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada kedua orangtua penulis dan keluarga yang telah membantu dan mendukung penulis selama ini. Penghargaan yang tinggi juga diberikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian yang telah dilakukan. Terima

kasih juga dihaturkan kepada Mulawarman University Press yang telah membantu proses penerbitan buku ini. Terima kasih disampaikan atas kerjasama dan bantuan yang telah diberikan oleh para penebang dan para laboran serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan, amin.

Penulis menyampaikan permohonan maaf jika terdapat kekurangan dan kesalahan yang pembaca temui dalam buku ini. Saran dan kritik yang membangun dari pembaca akan berguna dalam perbaikan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat, amin.

Samarinda, 13 Agustus 2021

Karyati
Kusno Yuli Widiati
Karmini

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN	1
II. PENGERTIAN PERLADANGAN BERPINDAH DAN KEBUN TRADISONAL	5
2.1. Perladangan Berpindah	5
2.2. Kebun Tradisonal	7
III. ASPEK EKOLOGI LAHAN TERBIARKAN	10
3.1. Indeks Nilai Penting	10
3.2. Keragaman Jenis	12
IV. PERSAMAAN ALLOMETRIK UNTUK MENDUGA BIOMASSA DAN KARBON DI LAHAN TERBIARKAN	16
4.1. Indeks Nilai Penting Persamaan Allometrik pada Beberapa Tipe Lahan Terbiarkan di Kalimantan Timur	16
4.2. Biomassa dan Karbon pada Beberapa Tipe Lahan Terbiarkan di Kalimantan Timur	23
V. PEMANENAN DAN PENEBAANGAN POHON	28
5.1. Definisi Pemanenan	28
5.2. Definisi Penebangan	29
5.3. Kegiatan Penebangan	30

	Halaman
VI. SIFAT FISIKA DAN MEKANIKA BEBERAPA JENIS KAYU DI LAHAN TERBIARKAN	35
6.1. Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Secara Umum	35
6.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Kayu	38
6.3. Sifat Fisika dan Mekanika Beberapa Jenis Kayu pada Lahan Terbiarkan	49
VII. BIAYA PEMANENAN DAN PENEBAANGAN	52
7.1. Biaya Pemanenan	52
7.2. Biaya Penebangan di Lahan Terbiarkan	53
7.3. Unsur-unsur Biaya Penebangan	56
7.4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biaya Penebangan	60
VIII. NILAI EKONOMI LAHAN TERBIARKAN	64
8.1. Harga Kayu Log dan Harga Kayu dari Lahan Terbiarkan	64
8.2. Margin Keuntungan	73
8.3. Nilai Tegakan Lahan Terbiarkan	80
IX. PENUTUP	87
DAFTAR PUSTAKA	90

DAFTAR TABEL

No.		Halaman
3.1.	Indeks Nilai Penting (INP) lima jenis pohon dominan (Diameter Setinggi Dada > 5 cm) pada lahan terbiarkan.	11
3.2.	Indeks keragaman pohon dengan DSD \geq 5 cm di lahan terbiarkan.	15
4.1.	Berbagai persamaan allometrik untuk menduga <i>Above Ground Biomass</i> (AGB) pohon-pohon pada berbagai tipe hutan sekunder.	21
4.2.	<i>Above ground biomass</i> (AGB) pada beberapa hutan sekunder tropis.	25
6.1.	Batas kadar air kayu untuk beberapa peruntukan.	37
6.2.	Sifat-sifat mekanika kayu yang penting.	39
6.3.	Kelas kuat kayu dan sifat kekuatannya.	40
6.4.	Nilai desain dan modulus elastisitas lentur acuan.	41
6.5.	Sifat fisika kayu bayur, ficus, vatica, dan terap.	50
6.6.	Sifat mekanika kayu bayur, ficus, vatica, dan terap.	50
7.1.	Biaya penebangan pada lahan terbiarkan.	54
7.2.	Biaya penebangan pohon pada beberapa lokasi penelitian.	58
8.1.	Tinggi batang pohon yang dapat diperdagangkan.	65
8.2.	Faktor reduksi harga kayu log.	65
8.3.	Harga kayu log dari lahan terbiarkan.	67
8.4.	Harga kayu dari lahan terbiarkan setelah kebun tradisional.	69
8.5.	Margin keuntungan dari lahan terbiarkan setelah	75

Aspek Ekologi dan Ekonomi Lahan Terbiarkan di Kalimantan Timur

No.		Halaman
	perladangan berpindah.	
8.6.	Margin keuntungan dari lahan terbiarkan setelah kebun tradisonal.	76
8.7.	Penilaian sumberdaya pada beberapa lokasi penelitian.	85

DAFTAR GAMBAR

No.		Halaman
2.1.	Lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah.	7
2.2.	Lahan terbiarkan setelah kebun tradisional.	8
3.1.	Pohon-pohon yang tumbuh di lahan terbiarkan.	18
4.1.	Mengukur panjang batang pohon.	19
4.2.	Menimbang batang pohon.	24
5.1.	Penebangan pohon.	29
5.2.	Arah rebah pohon.	30
5.3.	Pemotongan batang pohon.	34
6.1.	Pemotongan papan.	36
6.2.	Pengukuran kayu.	43
6.3.	Pengujian kayu.	46
6.4.	Sampel kayu.	46
6.5.	Kerajinan kotak kayu souvenir dan box dari kayu terang.	51
7.1.	Lokasi penebangan di lahan terbiarkan.	61
8.1.	Pengukuran batang pohon.	65
8.2.	Kayu log.	66
8.3.	Toko dengan berbagai jenis kayu yang diperdagangkan.	71
8.4.	Toko kayu.	75
8.5.	Nilai tegakan lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah.	84
8.6.	Nilai tegakan lahan terlantar setelah kebun tradisional.	84
8.7.	Lahan terbiarkan.	86

I. PENDAHULUAN

Dinamika pengurangan luas hutan primer secara terus menerus cenderung mengakibatkan hutan sekunder menjadi semakin penting untuk mempertahankan habitat yang lebih besar dalam rangka konservasi keanekaragaman hayati (Mittelman, 2001). Hal ini terkait dengan cakupan meliputi lebih dari 600 juta ha dari luas daratan di daerah tropis dan menyumbang sekitar 40% dari total kawasan hutan dengan laju pembentukan yang diperkirakan mencapai 9 juta ha tahun⁻¹ (Brown dan Lugo, 1990).

Food and Agriculture Organization (FAO) (1996) memperkirakan luas hutan sekunder pada tahun 1990 di Asia adalah 87,5 juta ha sedangkan di Amerika Latin dan Afrika berturut-turut sebesar 165 juta ha dan 90 juta ha. Data ini dan adanya kesadaran akan percepatan perubahan di hutan serta situasi di negara-negara seperti Filipina, Indonesia, Cina, dan Malaysia sangat menunjukkan bahwa di masa depan barang dan jasa yang diperoleh dari hutan tropis akan semakin banyak bersumber dari produk sekunder atau beberapa jenis hasil hutan yang disebabkan oleh antropogenik seperti kayu, jasa lingkungan, konservasi keanekaragaman hayati, dan hasil hutan bagi masyarakat miskin pedesaan (Jong, dkk., 2001).

Dinamika yang terjadi menentukan keanekaragaman tumbuhan dalam proses regenerasi tanah bera' (Lawrence, 2004) di mana

dieksploitasi untuk tujuan pertanian, terutama melalui perladangan berpindah. Ini diamati sebagai fenomena global karena dua pertiga dari luas hutan sekunder dunia tercatat telah dibudidayakan pada tahun 1980 dengan 49% dicatat setiap tahun di Asia tropis (Lanly, 1982). Hutan sekunder didefinisikan sebagai vegetasi yang dihasilkan dari pembukaan hutan-hutan alam yang tinggi untuk perladangan berpindah sebelum ditinggalkan (Abebrese, 2002; Johnson dan Miyanishi, 2007; Keddy, 2007; Misra, 1992). Hutan sekunder dicirikan oleh struktur dan luasnya tutupan vegetatif serta komposisinya menurut spesies dominan dan sekunder (Breugel dkk., 2006; Mittelman, 2001). Tipe utama termasuk hutan sekunder setelah perladangan berpindah dan beberapa kebun lainnya telah dilaporkan oleh Chokkalingam, dkk. (2001).

Menurut Breugel, dkk. (2006), memahami mekanisme hutan sekunder suksesi membutuhkan pertimbangan waktu ditinggalkan sebagai faktor majemuk dan mengintegrasikan variabel ekologi komunitas tumbuhan serta total kondisi efektif yang menentukan keberadaan tumbuhan di darat (Tansley, 1993). Hutan sekunder disebabkan oleh aktivitas manusia di mana ekosistem tumbuh cepat dengan siklus hidup spesiesnya sama dengan manusia. Hutan sekunder merupakan aset bagi pelestarian keanekaragaman hayati di daerah tropis karena berlimpahnya bahan genetik, unsur hara, kelembaban, dan/atau bahan organik tanah (Brown dan Lugo, 1990).

Total luas daratan di Indonesia diperkirakan 190 juta ha dan 2/3 diantaranya dimaksud sebagai kawasan hutan yang dikelola oleh Kementerian Kehutanan sedangkan 1/3 sisanya untuk bisnis (Hak Guna Usaha/HGU) dan gedung (Hak Guna Bangunan/HGB). Badan Pertanahan Nasional mengidentifikasi 7,3 juta ha lahan di Indonesia sebagai lahan terlantar pada tahun 2011 dan sekitar 4,8 juta ha dinyatakan sebagai tanah terlantar. Lahan terlantar ini meningkat luasnya dibandingkan tahun 2007 yang hanya sekitar 7,1 juta ha di luar kawasan hutan (Nurlinda, dkk., 2014).

Propinsi Kalimantan Timur diperkirakan memiliki sekitar 3 juta ha tanah terlantar. Sebagian besar terdiri dari bekas lahan pertambangan batubara dan lahan kosong dari sistem perladangan berpindah yang tidak lagi diusahakan oleh pemiliknya. Suku Dayak asli biasanya menanam kembali lahan setelah pemanenan padi dengan spesies multiguna, seperti pohon buah-buahan, rotan, dan bambu. Seiring waktu, tanah terlantar akan berubah menjadi hutan sekunder karena suksesi. Setelah beberapa dekade, kekayaan spesies dan komposisi di hutan yang tumbuh kembali dapat mendekati hutan tua yang dapat berfungsi sebagai repositori keanekaragaman hayati (Karyati, dkk., 2018; Yirdaw, dkk., 2019).

Waktu dibutuhkan untuk pemulihan vegetasi ke kondisi aslinya. Karakteristik hutan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis penggunaan lahan, durasi siklus, dan luas pembukaan lahan *patch* (Aththorick, dkk., 2012). Jenis tumbuhan pionir mendominasi lahan terlantar yang ditunjukkan dengan perantara keanekaragaman, indeks dominasi rendah, dan pemerataan tinggi indeks (Karmini, dkk., 2020a; 2020b; Karyati, dkk., 2013; 2018). Tingkat suksesi dan pemulihan tanah di lahan terlantar bisa dipercepat melalui program perkebunan. Kegiatan tersebut dapat mengurangi perluasan hutan konversi menjadi kawasan budidaya (Klanderud, dkk., 2010). Selain itu, penanaman hutan memiliki peran penting dalam menyediakan fungsi-fungsi hutan sekunder ditinjau dari segi ekologi, ekonomi, agama, dan budaya (Setiawan, 2010).

Chokkalingam, dkk. (2001) menjelaskan lahan terbiarkan menyediakan rotasi habitat menuju proses suksesi di hutan primer-sekunder yang akan meningkatkan biodiversitas. Komposisi, keragaman, dan pertumbuhan vegetasi selama periode terbiarkan setelah perladangan berpindah dihasilkan dari interaksi antara kondisi dan faktor pada sebelum dan setelah periode terbiarkan, seperti gangguan, sejarah lahan, dan pengelolaan lahan. Selain itu, komposisi pohon, sumber benih dari tanah atau sekitar hutan,

kesuburan tanah, dan faktor iklim (Do, dkk., 2010; Kendawang, dkk., 2007; Noor, dkk., 2008). Sistem penggunaan lahan berbasis hutan menyerap karbondioksida dengan menyimpan karbon yang tersimpan dalam biomasnya (Gorte, 2007; Roshetko, dkk., 2002).

Keberadaan lahan-lahan terbiarkan yang dipandang kurang bernilai sebenarnya memiliki manfaat ekologi dan ekonomi. Perhitungan potensi nilai ekonomi kayu dari lahan terbiarkan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi/bangunan, furniture, dan yang lainnya akan menggambarkan potensi pendapatan yang mungkin diperoleh dari mengelola lahan terbiarkan. Namun, sebagian besar studi sebelumnya melaporkan informasi tentang nilai ekologi dan ekonomi suatu areal atau kawasan secara terpisah. Penulisan buku ini didasari atas masih terbatasnya informasi tentang aspek ekologi dan ekonomi dari lahan terbiarkan tropis di Propinsi Kalimantan Timur, Indonesia, baik aspek ekologi seperti tegakan struktur, komposisi floristik, dan keanekaragaman jenis serta aspek ekonomi tegakan pohon-pohon seperti harga kayu log, biaya penebangan, margin keuntungan, dan nilai tegakan di lahan terlantar.

II. PENGERTIAN PERLADANGAN BERPINDAH DAN KEBUN TRADISONAL

2.1. PERLADANGAN BERPINDAH

Perladangan adalah sistem pertanian tradisional Indonesia yang masih dilakukan terutama oleh masyarakat tradisional, masyarakat adat, suku-suku pedalaman, masyarakat di wilayah terpencil, pegunungan, dan perbatasan hutan yang umumnya disebut *endogenous people* (Evizal, 2020). Definisi masyarakat adat menurut Rifqi (2017) adalah warga atau masyarakat yang hidup dan mendiami suatu wilayah tertentu dalam jangka waktu yang sangat lama. Masyarakat adat merupakan komponen penting yang turut serta menjaga keanekaragaman hayati dalam hutan sebagaimana dinyatakan dalam pertemuan Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi yang diadakan oleh Perserikatan Bangsa-bangsa di Rio de Janeiro, Brasil dari tanggal 3 sampai 14 Juni 1992.

Evizal (2020) menjelaskan sistem perladangan merupakan awal dari sistem pertanian menetap atau merupakan sistem perladangan pionir. Sistem perladangan pionir adalah sistem yang membuka hutan primer atau sekunder untuk berladang dan selanjutnya berkembang menjadi penggunaan lahan yang mantap. Apabila lahan kembali beregenerasi menjadi hutan sekunder dan diladangi kembali maka sistem tersebut merupakan sistem ladang berpindah yang sesungguhnya yaitu *established shifting cultivation*.

Berladang berpindah mencakup budidaya tanaman pangan pada lahan darat dan dataran tinggi, lahan rawa, dan pasang surut dilakukan sesuai kearifan lokal yang masyarakat miliki dalam mengusahakan lahan dan mengembangkan sumberdaya genetik lokal (Raharjo dkk., 2015). Rifqi (2017) menjelaskan teknik ladang berpindah dilakukan dengan proses pembukaan lahan dalam luas tertentu, menebang dan membakar hutan, kemudian lahan ditanami dengan berbagai tanaman pangan seperti padi, jagung, dan lain-lain. Abu sisa pembakaran berguna dalam proses penyuburan tanah karena dapat menaikkan pH tanah, sehingga teknik ini dianggap cocok dilakukan di daerah yang memiliki kandungan tanah asam. Teknik ladang berpindah sangat bergantung pada iklim, hal itu karena iklim sangat mempengaruhi waktu bakar dan penanaman. Ketika musim kemarau, masyarakat menebang pohon kemudian membakar lahan, dan saat akan tiba musim hujan, masyarakat menanam bibit tanaman di ladang.

Lahan yang digunakan untuk ladang berpindah akan terus digunakan hingga waktu yang sangat lama. Lahan yang digunakan menjadi ladang, dalam waktu 2 hingga 3 tahun akan ditinggalkan, karena lahan sudah tidak produktif. Ketika lahan pertama yang telah ditinggalkan kembali subur, maka lahan kembali dibuka menjadi ladang, dan lahan kedua akan ditinggalkan. Proses tersebut terjadi terus menerus, sehingga secara tidak langsung peladang telah memetakan lahan yang dipakai untuk berladang. Pemetaan area perladangan bagi masyarakat tradisional akan mampu mengurangi resiko pembukaan lahan baru dari hutan yang masih primer (Thrupp dkk., 1997). Gambar 2.1 menunjukkan lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah.

Praktek sistem pertanian ini bervariasi dan mengalami transformasi yang dimulai dari sistem ladang berpindah menuju ke sistem pertanian menetap yang disebut pertanian pangan (contohnya ladang atau tegal, atau kebun singkong, jagung, dan ubi rambat), hortikultura (antara lain ladang atau kebun sayur dan buah), dan perkebunan rakyat (seperti

kebun karet, kopi, lada, cengkeh, kayu manis, kelapa, durian, rambutan, manggis, duku, dan salak) (Evizal, 2020). Cramb (2009) seperti dikutip Evizal (2020) membagi sistem pertanian di Serawak dalam 3 tahap transisi terdiri dari (1) transisi dari pengumpulan hasil hutan ke sistem perladangan berpindah, (2) transisi perladangan berpindah ke perkebunan rakyat, (3) transisi perladangan berpindah dan perkebunan rakyat ke perkebunan besar. Dalam perspektif ini, sistem perkebunan berkembang menuju ke arah produksi pangan (non beras) dan bahan baku industri yang berlangsung secara ekspansif dan intensif dalam pengelolaan sumberdaya alam.



Gambar 2.1. Lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah.

2.2. KEBUN TRADISONAL

Istilah kebun yang digunakan pada buku ini digunakan untuk memperjelas perbedaannya dengan hutan alam (*natural forest*). Sementara istilah tradisonal mengacu pada teknologi yang digunakan untuk mengelola kebun masih sederhana, secara turun temurun, dan

menyatu dengan budaya masyarakat setempat. Menurut Nangaro dkk. (2021), kebun tradisional merupakan perkebunan yang umum dikelola oleh rakyat secara mandiri dan pengelolaannya lebih bersifat tradisional di mana sistem kebun tradisional memiliki ciri pengelolaan sederhana oleh keluarga petani, pola tanam campuran, struktur vegetasi tanaman seperti hutan. Gambar 2.2. menunjukkan lahan terbiarkan setelah kebun tradisional.



Gambar 2.2. Lahan terbiarkan setelah kebun tradisional.

Usahatani yang dilakukan pada kebun tradisional biasanya mengkombinasikan pepohonan yang telah tumbuh di lingkungan sekitarnya dengan tanaman pertanian sehingga memberikan keuntungan baik secara ekonomis namun tetap memperhatikan kelestarian lingkungan. Pada areal kebun tradisional terdapat berbagai jenis tanaman berkayu yang bermanfaat baik yang belum dibudidayakan (*wild-species*), setengah dibudidayakan (*semi cultivated species*), maupun telah dibudidayakan (*cultivated-species*), serta didominasi oleh jenis pohon dari suku penghasil buah-buahan, sebagian dikombinasikan

dengan tanaman-tanaman bermanfaat lainnya bagi binatang (hijauan makanan ternak), serta berada tersebar atau tidak teratur di bekas lahan ladang atau di sekitar tempat tinggal (Sardjono, 1990 seperti dikutip oleh Fitriani dan Fauzi, 2011). Pada sistem kebun tradisonal, tercapailah keanekaragaman tanaman dalam suatu luasan lahan sehingga akan mengurangi resiko kegagalan dan melindungi tanah dari erosi serta mengurangi kebutuhan pupuk atau zat hara dari luar kebun karena adanya daur ulang sisa tanaman (Nangaro, 2021).

III. ASPEK EKOLOGI LAHAN TERBIARKAN

3.1. INDEKS NILAI PENTING

Lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah di Kalimantan Timur didominasi oleh jenis pionir yang suka cahaya dan jenis cepat tumbuh. Hal tersebut disimpulkan dari Indeks Nilai Penting (INP) seperti yang disajikan pada Tabel 3.1. Empat jenis pohon tersebut adalah *Macaranga tanarius* (INP = 50,60%), *Bridelia* sp. (INP = 49,13%), *Pterospermum javanicum* (INP = 29,05%), dan *Ficus septica* (INP = 22,56%). Empat jenis ini juga dominan berdasarkan total basal area dan volume. Tiga jenis pohon lainnya juga dominan dengan INP lebih dari 10%. Tiga jenis tersebut adalah *Homalanthus* sp., *Trema orientalis*, dan *Glochidion* sp. masing-masing memiliki INP sebesar 18,89; 16,10, dan 11,53%. Tiga spesies Euphorbiaceae dominan berdasarkan INP. Ketiga spesies tersebut seperti *Macaranga tanarius*, *Homalanthus* sp., dan *Macaranga gigantea* mencapai lebih dari 72%.

Famili Euphorbiaceae termasuk sepuluh famili terpenting di daerah tropis seperti yang dilaporkan oleh Danquah, dkk. (2011) dan Nizam, dkk. (2006). Berdasarkan 18 spesies yang berhasil diidentifikasi, terdapat 10 spesies dengan INP lebih dari 5. Sembilan jenis lainnya memiliki INP antara 2 hingga 5. Tumbuhan tingkat semai dan pancang jenis *Ficus aurata* dan *Macaranga* sp. juga dominan berdasarkan *Summed*

Dominance Ratio (SDR) di lahan terbiarkan umur 3 dan 5 tahun di Sarawak (Karyati, dkk., 2013). Karyati, dkk. (2018) melaporkan lahan terbiarkan umur 5 dan 10 tahun didominasi oleh *Macaranga* spp.

Tabel 3.1. Indeks Nilai Penting (INP) lima jenis pohon dominan (Diameter Setinggi Dada > 5 cm) pada lahan terbiarkan.

No.	Jenis	Famili	INP	Sumber
A. Lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah				
1	<i>Macaranga tanarius</i>	Euphorbiaceae	50,60	Karmini, dkk. (2020a)
2	<i>Bridelia glauca</i>	Phyllanthaceae	49,13	
3	<i>Pterospermum Javanicum</i>	Malvaceae	29,05	
4	<i>Ficus septica</i>	Moraceae	22,56	
5	<i>Homalanthus</i> sp.	Euphorbiaceae	18,89	
B. Lahan terbiarkan setelah kebun tradisional				
1	<i>Macaranga triloba</i>	Euphorbiaceae	46,16	Karmini, dkk. (2020b)
2	<i>Macaranga tanarius</i>	Euphorbiaceae	22,97	
3	<i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae	20,94	
4	<i>Ficus uncinata</i>	Moraceae	18,64	
5	<i>Mallotus paniculatus</i>	Euphorbiaceae	17,93	
C. Lahan terbiarkan umur 5 tahun setelah perladangan berpindah				
1	<i>Macaranga gigantea</i>	Euphorbiaceae	31,16	Karyati, dkk. (2018)
2	<i>Vitex pubescens</i>	Verbenaceae	30,34	
3	<i>Dillenia suffruticosa</i>	Dilleniaceae	26,43	
4	<i>Macaranga trichocarpa</i>	Euphorbiaceae	24,26	
5	<i>Euodia glabra</i>	Rutaceae	24,19	
D. Lahan terbiarkan umur 10 tahun setelah perladangan berpindah				
1	<i>Dillenia suffruticosa</i>	Dilleniaceae	21,74	Karyati, dkk. (2018)
2	<i>Macaranga gigantea</i>	Euphorbiaceae	17,41	
3	<i>Macaranga gigantea</i>	Euphorbiaceae	16,48	
4	<i>Macaranga triloba</i>	Euphorbiaceae	13,39	
5	<i>Macaranga caladifolia</i>	Euphorbiaceae	9,32	
E. Lahan terbiarkan umur 20 tahun setelah perladangan berpindah				
1	<i>Adinandra dumosa</i>	Theaceae	50,34	Karyati, dkk. (2018)
2	<i>Pellacalyx axillaris</i>	Rhizophoraceae	16,19	
3	<i>Artocarpus integer</i>	Moraceae	14,70	
4	<i>Timonius flavescens</i>	Rubiaceae	9,97	
5	<i>Cratoxylum arborescens</i>	Clusiaceae	9,26	

Sebagian besar pohon dominan, berdasarkan total basal area dan volume, tumbuh di lahan terbiarkan (Gambar 3.1) dengan sejarah penggunaan lahan sebelumnya sebagai kebun tradisional di Kalimantan Timur. Karmini, dkk. (2020b) melaporkan jenis-jenis yang dominan berdasarkan INP adalah *Macaranga triloba* (INP = 46,16) diikuti oleh *Macaranga triloba* (INP = 22,97), *Nephelium lappaceum* (INP = 20,94), *Ficus uncinata* (INP = 18,64), dan *Mallotus paniculatus* (INP = 17,93).

Dua belas dari 29 spesies yang tercatat memiliki INP lebih besar dari 10 dan 5 spesies diantaranya memiliki INP antara 5 hingga 10. Sedangkan 12 spesies lainnya memiliki INP kurang dari 5. Empat spesies dominan Euphorbiaceae (*Macaranga triloba*, *Macaranga tanarius*, *Mallotus paniculatus*, dan *Homalanthus populneus*) mencapai total INP sebesar 99,72. Keempat spesies tersebut termasuk dalam 10 spesies yang paling dominan jenis berdasarkan *Importance Value Index (IVI)*. Penelitian serupa juga melaporkan bahwa pohon dari spesies Euphorbiaceae penting dan mendominasi lahan bera tropis (Karmini, dkk., 2020a; 2020b; Karyati, dkk., 2018). Total INP dari 8 spesies termasuk Moraceae mencapai 84,75. Moraceae adalah famili yang memiliki spesies terbanyak di lokasi penelitian (Gambar 3.1).



(a) Setelah perladangan berpindah. (b) Setelah kebun tradisonal.

Gambar 3.1. Pohon-pohon yang tumbuh di lahan terbiarkan.

3.2. KERAGAMAN JENIS

Keanekaragaman spesies atau heterogenitas (H') di lahan terlantar setelah perladangan berpindah di Kalimantan Timur dikategorikan

sebagai 'menengah' (Odum, 2005) sebagaimana yang disajikan pada Tabel 2.2. Sementara ekologi rendah dominansi (Ds) juga diamati, hal ini berarti ada sedikit atau hampir tidak ada spesies yang mendominasi lahan terbiarkan (Karmini, dkk., 2020a). Keanekaragaman spesies yang tinggi menunjukkan komunitas yang sangat kompleks (Brower, dkk., 1990). Hal ini juga didukung oleh nilai J' yang tinggi di mana menunjukkan semua spesies tersebar merata di dalam komunitas. Akan tetapi, nilai-nilai ini mungkin disebabkan oleh banyaknya pohon dan jumlah spesies.

Kekayaan spesies dapat diukur paling sederhana dengan menghitung jumlah spesies di dalam suatu daerah (Krebs, 2001). Secara umum, dengan meningkatnya keanekaragaman (H'), pemerataan (J'), dan kekayaan (R) maka terjadi penurunan dominansi (Ds). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa keanekaragaman pohon menurun saat dominansi meningkat secara linier sepanjang proses gangguan terjadi (Sapkota, dkk., 2010). Ciri khas umum yang dimiliki hutan dataran rendah tropis adalah tidak ada satu jenis pohon pun dengan frekuensi tinggi dan mendominasi (Kartawinata, dkk., 1981).

Sejalan dengan indeks keanekaragaman pohon di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah, indeks keanekaragaman di lahan terlantar setelah aktivitas perkebunan tradisional juga dikategorikan sebagai 'intermediate' (H' sebesar 1,33). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah pohon yang tumbuh cukup banyak di lokasi tersebut (Karmini, dkk., 2020b). Sementara itu, indeks dominansi berada pada kriteria rendah dengan nilai Ds sebesar 0,06. Nilai dominansi yang rendah menunjukkan bahwa tidak ada spesies dominan di wilayah tersebut.

Indeks pemerataan termasuk kategori tinggi (nilai $J' = 0,91$), artinya individu dari pohon di plot yang dipelajari tersebar merata di antara jenis. Indeks kekayaan spesies sebesar 5,33 menunjukkan

tingginya jumlah tegakan pohon di luar lokasi penelitian. Sebanyak 192 pohon termasuk dalam 29 jenis pohon yang tercatat dalam plot studi.

Kekayaan spesies dihitung berdasarkan jumlah spesies di suatu daerah (Krebs, 2001). Hasilnya menunjukkan tingkat keragaman (H'), kemerataan (J'), dan kekayaan (R) mengarah pada dominasi rendah (D_s). Hasil serupa dilaporkan oleh penelitian terdahulu di mana indeks keanekaragaman pohon dengan Diameter Setinggi Dada (DSD) > 5 cm pada plot studi yang merupakan lahan terbiarkan 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun (Karyati, dkk., 2018) dan di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah (Karmini, dkk., 2020).

Sejalan dengan hal ini, jenis-jenis tumbuhan baik tingkat semai-sapihan ($DSD < 5$ cm) dan pohon ($DSD \geq 5$ cm) pada lahan-lahan terbiarkan umur 3 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun setelah perladangan berpindah juga memiliki indeks keragaman sedang, dominansi rendah, dan kemerataan tinggi (Karyati, dkk., 2013; 2018). Indeks keragaman pohon dengan $DSD \geq 5$ cm pada beberapa tipe lahan terbiarkan disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Indeks keragaman pohon dengan $DSD \geq 5$ cm di lahan terbiarkan.

Indeks keragaman	Sejarah penggunaan lahan sebelum lahan terlantar				
	Setelah perladangan berpindah ¹⁾	Setelah kebun tradisional ²⁾	5 tahun setelah perladangan berpindah ³⁾	10 tahun setelah perladangan berpindah ³⁾	20 tahun setelah perladangan berpindah ³⁾
Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H')	1,23	1,33	2,09	2,70	2,39
Indeks dominansi Simpson (D_s)	0,09	0,06	0,17	0,12	0,14
Indeks pemerataan Pielou (J)	0,87	0,91	0,86	0,86	0,88
Indeks kekayaan Margalef (R)	5,17	5,33	3,02	5,57	4,22

Sumber: ¹⁾Karmini, dkk. (2020a); ²⁾Karmini, dkk. (2020b); ³⁾Karyati, dkk. (2018).

IV. PERSAMAAN ALLOMETRIK UNTUK MENDUGA BIOMASSA DAN KARBON DI LAHAN TERBIARKAN

4.1. INDEKS NILAI PENTING PERSAMAAN ALLOMETRIK PADA BEBERAPA TIPE LAHAN TERBIARKAN DI KALIMANTAN TIMUR

Total biomassa tegakan di atas tanah (*Above Ground Biomassa/* AGB) vegetasi berkayu merupakan salah satu sumber karbon terbesar. Jumlah AGB tersebut terdiri dari semua batang kayu, cabang, dan daun pohon hidup, tanaman merambat, pemanjat, epifit, dan herba tumbuhan bawah (Hairiah, dkk., 2001). Estimasi AGB merupakan aspek penting dari studi tentang cadangan karbon dan penyerapan karbon dari efek deforestasi pada keseimbangan karbon global (Ketterings, dkk., 2001). Brower, dkk. (1990) menyatakan karena pengukuran langsung biomassa tidak dapat dibuat untuk seluruh komunitas atau populasi, maka sampel harus diambil dari suatu komunitas atau populasi. Ketterings, dkk. (2001) menunjukkan bahwa penelitian biomassa pohon secara langsung di lapangan tidak diragukan lagi merupakan metode akurat yang banyak digunakan untuk memperkirakan AGB, tetapi sangat memakan waktu dan merusak, serta pada umumnya terbatas pada yang luasan yang kecil dan ukuran sampel pohon kecil.

Perkiraan biomassa vegetasi dapat menghasilkan informasi tentang nutrisi dan karbon yang disimpan pada vegetasi secara keseluruhan, atau jumlah dalam fraksi tertentu seperti kayu yang bisa diekstraksi (Hairiah,

dkk., 2001). Alometri adalah metode yang efektif untuk memperkirakan biomassa pohon, komponen pohon, dan tegakan secara akurat. Tenaga kerja dan biaya dibutuhkan dalam pengambilan sampel biomassa untuk membangun dan memvalidasi persamaan yang memerlukan penerapan pendekatan allometrik (MacDicken, 1997). Hampir tidak mungkin mengukur semua biomassa di area sampel yang cukup besar dengan metode destruktif dan beberapa persamaan allometrik digunakan untuk memperkirakan biomassa individu pohon berdasarkan sifat yang mudah diukur seperti diameter batangnya (Hairiah, dkk., 2001). Berbagai dimensi dan parsial dari biomassa pohon, seperti bagian-bagian komponen batang kayu, kulit kayu, cabang, dan massa dedaunan diperkirakan dari diameternya setinggi dada (DBH) dengan metode korelasi allometrik (Basuki, dkk., 2009; Curtis 2008).

Persamaan allometrik adalah regresi yang menyatakan hubungan antara dimensi pohon atau bagian tumbuhan lain dengan biomassa (Heriansyah, dkk., 2002). Model regresi digunakan untuk mengubah data inventaris menjadi perkiraan biomassa pohon (Chave, dkk., 2005). Setelah persamaan allometrik dibuat dan ditetapkan untuk berbagai kelas pohon dan jenis vegetasi, maka hanya perlu mengukur DBH atau parameter lainnya seperti tinggi pohon agar data dapat dimasukkan ke dalam persamaan, sehingga dapat diperkirakan biomassa individu pohon dan total biomassa atau kandungan karbon (Hairiah, dkk., 2001; Heriansyah, dkk., 2002). Pengukuran biomassa vegetasi yang meliputi pohon tidaklah mudah, terutama pada tegakan campuran yang berumur tidak sama. Ini membutuhkan tenaga kerja yang cukup besar dan sulit untuk mendapatkan pengukuran yang akurat mengingat keragaman distribusi ukuran pohon (Hairiah, dkk., 2001).

Penerapan model allometrik untuk estimasi biomassa di atas permukaan tanah di hutan tropis diperlukan untuk mempelajari penyimpanan dan pertukaran karbon (Vieira, dkk., 2008). Penggunaan model allometrik yang berbeda akan menghasilkan variasi dalam

perhitungan jumlah biomassa dalam hutan sekunder. Hal ini menunjukkan bahwa model allometrik adalah sangat spesifik untuk lokasi dan tipe hutan (Stas, 2011). Salah satu alasan terbentuknya hutan sekunder di kebun tradisional yang terbengkalai dan tidak terganggu adalah karena kebun tradisional sudah lama tidak dikelola oleh pemiliknya. Keberadaan lahan terlantar dengan sejarah penggunaan lahan setelah perladangan berpindah dan kebun tradisional memiliki nilai ekologi dan nilai ekonomi yang tinggi (Karmini, dkk., 2020a; 2020b; Karyati, dkk., 2013; 2018;).

Pengujian model log-linear ($\ln(y)=a+b \times \ln(x)$) dan model eksponensial ($y=ax^b$) menunjukkan pemasangan yang baik untuk parameter instalasi terkait (DBH, $(DBH^2 \times H)$, atau H) dan biomassa bagian tanaman. Beberapa hubungan diuji dan menunjukkan model linier sederhana ($y=a+bx$) dan model semi-log [$\ln(y)=a+b(x)$] memiliki nilai P baik dan nilai R^2 tinggi, tetapi plot pencar dari hubungan ini bukan yang paling cocok. Pengujian model semilog [$y=a+b \times \ln(x)$] tidak menunjukkan kesesuaian yang baik untuk semua parameter yang diuji dalam *scatter plot* dan nilai R^2 . Pada umumnya, analisis dari hasil pengujian semua regresi untuk hutan sekunder berumur 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun menunjukkan bahwa dalam banyak hal persamaan allometrik yang diuji memiliki R^2 yang relatif tinggi nilai-nilainya. Model log [$\ln(y)=a+b \times \ln(x)$] menunjukkan bahwa variabel dependen (daun, cabang, batang, dan AGB) dari pohon sangat berkorelasi dengan variabel independen (DBH, $(DBH^2 \times H)$) pada hutan sekunder umur 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun. Di sisi lain, model eksponensial ($y=ax^b$) adalah persamaan yang baik untuk menghubungkan variabel dependen (daun, cabang, batang, dan AGB dari pohon) dan tinggi pohon. Korelasi lemah antara cabang dan semua variabel independen ditunjukkan dengan memiliki R^2 yang relatif rendah untuk hutan sekunder 5 tahun ($R^2=0,38-0,53$). Selain itu, tinggi sebagai prediktor yang baik untuk biomassa batang kering (di hutan sekunder berumur 5 tahun, 10 tahun, dan 20

tahun) dan TAGB (dalam format hutan sekunder berumur 5 tahun dan 20 tahun) (Karyati, dkk., 2019a).

Hubungan antara DBH, $(DBH^2 \times H)$, dan tinggi pohon sebagai variabel independen tidak signifikan terhadap biomassa daun dan cabang kering (nilai $P > 0,05$) serta DBH ke biomassa batang kering. Ini berarti bahwa DBH, $(DBH^2 \times H)$, dan tinggi pohon bukanlah prediktor yang baik untuk biomassa daun dan cabang kering berdasarkan *goodness of fit* (Gambar 4.1). Begitu pula dengan DBH juga bukan prediktor yang baik untuk biomassa batang kering. Korelasi antara $(DBH^2 \times H)$ dan tinggi pohon terhadap



Gambar 4.1. Mengukur panjang batang pohon.

biomassa batang kering dan TAGB menunjukkan cukup kuat hubungan serta DBH ke TAGB (nilai $P < 0,001$). Persamaan allometrik yang dipilih untuk memperkirakan biomassa pohon di atas tanah didominasi oleh model log-linear [$\ln(y) = a + b \times \ln(x)$] dan model linier ($y = a + bx$). Persamaan tersebut adalah model yang sesuai untuk menghubungkan variabel dependen (daun, cabang, batang, dan AGB) dan variabel bebas (DBH, $(DBH^2 \times H)$, dan H) untuk pohon. Berdasarkan pengujian regresi, hanya ada empat persamaan dengan relatif R^2 tinggi ($> 0,400$). Persamaan ini adalah " $\ln(\text{biomassa batang kering}) = 0,837 \times \ln(DBH^2 \times H) - 29,45$ " ($R^2 = 0,500$), " $\ln(\text{biomassa batang kering}) = 1,812 \times \ln(H) - 0,217$ " ($R^2 = 0,461$), " $\ln(AGB) = 0,576 \times \ln(DBH^2 \times H) - 0,301$ " ($R^2 = 0,431$), dan

" $\ln(\text{AGB})=1,331 \times \ln(\text{H})-1,350$ " ($R^2=0,455$). Namun hasil menunjukkan hubungan antara biomassa daun dan cabang kering dari pohon dan dimensi tanaman di lahan terbiarkan sangat lemah.

Hasil analisis regresi pada dimensi pohon dimensi seperti DBH, ($\text{DBH}^2 \times \text{Ht}$), ($\text{DBH}^2 \times \text{Hb}$), Ht, dan Hb sebagai variabel bebas dan biomassa daun kering sebagai variabel dependen dengan pengujian tiga persamaan menunjukkan korelasi yang sangat lemah. Hubungan antara DBH, ($\text{DBH}^2 \times \text{Ht}$), dan ($\text{DBH}^2 \times \text{Hb}$) terhadap biomassa daun kering sangat signifikan ($P < 0,01$) dan signifikan ($P < 0,05$), kecuali hubungan antara ($\text{DBH}^2 \times \text{Hb}$) dan biomassa daun kering ($P > 0,05$). Sedangkan hubungan antara Ht dan Hb terhadap biomassa daun kering tidak nyata ($P > 0,05$). Pengujian antara dimensi biomassa daun kering dan pohon dengan persamaan eksponensial ($y = a \times b^x$) dan log-linear ($\ln y = a + b \times \ln x$) menunjukkan adj. R^2 kurang dari 0,198 (Karyati, dkk., 2021). Dua persamaan dipilih untuk menunjukkan hubungan antara dimensi pohon dan biomassa cabang kering. Dua persamaan tersebut adalah "(biomassa cabang kering) = $6.121 \times \text{DBH}^{0.065}$ " ($P < 0,001$; adj. $R^2 = 0,526$) dan " $\ln(\text{biomassa cabang kering}) = 0,813 - 0,472 \times \ln(\text{DBH}^2 \times \text{Ht})$ " ($P < 0,001$; $R^2 = 0,500$). Sebanyak tiga persamaan allometrik dipilih untuk memperkirakan *trunk* biomassa kering menggunakan dimensi pohon serta untuk menunjukkan hubungan antara AGB dan dimensi pohon. Persamaan yang dipilih menggambarkan hubungan antara DBH dan biomassa batang kering memiliki adj. R^2 tinggi seperti "(biomassa batang kering) = $11,458 \times (\text{DBH})^{0,081}$ " ($P < 0,001$; Adj. $R^2 = 0,783$), "(biomassa batang kering) = $32,989 \times (\text{DBH}^2 \times \text{Ht})^{0,001}$ " ($P < 0,001$; adj. $R^2 = 0,628$), dan "(biomassa batang kering) = $33,932 \times (\text{DBH}^2 \times \text{Hb})^{0,001}$ " ($P < 0,001$; adj. $R^2 = 0,579$). Persamaan allometrik terbaik yang direkomendasikan antara dimensi pohon dan AGB adalah " $\ln(\text{AGB}) = 1,492 \times \ln(\text{DBH}) + 0,117$ " ($P < 0,001$; adj. $R^2 = 0,748$), " $\ln(\text{AGB}) = 0,515 \times \ln(\text{DBH}^2 \times \text{Ht}) + 0,207$ " ($P < 0,001$; adj. $R^2 = 0,651$), dan " $\ln(\text{AGB}) = 0,485 \times \ln(\text{DBH}^2 \times \text{Hb}) + 0,788$ " ($P < 0,001$; adj. $R^2 = 0,492$) (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Berbagai persamaan allometrik untuk menduga *Above Ground Biomass* (AGB) pohon-pohon pada berbagai tipe hutan sekunder.

Lokasi	Tipe hutan	Jenis	Persamaan	Kerapatan kayu	Sumber
Central Amazon	Hutan sekunder	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=2.413 \times \ln(\text{DBH})-1.997$	0,54	Nelson, dkk. (1999)
Central Amazon	Hutan hujan primer	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=2.55 \times \ln(\text{DBH})-2.010$	0,69	Chambers, dkk. (2001)
Sumatera, Indonesia	Hutan sekunder campuran	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=2.59 \times \ln(\text{DBH})-2.75$	0,35-0,91	Kettering, dkk. (2001)
Kalimantan Timur, Indonesia	Hutan sekunder	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=2.44 \times \ln(\text{DBH})-2.51$	0,29-0,47	Hashimoto, dkk. (2004)
Kalimantan, Indonesia	Hutan sekunder	Jenis dominan <i>Schima wallichii</i>	$\text{AGB}=0.1008 \times \text{DBH}^{2.5264}$	0,67	Kiyono dan Hastaniah (2005)
Kolumbia	Hutan sekunder	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=2.422 \times \ln(\text{DBH})-2.232$	-	Sierra, dkk. (2007)
Niah dan Sungai Liku, Sarawak, Malaysia	Hutan sekunder Suksesi awal	Jenis campuran	$\text{AGB}=0.0829 \times \text{DBH}^{2.43}$	0,35	Kenzo, dkk. (2009a)
Sabal dan Baiai Ringin, Sarawak, Malaysia	Hutan hujan tropis setelah logging	Jenis campuran	$\text{AGB}=0.1525 \times \text{DBH}^{2.34}$	0,50	Kenzo, dkk. (2009b)

Aspek Ekologi dan Ekonomi Lahan Terbiarkan di Kalimantan Timur

Lokasi	Tipe hutan	Jenis	Persamaan	Kerapatan kayu	Sumber
Sabal, Sarawak, Malaysia	Hutan sekunder umur 20 tahun setelah perladangan berpindah	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=2.3207 \times \ln(\text{DBH})-1.89$	0,24-0,74	Karyati, dkk. (2019a)
Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia	Hutan sekunder setelah perladangan berpindah	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=0.808 \times \ln(\text{DBH})+1.277$	0,37-0,69	Karyati, dkk. (2019b)
Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia	Hutan sekunder setelah kebun tradisional	Jenis campuran	$\ln(\text{AGB})=1.492 \times \ln(\text{DBH})+0.117$ $\ln(\text{AGB})=0.515 \times \ln(\text{DBH}^2 \times \text{Ht})+0.207$	0,30-0,77	Karyati, dkk. (2021)

Keterangan: AGB = *aboveground biomass*; DBH = diameter setinggi dada (*diameter at breast height*) (cm); Ht = Tinggi total (m).

4.2. BIOMASSA DAN KARBON PADA BEBERAPA TIPE LAHAN TERBIARKAN DI KALIMANTAN TIMUR

Kekayaan dan dominasi jenis-jenis pohon merupakan faktor-faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam memperkirakan karbon tersimpan dari pohon di kawasan hutan yang sangat beragam (Ruiz-Jaen dan Potvin, 2010). Sebagian besar biomassa (AGB) di atas permukaan tanah di hutan tropis disimpan di komponen pohon. Biomassa pohon digambarkan sebagai volume kayu yang dipengaruhi oleh diameter dan tinggi pohon, fisiognomi, dan kepadatan kayu (Vieira, dkk., 2008). Selain itu, biomassa pohon bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lainnya di mana volumenya bervariasi sesuai dengan kepadatan spesies, faktor iklim, dan sifat tanah (Agevi, dkk., 2017). Perbedaan jumlah biomassa di atas permukaan tanah dari suatu kawasan hutan sekunder dengan kawasan lain karena adanya perbedaan gangguan dan waktu pemulihan (Stas, 2011).

Stok karbon di tegakan berumur tua dapat berbeda jika dibandingkan dengan stok karbon di pertumbuhan kedua tegakan yang menggantikannya, menyebabkan biomassa berkayu di suatu daerah tidak dapat dijelaskan dalam produktivitas ekosistem bersih (Janisch dan Harmon, 2002). Dinamika biomassa di hutan tropis memainkan peran penting dalam evaluasi siklus karbon global dan perubahan iklim global (Fearnside, 1997; Seiler dan Crutzen, 1980). Selama proses suksesi awal, jumlah biomassa tegakan meningkat dengan cepat (Selaya, dkk., 2007). Penarikan karbon dari perubahan kawasan hutan terus menerus terjadi seiring dengan adanya pertumbuhan vegetasi, kematian, dekomposisi (Gorte, 2007), komposisi spesies, struktur umur, dan kesehatan hutan (Harmon, dkk., 1990).

Stok karbon pada tegakan di permukaan tanah dan tegakan massa pohon dapat mewakili kurang dari 1% hingga 60% dari total karbon stok ekosistem hutan (Curtis, 2008). Stok karbon pada tanah subur semakin

tinggi sehingga dapat mempengaruhi stok penyimpanan karbon pada biomassa vegetasi (Hairiah dan Rahayu, 2007). Biomassa umumnya dinyatakan dalam berat kering dan kadang-kadang dapat dinyatakan dalam bentuk pengeringan bebas abu berat (Moore dan Chapman, 1986). The '*scaling*' hubungan, di mana rasio antara aspek yang berbeda seperti perbandingan ukuran pohon yang berubah ketika pohon kecil dan besar dari satu jenis spesies umumnya dikenal sebagai persamaan allometrik (Hairiah, dkk., 2001).

Terlepas dari peran ekologi dan ekonominya, lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah di daerah tropis juga memiliki potensi tinggi untuk menyerap biomassa karbon di bagian pohon (Karmini, dkk., 2020a; 2020b). Kawasan hutan sekunder yang sebelumnya digunakan sebagai kebun tradisional dan kemudian tidak dikelola atau tidak dirawat dengan baik atau ditinggalkan semakin meningkat. Kebun tradisional dimiliki oleh perorangan atau penduduk lokal dan sebelumnya ditanami berbagai jenis pohon buah-buahan dan spesies pohon serba guna (*Multi Purpose Tree Species*/MPTS). Perkiraan AGB di hutan sekunder 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun adalah 10,17 Mg ha⁻¹; 28,53 Mg ha⁻¹; dan 71,75 Mg ha⁻¹ (Karyati, dkk., 2019a). Estimasi AGB di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah sebesar 33,31 Mg ha⁻¹ (Gambar 4.2) (Karyati, dkk., 2019b) (Tabel 4.2).



Gambar 4.2. Menimbang batang pohon.

Tabel 4.2. *Above ground biomass* (AGB) pada beberapa hutan sekunder tropis.

No.	Tipe hutan	Lokasi	<i>Above Ground Biomass</i>	Sumber
1	Hutan sekunder umur 5 tahun	Peruvian Amazon	5,0-20 t ha ⁻¹ tahun ⁻¹	Szott, dkk. (1994)
2	Hutan sekunder a. Umur >10 tahun b. Umur 8-15 tahun	Brazil Bolivia	0,2-20 kg m ⁻² 2,4-13,4 kg m ⁻²	Steininger (2000)
3	Kebun pekarangan dan hutan sekunder umur 13 tahun Sistem Imperata- <i>cassava</i>	Lampung, Indonesia	35,3 Mg C ha ⁻¹ 2,2 Mg C ha ⁻¹	Roshetko, dkk. (2002)
4	Hutan sekunder (setelah padang rumput yang ditinggalkan) 4-6 tahun 6-8 tahun 12-14 tahun	Central Amazonia, Brazil	16,4 Mg ha ⁻¹ 54,4 Mg ha ⁻¹ 128,1 Mg ha ⁻¹	Feldpausch, dkk. (2004)
5	5-8 tahun terbiarkan setelah perladangan berpindah 8-15 tahun terbiarkan setelah perladangan berpindah	Sungai Sarawak Basin, Sarawak, East Malaysia	152,36 t ha ⁻¹ 181,8 t ha ⁻¹	Ipor dan Tawan (2004)
6	Hutan sekunder	Brazilian dan Bolivian Amazon	33-435 Mg C tahun ⁻¹	Steininger (2004)

Aspek Ekologi dan Ekonomi Lahan Terbiarkan di Kalimantan Timur

No.	Tipe hutan	Lokasi	Above Ground Biomass	Sumber
7	Hutan sekunder (setelah kebakaran hutan tahun 1998): a. 2 tahun setelah kebakaran (2000) b. 5 tahun setelah kebakaran (2003)	Kalimantan Timur, Indonesia	12,3 Mg ha ⁻¹ (9,2-17,0 Mg ha ⁻¹) 15,9 Mg ha ⁻¹ (7,4-25,0 Mg ha ⁻¹)	Hiratsuka, dkk. (2006)
8	Hutan sekunder pioner <i>Acacia mangium</i> <i>Eucalyptus pelitta</i> <i>Gmelina arborea</i>	Kalimantan Timur, Indonesia	1,3 to 2,9 t C ha ⁻¹ tahun ⁻¹ 5,9-9,9 t C ha ⁻¹ tahun ⁻¹ 7,1-7,2 t C ha ⁻¹ tahun ⁻¹ 8,3-12,3 t C ha ⁻¹ tahun ⁻¹	Diana (2007)
9	Pertumbuhan hutan sekunder di padang rumput yang ditinggalkan selama periode 4 tahun Umur <1-5 tahun Umur 6-10 tahun Umur 11-14 tahun	Central Amazonia	4,4 Mg ha ⁻¹ tahun ⁻¹ 5,7 Mg ha ⁻¹ tahun ⁻¹ 9,9 Mg ha ⁻¹ tahun ⁻¹	Feldpausch, dkk. (2007)
10	Hutan sekunder umur 20-30 tahun	Southern Sonora, North-western Mexico	22,4±2,4 Mg ha ⁻¹	Álvarez-Yépiz, dkk. (2008)
11	Hutan sekunder umur 5 tahun Hutan sekunder umur 7 tahun Hutan sekunder umur 10 tahun Hutan sekunder umur 18 tahun Hutan sekunder umur 26 tahun Hutan berumur tua	North-western Vietnam	4,1 Mg ha ⁻¹ 12,4 Mg ha ⁻¹ 35,7 Mg ha ⁻¹ 81,7 Mg ha ⁻¹ 108,8 Mg ha ⁻¹ 240,5 Mg ha ⁻¹	Do, dkk. (2010)

No.	Tipe hutan	Lokasi	Above Ground Biomass	Sumber
12	Hutan sekunder 5 tahun setelah perladangan berpindah 10 tahun setelah perladangan berpindah 10 tahun setelah perladangan berpindah	Sarawak, Malaysia	10,17 Mg ha ⁻¹ 28.53 Mg ha ⁻¹ 71,75 Mg ha ⁻¹	Karyati, dkk. (2019a)
13	Lahan terlantar setelah perladangan berpindah	Samarinda, Kalimantan Timur	33,31 Mg ha ⁻¹	Karyati, dkk. (2019b)
14	Lahan terlantar setelah kebun tradisional	Samarinda, Kalimantan Timur	29,98-30,30 Mg ha ⁻¹	Karyati, dkk. (2021)

V • PEMANENAN DAN PENEBAANGAN POHON

5.1. DEFINISI PEMANENAN

Definisi pemanenan adalah suatu kegiatan mengeluarkan hasil hutan berupa kayu ataupun biomassa lainnya dari kawasan hutan ke luar hutan (Faqih, dkk., 2018). Pemanenan hasil hutan merupakan suatu usaha pemanfaatan kayu dengan mengubah tegakan pohon berdiri menjadi sortimen kayu bulat dan dikeluarkan dari hutan untuk kemudian dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya (Fermana, 2019). Pemanenan kayu ini dimaksudkan untuk mempersiapkan bahan baku dari alam yang kemudian akan diolah menjadi berbagai kebutuhan manusia agar bisa dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan dalam bidang ekonomi, sosial maupun budaya (Faqih, dkk., 2018). Pemanenan hasil hutan yang dilakukan di Hutan Tanaman Industri (HTI) memiliki tujuan untuk mengoptimalkan pasokan kayu industri, memaksimalkan nilai kayu serta meningkatkan nilai tambah bagi pihak perusahaan dan juga devisa negara (Fermana, 2019).

Kegiatan utama dalam pemanenan kayu adalah penebangan, penyaradan, pengangkutan, dan muat bongkar (Suparto, 1999 seperti dikutip Jenaro, dkk., 2018). Sementara di HTI, kegiatan pemanenan hasil hutan dimulai dari penebangan, pembagian batang, penumpukan, pengupasan kulit, penyaradan, dan pemuatan (Fermana, 2019).

5.2. DEFINISI PENEBAANGAN

Penebangan pohon (Gambar 5.1) merupakan kegiatan awal dari serangkaian kegiatan pemanenan kayu dengan salah satu tujuannya untuk memperoleh bahan baku bagi industri perkayuan (Fermana, 2019; Suhartana dan Yuniawati, 2010). Kegiatan penebangan adalah kegiatan mempersiapkan produk primer berupa kayu dari pohon yang masih berdiri yang masih berada di dalam kawasan hutan (Faqih, dkk., 2018; Haryanto, 1996). Menurut Haryanto (1996), pada waktu pohon masih berdiri dan berada di hutan



Gambar 5.1. Penebangan pohon.

sebenarnya hanya mempunyai nilai harapan saja. Nilai kenyataan (uang) diperoleh jika pohon tersebut ditebang dan dikeluarkan dari dalam hutan. Setelah itu baru dikonversi menjadi barang yang dapat dimanfaatkan bagi manusia. Jenaro, dkk. (2018) menjelaskan bahwa penebangan merupakan langkah awal untuk pemanfaatan kayu secara komersial. Oleh karena itu efisiensi dan efektifitas teknik pada kegiatan penebangan menentukan efisiensi pemanfaatan kayu secara keseluruhan.

5.3. KEGIATAN PENEBAANGAN

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam kegiatan penebangan pohon antara lain (1) topografi/kelerengan lahan, (2) arah rebah pohon, (3) sikap tubuh penebang, (4) peralatan, dan 5) teknik penebangan. Topografi atau kelerengan lahan perlu diperhatikan dalam kegiatan pemanenan (Suhartana dan Yuniawati, 2010) khususnya pada kegiatan penebangan karena dapat berpengaruh terhadap hasil dari penebangan. Apabila operator *chainsaw* tidak memahami kondisi topografi maka hasil dari penebangan dapat menjadi tidak optimal. Selain itu perlu juga diupayakan agar arah rebah pohon (Gambar 5.2) benar sehingga pemanfaatan kayu lebih efisien dan biaya yang dikeluarkan menjadi lebih rendah (Fermana, 2019). Pelaksanaan kegiatan pemanenan juga perlu memperhatikan sikap tubuh penebang (Suhartana dan Yuniawati, 2010).



Gambar 5.2. Arah rebah pohon.

Peralatan yang digunakan dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas hasil dari kegiatan penebangan. Oleh karena itu, menurut Suhartana dan Yuniawati (2010), pelaksanaan kegiatan pemanenan perlu memperhatikan peralatan yang digunakan. Gergaji rantai (*chainsaw*) yang digunakan dalam penebangan pohon antara lain:

1. Gergaji rantai merek Husqvarna 40.

Penebangan pohon *Acacia mangium* dalam penelitian Sinaga (2005) dilakukan dengan menggunakan gergaji rantai berukuran kecil

(panjang bilah 40 cm) merek Husqvarna 40, buatan Swedia, dengan produktivitas penebangan berkisar antara $0,738 \text{ m}^{-3} \text{ jam}^{-1}$ - $11,645 \text{ m}^{-3} \text{ jam}^{-1}$ dengan rata-rata $3,12 \text{ m}^{-3} \text{ jam}^{-1}$. Penelitian tersebut mendata harga gergaji rantai merek Husqvarna 40 sebesar Rp4.500.000,00 buah⁻¹ dengan umur pakai 10.000 jam, harga bahan bakar sebesar Rp2.000,00 l⁻¹, harga oli/pelumas sebesar Rp550,00 l⁻¹, upah operator sebesar Rp30.000,00 hari⁻¹, dan upah pembantu operator sebesar Rp15.000,00 hari⁻¹ dengan rata-rata 7 jam kerja hari⁻¹. Bahan bakar gergaji mesin adalah campuran bensin dengan oli dengan perbandingan 10 : 1, di samping itu diperlukan juga pelumas/oli untuk rantai gergaji.

2. □Gergaji rantai merek STIHL 07.

Hasil penelitian Basari (2004) menunjukkan gergaji rantai yang digunakan dalam penebangan pohon adalah merek STHILL 07, kondisi mesinnya 80% (masih baik), dan diperkirakan harganya mencapai sekitar Rp5.000.000,00 buah⁻¹.

3. □Gergaji rantai merek STIHL 70.

Kegiatan penebangan pohon yang dilakukan di dua IUPHHK-HA di Kalimantan Tengah yaitu PT A dan PT B semuanya dilakukan secara semi mekanis menggunakan gergaji rantai merek STIHL 70. Hasil penelitian Soenarno (2017) menunjukkan harga gergaji mesin tersebut adalah Rp16.000.000,00 buah⁻¹ dengan umur pakai selama 5 tahun atau 10.000 jam. Lebih lanjut menurut pengalaman penebang setiap 4 bulan gergaji harus diganti rantainya dengan harga rantai Rp300.000,00 buah⁻¹. Penggantian bilah (*bar*) sebagai tempat rantai berputar setiap 1 tahun dengan harga Rp900.000,00 buah⁻¹.

4. □Gergaji rantai merek STIHL MS 250.

Kegiatan penebangan pohon yang dilakukan pada penelitian Jenaro, dkk. (2018) menggunakan gergaji rantai merek STIHL MS 250, mesin 2 tak, isi silinder sebanyak 45,44 cc, kekuatan mesin 2,3 kw (3,1 bhp), sistem pengapian elektronik, kapasitas tangki oli rantai sebesar

0,20 l, kapasitas tangki bahan bakar sebesar 0,47 l, bahan bakar adalah bensin campur oli (1 l oli : 50 l bensin), panjang bar 50 cm, kecepatan maksimum 14000 rpm, berat mesin tanpa bar dan rantai adalah 4,6 kg.

5. □ Gergaji rantai merek STIHL MS 381.

Biaya penggunaan gergaji rantai merek STIHL MS 381 adalah Rp33.437 jam⁻¹ yang meliputi biaya penyusutan, biaya pembelian bahan bakar, dan penggantian *sparepart* seperti rantai dan *sprocket* (Faqih, dkk., 2018).

Menurut Sinaga (2005), keuntungan penebangan dengan menggunakan gergaji rantai berukuran kecil antara lain:

1. □ Menghemat tenaga kerja dalam transportasi dan pengoperasiannya.
2. □ Memudahkan dalam membuat takik rebah dan takik balas.
3. □ Dapat menebang pohon serendah mungkin, karena gergaji rantai lebih ringan.
4. □ Biaya pemilikan lebih murah.
5. □ Biaya operasional relatif lebih murah untuk penebangan pohon dengan diameter kecil.
6. □ Gerakan berpindah tempat dari pohon ke pohon lebih cepat.
7. □ Biaya pemeliharaan lebih rendah.

Di samping itu ada beberapa kerugian jika menggunakan gergaji rantai yang berukuran kecil, antara lain:

1. □ Kurang efisien untuk menebang pohon yang berdiameter besar.
2. □ Mempunyai tenaga relatif lebih kecil.
3. □ Para penebang (operator) relatif belum berpengalaman menggunakan gergaji rantai yang berukuran kecil.

Penebangan sebaiknya dilakukan dengan mengikuti aturan/prosedur, antara lain yang berkaitan dengan penentuan arah rebah, pembuatan takik rebah dan takik balas. Pelaksanaan kegiatan pemanenan perlu memperhatikan teknik penebangan, (Suhartana dan Yuniawati, 2010). Menurut Sinaga (2005), kedalaman takik rebah

berkisar $1/3 - 1/4$ dari diameter pohon yang ditebang dengan sudut kemiringan 45^0 . Sementara takik balas dibuat dengan ketinggian $1/10$ dari diameter pohon di atas permukaan takik rebah.

Suhartana dan Yuniawati (2010) meneliti dua teknik penebangan di Propinsi Riau dan Jambi yaitu konvensional dan ramah lingkungan. Kegiatan penebangan sering menggunakan teknik penebangan konvensional (PK) yaitu penebangan diserahkan sepenuhnya kepada operator menurut kebiasaan di mana tidak dilakukan pohon per pohon. Teknik penebangan ramah lingkungan (RIL) meninggalkan tunggak serendah mungkin dari muka tanah dan memanfaatkan batang sampai batas diameter 5 cm. Hasil penelitian Suhartana dan Yuniawati (2010) menunjukkan bahwa penerapan teknik penebangan RIL di hutan tanaman rawa gambut dapat:

1. Meningkatkan produktivitas sebesar $0,328 \text{ m jam}^{-1}$ (Riau) dan $0,982 \text{ m jam}^{-1}$ (Jambi).
2. Menekan biaya produksi sebesar $\text{Rp}1.767,10 \text{ m}^{-1}$ (Jambi) dan $\text{Rp}518,6,00 \text{ m}^{-1}$ (Riau).
3. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan kayu sebesar 7,9% yang setara dengan $\text{Rp}25.438,00 \text{ juta tahun}^{-1}$ (Jambi) dan 5,6% yang setara dengan $\text{Rp}15.680,00 \text{ juta tahun}^{-1}$ (Riau).

Berdasarkan ketiga aspek ini, ternyata aplikasi RIL di Propinsi Jambi lebih baik daripada di Propinsi Riau.

Sementara itu hasil penelitian Dulsalam, dkk. (2018), teknik penebangan berdampak rendah pada sistem TPTII di PT Ikani di Propinsi Kalimantan Timur menemukan bahwa:

1. Menurunkan produktivitas.
2. Meningkatkan biaya. Biaya penebangan dengan teknik penebangan secara konvensional bervariasi antara $\text{Rp}1.712,00 - \text{Rp}2.023,00 \text{ m}^{-3}$ dengan rata-rata $\text{Rp}1.893,00 \text{ m}^{-3}$, lebih rendah dari teknik penebangan berdampak rendah yang berkisar antara $\text{Rp}1.884,00 - \text{Rp}2.412,00 \text{ m}^{-3}$ dengan rata-rata $\text{Rp}2.104,00 \text{ m}^{-3}$.

3. □ Meningkatkan efisiensi penebangan. Efisiensi penebangan pada teknik penebangan secara konvensional bervariasi antara 84,3%–88% dengan rata-rata 86,56% lebih rendah dari teknik penebangan berdampak rendah yang bervariasi antara 88,5%–90,12% dengan rata-rata 89,36%.
4. □ Meningkatkan keuntungan sebesar Rp321,57 juta tahun⁻¹.

Pada kegiatan penebangan pohon (Gambar 5.3) dapat ditemui masalah teknis dan non teknis. Masalah teknis (Sinaga, 2005) tersebut antara lain masih dijumpai adanya tunggak-tunggak pohon yang cukup tinggi sehingga terjadi pemborosan sumber daya hutan. Hal ini dapat terjadi karena ukuran gergaji rantai yang digunakan untuk menebang adalah yang ukurannya terlalu besar untuk penebangan pohon di hutan. Oleh sebab itu teknik penebangan dengan tunggak serendah mungkin perlu diimplementasikan. Masalah non teknis antara lain budaya kerja tenaga pemanenan dan kedisiplinan melaksanakan aturan kerja yang telah ditetapkan. Sistem pengupahan borongan mendorong para pekerja kurang peduli terhadap kualitas hasil kerja, misalnya pohon dengan diameter cukup tebang masih banyak ditinggalkan di hutan/tempat penebangan atau banyak pohon yang rusak akibat kurang tepatnya melaksanakan teknik pemotongan dalam pembagian batang pohon.



Gambar 5.3. Pemotongan batang pohon.

VI. SIFAT FISIKA DAN MEKANIKA BEBERAPA JENIS KAYU DI LAHAN TERBIARKAN

6.1. SIFAT FISIKA DAN MEKANIKA KAYU SECARA UMUM

Kayu sebagai produk biologis merupakan bahan yang bersifat heterogen sehingga bagian-bagian kayu yang berasal dari pohon yang sama memiliki kekuatan yang berbeda. Agar kayu dapat digunakan secara efisien dan memenuhi syarat, maka diperlukan nilai rata-rata berdasarkan pengujian secara laboratories. Pengujian laboratorium yang umumnya yang dilihat adalah sifat anatomi, kimia, fisika, dan mekanika kayu (Gambar 1). Jika kayu hendak dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi maka informasi dasar yang paling diperlukan adalah sifat fisika dan mekanika dari kayu tersebut.

Beberapa sifat fisika kayu yang umumnya diuji adalah nilai dari kadar air, kerapatan, dan kembang susut kayu (perubahan dimensi kayu yang disebabkan sifat higroskopis kayu). Kollman dan Cote (1968) mengemukakan bahwa kerapatan diketahui dari perbandingan antara berat kering tanur dengan volume kayu, sedangkan volume kayu yang digunakan dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu volume kering tanur, volume pada kadar air 12%, dan volume pada kadar air kayu segar.

Semakin tinggi kedudukan contoh uji pada batang pohon maka makin rendah kerapatannya dan hal tersebut berlaku pula untuk

kedudukan kayu ke arah empulur, semakin mendekati empulur maka kerapatannya akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan pada pohon yang sudah dewasa kekuatan kayu teras lebih kuat dibandingkan kayu gubal.

Berdasarkan nilai kerapatannya, kayu dikelompokkan menjadi empat golongan yaitu kayu yang memiliki kerapatan $>0,90 \text{ g cm}^{-3}$ merupakan kayu yang sangat berat, kayu yang mempunyai kerapatan $0,70\text{-}0,90 \text{ g cm}^{-3}$ merupakan kayu berat, kayu yang memiliki kerapatan antara $0,40\text{-}0,70 \text{ g cm}^{-3}$ merupakan kayu sedang, dan kayu yang mempunyai kerapatan $<0,40 \text{ g cm}^{-3}$ merupakan kayu ringan.



Gambar 6.1. Pemotongan papan.

Brown, dkk. (1952) menyebutkan bahwa kerapatan bervariasi menurut letak dalam pohon. Pada kayu daun jarum, kerapatan tertinggi terdapat pada bagian terluar dekat pangkal pohon dan berkurang dari arah kulit menuju empulur serta dari arah pangkal menuju ke arah pucuk pohon pada seluruh riap tumbuh. Pada kayu daun lebar kerapatan tertinggi terdapat pada pusat batang dekat pangkal pohon dan

berkurang dari arah empulur menuju ke arah radial pada sembarang tinggi pohon.

Selain nilai kerapatan, kadar air kayu juga mempunyai andil yang penting dalam mempengaruhi kekuatan dan kualitas kayu. Kayu sebagai material yang higroskopis sangat dipengaruhi oleh kelembapan lingkungan sekitarnya. Tinggi rendahnya kadar air kayu disesuaikan dengan peruntukannya untuk menjaga kestabilan dimensinya. Tujuannya adalah meminimalisir terjadinya cacat-cacat kayu sebelum dan sesudah pemakaian yang diakibatkan oleh efek dari pengembangan dan penyusutan serta serangan dari serangga perusak kayu, dan memudahkan proses *finishing* ataupun proses lanjutan yang akan dilakukan pada kayu seperti perlakuan pengawetan. Tabel 6.1 menyajikan batas kadar air kayu untuk beberapa peruntukan.

Tabel 6.1. Batas kadar air kayu untuk beberapa peruntukan.

Kadar air	Penggunaan/penempatan
20%	Kayu terhindar dari serangan jamur pewarna.
15%	Kayu untuk kegunaan umum.
<12%	Mebel kayu, lantai, dan barang-barang kayu dalam ruangan ber-AC atau berpemanas.
≤10%	Bahan kemasan dan peralatan musik.

Sumber: Departemen Pertanian Republik Indonesia (2020).

Sifat mekanika kayu adalah kekuatan ataupun ketahanan sebatang kayu terhadap perubahan bentuk akibat pengaruh beban dari luar. Kekuatan adalah kemampuan suatu benda untuk memikul beban atau gaya yang mengenainya. Ketahanan terhadap perubahan bentuk menentukan jumlah bahan yang dimampatkan, terpuntir atau terlengkungkan oleh suatu beban yang mengenainya (Haygreen dan Bowyer, 1996). Pengujian yang penting dari sifat mekanika kayu adalah keteguhan lengkung statis, sejajar atau tegak lurus serat, geser, kekerasan, dan pukul. Beberapa sifat mekanika kayu yang penting ditampilkan pada Tabel 6.2.

Pemanfaatan kayu untuk konstruksi selama ini umumnya menggunakan klasifikasi kekuatan kayu sebagaimana yang tercantum

pada Tabel 6.3. Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2013) juga mengembangkan klasifikasi kekuatan kayu berdasarkan tegangan ijin (*Allowable Stress Design/ASD*) yang menggunakan nilai kuat acuan berdasar pada besarnya *Load Resistance Factor Design/LRFD*, yang dinilai lebih realistis dan menghemat bahan. Tabel 6.4 menyajikan nilai desain dan modulus elastisitas lentur acuan (BSN, 2013).

6.2. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEKUATAN KAYU

Kekuatan kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor baik eksternal maupun internal antara lain:

1. Temperatur atau suhu

Pada umumnya kekuatan kayu berubah akibat pengaruh temperatur dengan perbandingan yang terbalik, artinya semakin tinggi suhu yang dikenakan pada kayu maka kekuatan kayu akan menurun. Hal ini akan berlaku secara valid jika perlakuan tersebut diberikan pada suhu tertentu dengan waktu yang singkat. Hubungan antara kekuatan kayu dan suhu di bawah titik jenuh serat berupa garis lurus atau konstan. Semakin tinggi suhu yang diberikan pada kayu dengan nilai kerapatan yang semakin tinggi maka kekuatan kayu akan semakin turun.

Pengaruh suhu ini semakin terlihat signifikan pada suhu yang ekstrim. Kayu yang membeku (misalnya karena pengaruh salju) dan basah lebih mudah dibelah daripada kayu yang bersuhu normal. Jika digergaji kayu tersebut sifatnya abnormal, tidak hanya karena es yang berada dalam kayu, tetapi karena peningkatan kekuatan dan elastisitas kayu. Suhu ekstrim juga dari uap dapat melengkungkan kayu dengan menggunakan prinsip bahwa kayu basah pada suhu yang tinggi mempunyai kekuatan dan elastisitas yang lebih rendah dibandingkan kayu yang bersuhu ruangan (kering udara).

Tabel 6.2. Sifat-sifat mekanika kayu yang penting.

Sifat-sifat mekanika kayu	Manfaat penting
1. Sifat kekuatan: a. Kekuatan lengkung (MoR) b. Kekuatan tekan sejajar serat c. Kekuatan tekan tegak lurus serat d. Kekuatan tarik sejajar serat e. Kekuatan geser sejajar serat f. Keuletan g. Kekerasan sisi	- Menentukan beban yang dapat dipikul suatu gelagar (blandar). - Menentukan beban yang dapat dipikul suatu tiang atau pancang yang pendek. - Penting dalam rancangan sambungan-sambungan antara suku-suku kayu dalam suatu bangunan dan penyangga. - Penting untuk busur penopang kayu dan dalam rancangan sambungan antara suku-suku bangunan. - Sering menentukan kapasitas beban yang dapat dipikul oleh gelagar pendek. - Ukuran banyaknya kerja yang dikeluarkan untuk memecahkan contoh uji kecil dengan pukulan. - Berhubungan dengan ketahanannya terhadap lekukan seperti untuk lantai.
2. Sifat elastik Modulus elastisitas	Ukuran ketahanan terhadap pembengkokan, yaitu berhubungan langsung dengan kekakuan gelagar, juga suatu faktor untuk kekuatan tiang yang panjang.

Tabel 6.3. Kelas kuat kayu dan sifat kekuatannya.

No.	Sifat kayu	Batas kelas kuat				
		I	II	III	IV	V
1	Berat jenis	> 0,90	0,60-0,90	0,40-0,60	0,30-0,40	< 0,30
2	Elastisitas (kg cm ⁻²)	>1500	1120	900	700	<700
3	Keteguhan patah (kg cm ⁻²)	>1100	725	500	300	<300
4	Keteguhan tekan sejajar serat (kg cm ⁻²)	>650	410	309	219	<219
5	Keteguhan geser tangensial (kg cm ⁻²)	>83	67	58	51	<51
6	Keteguhan geser radial (kg cm ⁻²)	>81	58	43	29	<29
7	Keteguhan belah tangensial (kg cm ⁻²)	>71	56	47	39	<39
8	Keteguhan belah radial (kg cm ⁻²)	>61	49	43	37	<37
9	Keteguhan pukul tangensial (kg cm ⁻²)	>38	26	19	12	<12
10	Keteguhan pukul radial (kg cm ⁻²)	>32	20	12	6	<6
11	Kekerasan ujung (kg cm ⁻²)	>656	449	285	162	<162
12	Kekerasan sisi (kg cm ⁻²)	>569	325	178	48	<48

Keterangan: konversi satuan 1 kg = 9,8 N.

Sumber: Anonim (1983), Den Berger (1921), Karnasudirdja, dkk. (1978).

Tabel 6.4. Nilai desain dan modulus elastisitas lentur acuan (BSN, 2013).

Kode Mutu	Nilai Desain Acuan (MPa)					Modulus Elastisitas Acuan (MPa)	
	F _b	F _t	F _c	F _v	F _c ·	E	E _{min}
E25	26,0	22,9	22,9	3,06	6,11	25000	12500
E24	24,4	21,5	21,5	2,87	5,74	24000	12000
E23	23,2	20,5	20,5	2,73	5,46	23000	11500
E22	22,0	19,4	19,4	2,59	5,19	22000	11000
E21	21,3	18,8	18,8	2,50	5,00	21000	10500
E20	19,7	17,4	17,4	2,31	4,63	20000	10000
E19	18,5	16,3	16,3	2,18	4,35	19000	9500
E18	17,3	15,3	15,3	2,04	4,07	18000	9000
E17	16,5	14,6	14,6	1,94	3,89	17000	8500
E16	15,0	13,2	13,2	1,76	3,52	16000	8000
E15	13,8	12,2	12,2	1,62	3,24	15000	7500
E14	12,6	11,1	11,1	1,48	2,96	14000	7000
E13	11,8	10,4	10,4	1,39	2,78	13000	6500
E12	10,6	9,4	9,4	1,25	2,50	12000	6000
E11	9,1	8,0	8,0	1,06	2,13	11000	5500
E10	7,9	6,9	6,9	0,93	1,85	10000	5000
E9	7,1	6,3	6,3	0,83	1,67	9000	4500
E8	5,5	4,9	4,9	0,65	1,30	8000	4000
E7	4,3	3,8	3,8	0,51	1,02	7000	3500
E6	3,1	2,8	2,8	0,37	0,74	6000	3000
E5	2,0	1,7	1,7	0,23	0,46	5000	2500

Keterangan:

E = Modulus elastisitas acuan;

F_c = Nilai desain acuan;

F_t = Nilai desain tarik sejajar serat acuan;

F_b = Nilai desain lentur acuan;

F_c · = Nilai desain tekan tegak lurus serat acuan;

F_v = Nilai desain geser acuan.

Kayu yang masih basah kemudian dipanasi dapat dengan mudah dilengkungkan. Jika kemudian kayu tersebut dikeringkan dan didinginkan maka bentuk lengkungannya akan tetap ada dengan sedikit penurunan kekuatan. Jika suhu kayu dinaikkan sampai titik bakarnya, maka permukaan kayu yang terbakar akan kehilangan hampir seluruh kekuatannya. Dalam hal ini, sisa kekuatan kayunya merupakan fungsi dari luas bagian yang tidak terbakar. Hal ini disebabkan konduksi panas dalam kayu sangat rendah dan bagian berarang dipermukaannya juga berfungsi sebagai isolasi, sehingga suhu bagian dalam kayu yang cukup tebal tidak naik begitu tinggi selama kayu terbakar. Selain itu karena kecepatan pengarang di permukaan kayu relatif rendah, maka bangunan kayu tidak banyak kehilangan kekuatannya selama kebakaran. Hal ini penting dalam aplikasi di kehidupan sehari-hari, sehingga dapat dijelaskan mengapa atap dan lantai yang terbuat dari kayu tidak mudah roboh pada saat kebakaran biasa dibandingkan dengan bangunan dari struktur baja yang tidak dilindungi atau dilapisi apapun.

2. Pengaruh suhu dan waktu

Kayu jika diberi perlakuan suhu kurang dari 65°C pada setiap kadar air, dengan waktu relatif pendek, kemudian dikembalikan pada suhu normal ruangan tidak akan kehilangan kekuatan atau sifat elastisnya. Hal ini juga berlaku untuk suhu di bawah titik beku. Sebaliknya, kayu yang dipanaskan pada suhu antara 65°C dan titik bakar kayu untuk waktu yang cukup lama kemudian diuji pada suhu ruangan, maka akan kehilangan sebagian kekuatan dan sifat elastisnya secara permanen. Perubahan sifat mekanika ini disebabkan oleh hidrolisa selulosa. Reaksi ini tergantung pada beberapa faktor antara lain:

- a. □ Suhu.
- b. □ Durasi waktu terkena suhu.
- c. □ Kadar air kayu.
- d. □ pH kayu yang dipanasi.

Faktor waktu dan suhu saling mempengaruhi satu sama lain dan menentukan banyaknya energi yang diberikan pada reaksi itu.

3. Sifat anisotropi kayu

Sifat anisotropi kayu adalah sifat fisik yang berlainan dalam berbagai arah struktur kayu. Dinding sel memiliki sifat anisotropi karena struktur dari unsur-unsur yang menyusun dinding sel. Selain anisotropi dinding sel, juga terdapat sel-sel serupa tabung yang menyusun kayu dan susunannya terhadap sumbu pohon menambah ketidakseragaman tersebut.

Bentuk sel dan letak selulosa dalam dinding sel menyebabkan keteguhan tarik dan tekan sejajar serat yang tinggi. Jika mendapat muatan dalam arah lateral, sel-sel itu mudah rusak atau patah. Karena itu kekuatan tekan, tarik, dan geser sangat berbeda dalam arah lateral



(radial dan tangensial) dibandingkan arah longitudinal/aksial kayu (Gambar 6.2). Hal inilah yang merupakan faktor penentu dalam penggunaan kayu. Misalnya perbandingan antara keteguhan tekan sejajar serat dan tegak lurus serat menunjukkan suatu variasi, nilai keteguhan tekan sejajar serat 4 – 12 kali lebih tinggi dari pada nilai keteguhan

Gambar 6.2. Pengukuran kayu. tekan tegak lurus serat.

4. Berat jenis

Secara umum hubungan antara berat jenis dan nilai keteguhan kayu adalah:

$$S = K(bj)^N$$

Keterangan:

S = nilai keteguhan kayu;

K = konstanta;

bj = berat jenis;

N = suatu pangkat yang menentukan bentuk kurva dari suatu persamaan.

Beberapa pengertian antara lain:

- a. Kekuatan tekanan sejajar serat berubah-ubah dan memiliki hubungan linear dengan bj. Artinya jika nilai berat jenis dinaikkan 2 kali lipat, maka kekuatan tekan akan bertambah 2 kali lipat besarnya.
- b. Sebaliknya untuk nilai modulus patah (MoR) dengan bj adalah berpangkat 1,25. Oleh karena itu jika bj meningkat 2 kali (pangkat 2) maka MoR akan naik 2,5 kalinya.
- c. Keteguhan tekan tegak lurus serat yang mempunyai bj dengan pangkat 2,25; nilai keteguhan tekannya akan bertambah besar 4,5 kali lipat.

5. Kadar air kayu

Pada umumnya kekuatan/keteguhan kayu di bawah titik jenuh serat berbanding terbalik dengan kadar air kayu. Di atas titik jenuh serat, perubahan kadar air tidak menyebabkan perubahan kekuatan. Kebalikan dari pernyataan di atas adalah untuk hubungan antara kadar air, keteguhan pukul, dan keuletan/kekerasan (*toughness*). Keteguhan tersebut merupakan kombinasi antara kekuatan lengkung dan elastisitas kayu. Elastisitas kayu meningkat secara langsung dengan meningkatnya kadar air sampai titik jenuh serat dan hal tersebut menentukan keuletan kayu.

6. Lamanya muatan kayu

Lamanya muatan mengenai sepotong kayu mempunyai pengaruh penting pada besarnya beban yang dapat dipikul oleh kayu tersebut. Keteguhan patah akan menurun sebanding dengan log lamanya waktu muatan mengenai kayu. Misalnya sepotong kayu yang dapat menahan muatan sebesar 8000 lbs dalam waktu 4 menit hingga patah akan

mampu memikul beban sebesar 9000 lbs untuk waktu 1 menit. Tetapi jika waktunya sampai 1 tahun maka kayu itu hanya dapat menanggung beban sebesar 2900 lbs. Hal ini berarti semakin lama waktu pembebanan atau pemberian muatan maka semakin menurun kemampuan untuk memikul beban.

Kemampuan kayu untuk menahan muatan yang berulang-ulang atau bersiklus pendek tanpa mengalami kerusakan disebut ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) yang tergantung pada lamanya waktu. Selulose yang berbentuk molekul rantai dalam kelompok-kelompok mikrofibril (bersifat *kristalin* dan *amorf*) sangat sesuai untuk menahan muatan. Berbeda dengan logam yang sifatnya kristalin sehingga mudah mengalami kelelahan, kayu jarang mengalami kerusakan karena kelelahan meskipun mengalami gaya yang besar.

Kekuatan lelah suatu bahan adalah kemampuannya untuk mempertahankan kekuatannya apabila dikenai beban berat yang berulang. Gelagar pada jembatan jalan rel adalah salah satu contoh penerapan pentingnya kekuatan lelah. Dalam hal ini gelagar secara berulang-ulang terkena beban setiap kali roda rel kereta lewat. Ini dapat terjadi berjuta-juta kali selama umur jembatan.

Menurut Forest Product Laboratory (2010), kayu bebas cacat berserat lurus yang mengalami 2 juta siklus lengkungan akan masih memiliki 60% kekuatan statiknya. Siklus tegangan seperti itu mungkin berpengaruh lebih berat apabila cacat-cacat mata kayu terdapat dalam produk tersebut. Hal ini benar khususnya apabila terdapat kemiringan serat. Kebanyakan tipe bahan terkena kelelahan apabila digunakan pada situasi pembebanan berulang. Jarang ditemui ciri kelelahan kayu merupakan suatu faktor yang penting dalam rancangan bangunan, karena kebanyakan suku kayu bangunan tidak sering terkena beban sampai tingkat yang diandaikan dalam rancangan bangunan tersebut. Gambar 6.3 menampilkan pembuatan sampel kayu dan Gambar 6.4 menunjukkan contoh sampel kayu.



Gambar 6.3. Pengujian kayu.

Sejumlah kehilangan kekuatan akan terjadi apabila penyimpanan lama disertai oleh pembebanan suku yang terus menerus. Sebagian besar sifat mekanika kayu terpengaruh oleh lama beban yang dikenakan. Makin lama beban disangga, makin rendah beban yang dapat disangga dengan aman.

apabila suatu kecil sehingga bahaya akhir, suku dapat terus atau berubah dengan sangat



Gambar 6.4. Sampel kayu.

Bahkan beban cukup tidak ada kerusakan tersebut melengkung bentuk berangsur-

angsur di bawah tegangan yang konstan tersebut. Contoh yang umum terjadi adalah melengkungnya rak secara berangsur-angsur karena beban berat buku-buku. Fenomena ini dikenal dengan sebagai rayapan (*creep*).

Rayapan paling umum nampak sebagai defleksi pada gelagar kayu setelah pembebanan bertahun-tahun. Kayu kering relatif menunjukkan rayapan yang sedikit apabila dibandingkan dengan bahan yang segar. Rayapan dapat menyusahkan pada gelagar kayu panjang seperti kusen di atas pintu-pintu yang besar atau pada kasau-kasau lantai yang panjang. Cara yang paling mudah untuk meminimumkan rayapan dalam kayu utuh ialah menghindari pembebanan berlebihan, menggunakan bahan yang kering benar, dan melindunginya dari perubahan kandungan air dengan pelapisan permukaan yang baik.

7. Pengaruh bahan kimia

Kekuatan kayu mungkin berkurang oleh pengaruh lingkungan asam atau basa yang berat. Tetapi kayu lebih tahan daripada baja pada lingkungan asam. Gedung-gedung penyimpanan pupuk kimia dan garam jalan raya sering dibangun dari kayu karena kemampuannya untuk bertahan terhadap korosi dan penghancuran apabila berhubungan langsung dengan bahan-bahan kimia.

8. Mata kayu

Mata kayu adalah cacat yang paling umum yang dapat mengurangi kekuatan kayu gergajian. Pengaruh suatu mata kayu dalam banyak hal, mungkin dianggap sama dengan pengaruh suatu lubang. Dalam hal-hal yang lain, mata kayu dapat mempunyai pengaruh yang lebih besar daripada suatu lubang yang dibor karena pemuntiran dalam arah serat yang menyertainya. Banyaknya pengurangan kekuatan suatu mata kayu tergantung tidak hanya pada ukuran mata kayu tetapi pada letaknya pada suatu potongan kayu. Suatu mata kayu pada pinggir atas atau bawah suatu gelagar jauh lebih berat daripada mata kayu yang sama yang terletak dekat garis tengah-tengah. Hal ini karena tegangan lengkungan maksimum terjadi pada pinggir atas dan bawah suatu gelagar. Mata kayu pada pinggir bawah suatu gelagar lebih berat daripada apabila terletak di pinggir atas, karena mata kayu mempunyai

pengaruh yang sangat besar pada kekuatan tarik daripada pengaruhnya pada kekuatan tekan.

9. Kebusukan (serangan cendawan/jamur)

Kayu busuk atau yang bagiannya mengalami kebusukan pada umumnya tidak diperkenankan pada kelas-kelas kayu gergajian yang digunakan untuk tujuan struktural. Penurunan nilai keteguhan pukul karena faktor kebusukan jauh lebih besar daripada kekuatan statik. Berbeda dengan jenis jamur pembusuk kayu, serangan jamur biru (*blue stain*) tidak menurunkan sifat fisika maupun mekanika kayu, karena makanan jamur biru hanya pada zat pengisi sel dan tidak mempunyai enzim yang dapat menghancurkan dinding sel. Namun karena noda warna biru yang ditinggalkan pada permukaan kayu, maka kayu yang diserang jamur biru dapat menurun kualitasnya. Karena itu jika papan gergajian yang sudah terkena jamur biru tetapi belum dimanfaatkan untuk konstruksi bangunan ataupun furniture, papan tersebut cukup diketam untuk menghilangkan jamur biru yang nampak di permukaan. Selanjutnya kayu tersebut dikeringkan sampai mencapai kadar air di bawah 20% atau diberi bahan pengawet agar tidak diserang jamur kembali.

10. Sudut serat

Kemiringan serat pada kayu gergajian dinyatakan dalam inchi yaitu suatu panjang dengan penyimpangan satu inchi dalam serat tersebut. Kemiringan serat ini dapat terjadi karena:

- a. Pemotongan pinggir kayu yang tidak tepat.
- b. Pemotongan kayu yang tidak sejajar kulit.
- c. Kayu gelondongan yang mempunyai serat terpuntir. Meskipun lingkaran tumbuh nampak sejajar pinggir potongan, kemiringan serat dapat menjadi cukup berat.

6.3. SIFAT FISIKA DAN MEKANIKA BEBERAPA JENIS KAYU PADA LAHAN TERBIARKAN

Lahan terbiarkan di Propinsi Kalimantan Timur adalah wilayah tropis basah yang menyimpan beragam tumbuhan pionir yang sangat potensial untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Sejarah penggunaan lahan setelah perladangan berpindah kemudian dibiarkan, ataupun lama tidak dikelola kembali karena beragam faktor, setelah beberapa tahun kemudian akan kembali ditumbuhi beragam jenis pohon yang seringkali tidak dilirik atau dibiarkan oleh pemilik lahan begitu saja karena dianggap kayu-kayu yang dihasilkan bukan termasuk jenis kayu komersil yang bernilai ekonomis tinggi. Padahal untuk meningkatkan nilai komersil dari kayu tersebut hanya dibutuhkan kreatifitas tinggi serta perlakuan lanjutan untuk meningkatkan kualitas kayu sehingga mampu bersaing dengan kayu komersil. Misalnya empat jenis kayu yang dipilih untuk mewakili potensi kayu dari lahan terbiarkan yaitu kayu dari pohon bayur (*Peterospermum javanicum*), *Ficus* sp., *Vatica* sp., dan Terap (*Artocarpus odoratissimus*). Ketiga jenis ini merupakan tumbuhan pionir yang cepat tumbuh. Kelebihan dari jenis yang cepat tumbuh adalah jika kayu ini dapat dimanfaatkan dengan baik maka keawatiran kekurangan bahan baku sebagai sumber daya suatu produk dapat dihindari.

Sifat-sifat fisika dan mekanika kayu bayur, ficus, terap, dan vatica yang disajikan pada Tabel 6.5 dan 6.6. Kerapatan kayu ficus termasuk kelas sangat ringan dan kelas kuat V sehingga cocok digunakan sebagai bahan kayu olahan, kerajinan tangan, dan bahan pembungkus. Kayu bayur, terap, dan vatica termasuk kayu dengan berat sedang dan termasuk kelas kuat III sehingga cocok untuk digunakan sebagai kayu olahan, rangka pintu dan jendela, mebel, dan dinding atau sebagai bahan konstruksi sedang yang umumnya dimanfaatkan untuk pemakaian kayu dalam ruangan (Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2020).

Tabel 6.5. Sifat fisika kayu bayur, ficus, vatica, dan terap.

No.	Sifat fisika kayu	Bayur	Ficus	Vatica	Terap
1	Kadar air (%) normal.	15,06	12,14	15,68	12,01
2	Kerapatan normal (g cm^{-3}).	0,49	0,24	0,59	0,43
3	Kerapatan kering tanur (g cm^{-3}).	0,45	0,22	0,55	0,40
4	Penyusutan volume maksimum (%).	11,01	9,55	10,05	10,23
5	Anisotropi penyusutan.	1,71	3,56	3,10	1,86
6	Pengembangan volume maksimum (%).	11,60	10,11	10,65	10,78
7	Anisotropi pengembangan.	1,76	3,75	3,27	1,92

Tabel 6.6. Sifat mekanika kayu bayur, ficus, vatica, dan terap.

No.	Sifat mekanika kayu	Bayur	Ficus	Vatica	Terap
1	Keteguhan geser tangensial (N mm^{-2}).	8,51	3,40	12,71	6,641
2	Keteguhan tekan sejajar serat (N mm^{-2}).	37,91	17,87	43,05	30,51
3	Keteguhan pukul (J mm^{-2}).	0,05	0,01	0,05	0,03
4	MoE (N mm^{-2}).	6.744,28	4.225,54	10.319,56	8532,24
5	MoR (N mm^{-2}).	78,67	31,25	91,57	51,36

Jika dilihat dari aspek pertumbuhan, maka jenis-jenis kayu tersebut cukup cepat tumbuh dengan kondisi deforestasi sekarang ini. Jenis-jenis pohon yang tumbuh pada lahan terbiarkan cukup potensial untuk dimanfaatkan secara lebih lanjut sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis jenis tersebut. Misalnya jenis ficus, mempunyai kerapatan yang rendah dan tidak cocok dijadikan untuk bahan konstruksi. Namun memiliki warna kayu yang terang dan setelah kering mempunyai berat yang sangat ringan serta kayunya mudah dikerjakan. Oleh karena itu kayu ini sangat potensial untuk dijadikan bahan kerajinan tangan dan bahan baku kertas dengan harga yang cenderung lebih murah dibandingkan kayu akasia maupun sengon yang sudah umum dibudidayakan di hutan oleh masyarakat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu adalah kadar air, kerapatan, anisotropi, kembang susut serta kemungkinan serangan jamur ataupun serangga perusak kayu. Berdasarkan faktor-faktor tersebut maka empat jenis kayu tersebut memerlukan perlakuan khusus seperti pengeringan dengan suhu yang tidak ekstrim, pengawetan baik

secara sederhana maupun dengan vakum tekan, serta pemotongan kayu secara tepat agar dihasilkan rendemen yang tinggi. Jika dilihat dari penanganan kayu yang cukup mudah saat digergaji atau dipotong, maka pengolahan kayu tersebut tidak memerlukan modal yang sangat besar sehingga mempunyai potensi untuk dijadikan produk dari *home industry* atau usaha dalam skala kecil. Selain itu dengan harga yang lebih murah dibandingkan harga kayu lain misalnya jenis meranti, akan membuka peluang margin keuntungan yang lebih besar jika mempunyai tingkat kreatifitas yang tinggi untuk dijadikan produk kerajinan (Gambar 6.5).



Gambar 6.5. Kerajinan kotak kayu souvenir dan box dari kayu terang (Sumber: kakayuan.com).

VII. BIAYA PEMANENAN DAN PENEBAANGAN

7.1. BIAYA PEMANENAN

Biaya adalah jumlah uang yang harus dibayarkan untuk penggunaan faktor-faktor produksi atau jasa dan merupakan komponen dalam menjalankan usaha (Elias, 1987 seperti yang dikutip oleh Warsein, 2015). Analisis biaya bermanfaat untuk mengefisienkan biaya produksi, memaksimalkan produk yang dihasilkan dengan biaya yang diminimalkan, menentukan laba, menilai/mengevaluasi kinerja manajemen, dan membandingkan perolehan sekarang dengan yang sebelumnya (Helmi, dkk.; 2020). Soenarno (2017) menegaskan biaya merupakan unsur yang sangat penting untuk diperhitungkan secara cermat karena menyangkut penetapan kebijakan dan keuntungan. Selain itu perhitungan biaya juga dapat dijadikan sebagai tolak ukur penilaian efisiensi kerja.

Biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan pemanenan berbeda-beda pada lokasi yang berbeda. Penelitian Fermana (2019) pada HTI PT Perawang Sukses Perkasa Industri di Distrik Petapahan, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau menghitung biaya pemanenan. Biaya terendah dikeluarkan pada kegiatan penebangan dan pembagian batang yaitu sebesar Rp27.235,00 jam⁻¹. Hal ini dikarenakan alat yang digunakan hanya 1 jenis yaitu gergaji rantai merek STIHL. Kemudian biaya terbesar

pada kegiatan pemanenan dikeluarkan untuk kegiatan penyaradan dengan biaya sebesar Rp204.091,00 jam⁻¹.

Biaya yang dikeluarkan PT Bina Silva Nusa di Kecamatan Batu Ampar, Kabupaten Kubu Raya dalam kegiatan pemanenan kayu sebesar Rp138.774,00 m⁻³ yang meliputi biaya penebangan (Rp12.000,00 m⁻³), penyaradan (Rp85.000,00 m⁻³), bongkar muat (Rp17.500,00 m⁻³), pengangkutan (Rp15.874,00 m⁻³) dan biaya pajak atau Provisi Sumberdaya Hutan (PSDH) (Rp8.400,00 m⁻³) (Faqih, dkk., 2018). Sementara itu hasil penelitian Jenaro, dkk. (2018) menunjukkan bahwa total biaya penebangan, penyaradan, dan pembersihan tunggak adalah sebesar Rp302.409,00 m⁻³ dengan rata-rata biaya penebangan sebesar Rp92.407,00 m⁻³, biaya penyaradan Rp130.000,00 m⁻³, dan biaya pembersihan tunggak Rp80.002,00 m⁻³.

Menurut FAO (1974) seperti dikutip Soenarno (2017), faktor-faktor yang mempengaruhi produksi dan biaya pemanenan adalah:

1. □ Iklim. Iklim mempengaruhi hasil dan biaya tapi tidak dapat diubah atau dimanipulasi.
2. □ Kondisi sosial ekonomi.
3. □ Kondisi hutan. Kondisi hutan terdiri dari pohon, tegakan, topografi, tanah, dan kelerengan.
4. □ Metode. Metode meliputi metode kerja dan peralatan yang digunakan.

7.2. BIAYA PENEANGAN DI LAHAN TERBIARKAN

Data pada Tabel 7.1 menunjukkan biaya penebangan pohon yang dikeluarkan pada penebangan di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah dan kebun tradisonal. Kegiatan penebangan pohon di lahan terbiarkan mengeluarkan biaya untuk membayar upah penebang, membeli/menyewa mesin dan peralatan, pengeluaran operasional, dan biaya lainnya. Biaya penebangan pohon ditetapkan Dahalan (2011)

Tabel 7.1. Biaya penebangan pada lahan terbiarkan.

No.	Spesies	Setelah perladangan berpindah (Rp ha ⁻¹)	Spesies	Setelah kebun tradisonal (Rp ha ⁻¹)
1	<i>Archidendron pauciflorum</i>	132.329,30	<i>Archidendron pauciflorum</i>	65.592,70
2	<i>Artocarpus odoratissimus</i>	247.086,84	<i>Artocarpus odoratissimus</i>	504.897,56
3	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	17.228,36	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	110.724,85
4	<i>Macaranga gigantea</i>	21.388,82	<i>Macaranga gigantea</i>	492.659,31
5	<i>Trema orientalis</i>	1.056.429,74	<i>Trema orientalis</i>	314.752,16
6	<i>Vernonia arborea</i>	15.388,56	<i>Vernonia arborea</i>	618.550,50
7	<i>Baccaurea</i> sp.	10.912,66	<i>Alstonia scholaris</i>	35.108,67
8	<i>Bridelia</i> sp.	3.618.285,37	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	406.142,22
9	<i>Cananga odorata</i>	408.594,85	<i>Artocarpus elasticus</i>	295.166,45
10	<i>Dillenia borneensis</i>	128.860,89	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	93.132,80
11	<i>Diospyros</i> sp.	154.747,71	<i>Artocarpus lakoocha</i>	850.138,40
12	<i>Duabanga moluccana</i>	429.338,91	<i>Artocarpus tamaran</i>	1.097.145,87
13	<i>Ficus</i> sp.	3.787.746,06	<i>Artocarpus integer</i>	1.227.106,13
14	<i>Fordia splendidissima</i>	36.105,56	<i>Baccaurea parvifolia</i>	309.760,18
15	<i>Glochidion</i> sp.	795.277,58	<i>Couropita guianensis</i>	149.981,25
16	<i>Homalanthus</i> sp.	117.612,92	<i>Cratoxylum arborescens</i>	180.230,96
17	<i>Macaranga tanarius</i>	678.995,47	<i>Durio zibethinus</i>	342.263,44
18	<i>Nauclea</i> sp.	163.913,20	<i>Ficus uncinata</i>	67.639,78
19	<i>Nephelium</i> sp.	542.794,48	<i>Homalanthus populneus</i>	450.250,27
20	<i>Pterospermum javanicum</i>	3.534.382,35	<i>Macaranga triloba</i>	64.638,24
21	<i>Pternandra</i> sp.	47.328,56	<i>Macaranga tanarius</i>	343.361,88
22	<i>Pometia pinnata</i>	414.192,08	<i>Mangifera indica</i>	901.054,05
23	<i>Syzygium</i> sp.	15.327,17	<i>Mangifera odorata</i>	21.768,34

No.	Spesies	Setelah perladangan berpindah (Rp ha ⁻¹)	Spesies	Setelah kebun tradisonal (Rp ha ⁻¹)
24	<i>Unknown species 1</i>	157.864,70	<i>Mallotus paniculatus</i>	84.521,73
25	<i>Unknown species 2</i>	24.553,49	<i>Nephelium lappaceum</i>	454.500,10
26	<i>Unknown species 3</i>	9.848,68	<i>Oroxylum indicum</i>	173.145,65
27			<i>Symplocos fasciculate</i>	285.641,45
28			<i>Unknown species 1</i>	806.297,82
29			<i>Unknown species 2</i>	346.291,30
Total		16.566.534,31		11.092.464,05
Rata-rata		637.174,40		382.498,76

Sumber: Karmini, dkk. (2020a; 2020b).

sebesar RM120,00 m⁻³. Biaya penebangan pohon spesies *Eusideroxylon zwageri* (ulin) di lahan terbiarkan adalah Rp1.500.000,00 m⁻³. Sementara biaya penebangan pohon untuk spesies lain sebesar Rp1.000.000,00 m⁻³. Biaya tersebut sudah termasuk upah operator mesin gergaji rantai, biaya pembelian bahan bakar, dan biaya penyusutan alat.

Total dan rata-rata biaya penebangan pohon di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah berturut-turut adalah Rp16.566.534,31 ha⁻¹ dan Rp637.174,40 ha⁻¹. Biaya penebangan yang terendah dikeluarkan untuk penebangan pohon dari famili *Anacardiaceae* (Rp9.848,68 ha⁻¹). Biaya penebangan yang tertinggi (Rp3.787.746,06 ha⁻¹) dikeluarkan untuk penebangan 21 pohon dari famili *Moraceae* spesies *Ficus* sp.

Biaya penebangan pohon jenis *Eusideroxylon zwageri* spesies adalah paling tinggi dibandingkan biaya penebangan pohon jenis lain pada lahan terbiarkan setelah kebun tradisional. Akan tetapi, biaya penebangan per hektar ditentukan oleh volume kayu log, oleh karena itu terdapat perbedaan biaya penebangan per hektar antara semua spesies pohon. Total biaya penebangan di lahan terbiarkan setelah kebun tradisional (Rp11.092.464,05 ha⁻¹) lebih rendah dibandingkan biaya penebangan di lahan terbiarkan pada lokasi lain (Rp17.868.417,60 ha⁻¹) (Karmini, dkk., 2020). Hal ini sesuai karena total volume kayu log di lahan terbiarkan pada lokasi tersebut adalah 76 m³ ha⁻¹ di mana lebih rendah dibandingkan pada lokasi lain yang mencapai 91.97 m³ ha⁻¹.

7.3. UNSUR-UNSUR BIAYA PENEANGAN

Informasi tentang biaya penebangan di beberapa lokasi dapat dilihat pada Tabel 7.2. Biaya penebangan sistem swakelola yang dilakukan di IUPHHK-HA PT A dan PT B masing-masing adalah Rp4.051,11 m⁻³ dan Rp6.800,11 m⁻³. Biaya penebangan sistem swakelola tersebut lebih rendah dibandingkan dengan sistem borongan yang

berkisar antara Rp6.000,00 m⁻³ - Rp7.000,00 m⁻³ (Soenarno, 2017). Biaya penebangan di IUPHHK-HA PT Wijaya Sentosa, Papua Barat adalah Rp14.500,00 m⁻³ (Helmi, dkk., 2020). Sementara itu biaya penebangan di HTI PT Inhutani II di Palau Laut berkisar antara Rp814,00 m⁻³ – Rp18.866,00 m⁻³ dengan rata-rata Rp4.411,00 m⁻³ (Sinaga, 2005).

Biaya yang dikeluarkan PT Bina Silva Nusa, Kecamatan Batu Ampar, Kabupaten Kubu Raya dalam kegiatan penebangan meliputi biaya tetap sebesar Rp6.500,00 jam⁻¹ dan biaya variabel sebesar Rp26.937,00 jam⁻¹ (Faqih, dkk., 2018). Biaya penebangan di HTI Jambi Rp56.628,9 jam⁻¹ dan HTI Riau Rp59.052,7 jam⁻¹. Biaya tersebut meliputi biaya penyusutan, asuransi, bunga, pajak, bahan bakar, oli/pelumas, perbaikan/pemeliharaan, dan upah (Suhartana dan Yuniawati, 2010). Biaya penebangan di Hutan Tanaman Industri PT Inhutani II di Palau Laut (Sinaga, 2005) berkisar antara Rp814,00 m⁻³ - Rp18.866,00 m⁻³ dengan rata-rata Rp4.411,00 m⁻³ atau Rp9.481,00 jam⁻¹ dengan unsur-unsur biaya adalah biaya penyusutan (Rp405,00 jam⁻¹), biaya pemeliharaan (Rp405,00 jam⁻¹), pajak, asuransi, dan bunga (Rp243,00 jam⁻¹), biaya pembelian bahan bakar (Rp2.000,00 jam⁻¹), serta upah operator dan pembantu operator (Rp6.428,00 jam⁻¹).

Dalam perhitungan biaya penebangan sistem swakelola di dua IUPHHK-HA di Kalimantan Tengah yaitu PT A dan PT B, operator bergaji rantai dan *helper* diasumsikan sebagai tenaga kerja tetap dengan gaji masing-masing sebesar Rp4.000.000,00 bulan⁻¹ atau Rp18.750,00 jam⁻¹ dan Rp3.000.000,00 bulan⁻¹ atau Rp12.500,00 jam⁻¹ dengan biaya konsumsi adalah Rp31.250,00 orang⁻¹ hari⁻¹ (Soenarno, 2017). Hasil wawancara yang dilakukan Basari (2004) dengan beberapa orang operator mesin bergaji rantai dan traktor memberikan keterangan bahwa upah kerja menebang pohon adalah Rp7.000,00 m⁻³ di HPH PT TRI di Cabang Dinas Kehutanan Barito Hulu Puruk Cahu, Dinas Kehutanan Kabupaten Tk II Barito Hulu Tb Lahung, Dinas Kehutanan Propinsi

Tabel 7.2. Biaya penebangan pohon pada beberapa lokasi penelitian.

Peneliti (tahun)	Biaya penebangan	Lokasi penelitian
Basari (2004)	Rp7.000,00 m ⁻³	HPH PT TRI di Cabang Dinas Kehutanan Barito Hulu Puruk Cahu, Dinas Kehutanan Kabupaten Tk II Barito Hulu Tb Lahung, Dinas Kehutanan Propinsi Kalimantan Tengah
Sinaga (2005)	Total Rp814,00 m ⁻³ – Rp18.866,00 m ⁻³ Rata-rata Rp4.411,00 m ⁻³	Hutan Tanaman Industri (HTI) PT Inhutani II di Palau Laut
Suhartana dan Yuniawati (2010)	Rp59.052,70 jam ⁻¹ di HTI Riau Rp56.628,90 jam ⁻¹ di HTI Jambi	HPHTI PT Arara Abadi, Petak Tebang 280 di Distrik Berbari, Kabupaten Siak, Propinsi Riau HPHTI PT Wirakarya Sakti di Distrik VI, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Propinsi Jambi
Soenarno (2017)	Sistem swakelola Rp4.051,11 m ⁻³ di PT A Rp6.800,11 m ⁻³ di PT B Sistem borongan Rp6.000,00 m ⁻³ -Rp7.000,00 m ⁻³	IUPHHK-HA PT A dan PT B di Propinsi Kalimantan Tengah
Dulsalam, dkk. (2018)	Teknik penebangan secara konvensional Total Rp1.712,00 m ⁻³ – Rp2.023,00 m ⁻³ Rata-rata Rp1.893 m ⁻³ Teknik penebangan berdampak rendah Total Rp1.884,00 m ⁻³ – Rp2.412,00 m ⁻³ Rata-rata Rp2.104,00 m ⁻³	PT Ikani di Propinsi Kalimantan Timur

Peneliti (tahun)	Biaya penebangan	Lokasi penelitian
Faqih, dkk. (2018)	Rp12.000,00 m ⁻³	PT Bina Silva Nusa di Kecamatan Batu Ampar, Kabupaten Kubu Raya
Jenaro, dkk. (2018)	Rp92.407,00 m ⁻³	Kebun Percobaan Universitas Nusa Bangsa
Fermana, dkk. (2019)	Rp27.235,00 jam ⁻¹	HTI PT Perawang Sukses Perkasa Industri di Distrik Petapahan, Kabupaten Kampar, Propinsi Riau
Helmi, dkk. (2020)	Rp14.500,00 m ⁻³	IUPHHK-HA PT Wijaya Sentosa di Papua Barat
Karmini, dkk. (2020a)	Total 26 spesies Rp16.566.534,31 ha ⁻¹ Rata-rata per spesies Rp637.174,40 ha ⁻¹	Lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah di Desa Salo Cella, Kecamatan Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur
Karmini, dkk. (2020b)	Total 29 spesies Rp11.092.464,05 ha ⁻¹ Rata-rata per spesies Rp382.498,76 ha ⁻¹	Lahan terbiarkan setelah kebun tradisional di Bukit Pinang, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Propinsi Kalimantan Timur

Kalimantan Tengah. Pada penelitian Jenaro, dkk. (2018), biaya upah operator bergaji rantai dan *helper* disepakati sebesar Rp907.228,93 m⁻³ meliputi biaya tetap (biaya penyusutan, bunga modal, asuransi, dan pajak) dan biaya variabel (biaya pemeliharaan, perbaikan, bahan bakar, pelumas, dan kelengkapan peralatan penebangan). Upah tersebut diberikan untuk pekerjaan penebangan, penyaradan kayu dari tempat penebangan ke pinggir jalan angkutan (TPn), dan proses penyabutan tunggak sisa tebangan.

7.4. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI BIAYA PENEANGAN

Besaran biaya penebangan pada beberapa lokasi penebangan dapat berbeda. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya biaya penebangan antara lain adalah:

1. □ Topografi

Kondisi topografi lapangan mempengaruhi produktivitas dan biaya penebangan (Soenarno, 2017). Medan kerja yang relatif lebih berat akan mempersulit gerak penebang. Pada lahan terbiarkan, selain ditemui lahan yang memiliki kelerengan yang berbeda-beda, juga ditemukan banyak tumbuh semak belukar dan tumbuhan merambat lain. Hal ini menyebabkan waktu yang diperlukan oleh penebang relatif lebih lama untuk mencapai pohon dan lokasi penebangan di lahan terbiarkan (Gambar 7.1).

2. □ Dominasi dan jenis pohon

Dominasi kelompok jenis pohon yang ditebang merupakan suatu faktor yang dapat mempengaruhi dan dapat memprediksi biaya penebangan (Germain, dkk., 2019; Soenarno, 2017). Semakin tinggi jumlah pohon-pohon bernilai ekonomi tinggi pada suatu areal penebangan maka semakin mudah penebang menemukan pohon yang akan ditebang. Hal tersebut akan mendorong peningkatan produktivitas

penebang. Pada lahan terbiarkan, peningkatan produktivitas akan selaras dengan peningkatan biaya penebangan dan peningkatan balas jasa atau upah yang diterima oleh penebang.



Gambar 7.1. Lokasi penebangan di lahan terbiarkan.

Hasil penelitian Soenarno (2017) menunjukkan pohon yang ditebang di PT A umumnya memiliki jenis kayu kelompok terapung yang umumnya lebih lunak sedangkan di PT B didominasi jenis kayu tenggelam yang umumnya memiliki kayu lebih keras. Pada umumnya waktu penebangan kayu jenis terapung lebih singkat dibandingkan jenis kayu tenggelam.

3. □ Kerapatan

Menurut Soenarno (2017), kerapatan pohon yang dapat ditebang akan berpengaruh terhadap efektivitas dan efisiensi waktu penebangan.

Semakin rapat pohon berarti semakin banyak jumlah pohon yang dapat ditebang. Hal ini menyebabkan waktu yang diperlukan penebang untuk menuju ke pohon yang ditebang menjadi lebih singkat karena jarak pohon yang satu terhadap yang lain lebih dekat dan sebaliknya.

4. □ Diameter pohon

Pohon-pohon yang tumbuh di lahan terbiarkan memiliki diameter yang sangat beragam tetapi umumnya berdiameter kecil. Berbeda halnya dengan di HTI yang memiliki pohon-pohon dengan diameter relatif seragam. Penebang harus menebang banyak pohon di lahan terbiarkan jika ingin memperoleh upah yang besar. Hal ini disebabkan karena upah penebang ditentukan jumlah hasil tebangan yang dihitung dalam m^3 . Penebang relatif lebih mudah menemukan pohon dengan diameter yang besar di hutan. Kegiatan menebang sedikit pohon di hutan akan menghasilkan produktivitas yang mungkin lebih tinggi, jika dibandingkan dengan menebang banyak pohon di lahan terbiarkan.

5. □ Volume kayu log

Jumlah pohon yang ditebang tidak menentukan biaya penebangan pohon di lahan terbiarkan. Biaya penebangan pohon di lahan terbiarkan ditentukan oleh perkiraan volume kayu log yang dihasilkan dari proses penebangan. Semakin tinggi perkiraan volume kayu log dari pohon yang ditebang maka semakin besar biaya penebangan. Pohon dengan diameter yang besar memiliki volume kayu log yang besar dan sebaliknya. Namun, pohon dengan diameter yang kecil memerlukan waktu penebangan yang lebih singkat dibandingkan waktu penebangan pohon dengan diameter yang besar. Hal ini selaras dengan Germain, dkk. (2019) yang menjelaskan bahwa faktor yang secara nyata mempengaruhi dan dapat memprediksi biaya penebangan adalah volume per luasan wilayah yang dipanen.

6. □ Produktivitas penebangan

Biaya penebangan dapat berbeda pada lokasi yang berbeda disebabkan adanya variasi produktivitas penebangan. Sinaga (2005)

merekomendasikan bahwa untuk menekan biaya penebangan maka produktivitas penebangan harus ditingkatkan dengan cara antara lain mengurangi waktu kerja persiapan, tebang pohon, dan pembagian batang.

7. □Pengalaman penebang

Menurut Germain, dkk. (2019), pengalaman penebang dapat mempengaruhi dan dapat memprediksi biaya penebangan. Peningkatan volume panen per hektar dan pengalaman penebang menyebabkan biaya penebangan menurun.

8. □Sistem kerja dan sistem pengupahan

Biaya penebangan dapat berbeda berdasarkan sistem kerja dan sistem pengupahan yang diterapkan pada lokasi penebangan. Hasil penelitian Soenarno (2017) menunjukkan bahwa biaya penebangan sistem swakelola yang dilakukan di IUPHHK-HA PT A dan PT B masing-masing adalah Rp4.051,11 m⁻³ dan Rp6.800,11 m⁻³. Biaya penebangan sistem swakelola tersebut lebih murah jika dibandingkan dengan sistem borongan yang berkisar antara Rp6.000,00 m⁻³ - Rp7.000,00 m⁻³. Berdasarkan hal itu, peneliti tersebut menyarankan pihak manajemen IUPHHK-HA sebaiknya menerapkan sistem penebangan secara swakelola untuk mengefisienkan biaya.

9. □Kompetensi manajemen

Menurut Soenarno (2017), produktivitas dan biaya penebangan dipengaruhi oleh kompetensi manajemen. Salah satu parameter kompetensi perusahaan adalah sertifikat tentang Pengelolaan Hutan Produksi Lestari (PHPL). Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kompetensi PT A lebih baik dibandingkan dengan PT B karena PT A telah memiliki sertifikat PHPL secara *mandatory* dan *voluntary* sedangkan PT B hanya memiliki sertifikat PHPL secara *mandatory*.

10. □Faktor-faktor lainnya.

Terdapat faktor-faktor lain yang diduga dapat mempengaruhi biaya penebangan namun belum terjabarkan dalam buku ini.

VIII. NILAI EKONOMI LAHAN TERBIARKAN

8.1. HARGA KAYU LOG DAN HARGA KAYU DARI LAHAN TERBIARKAN

Penaksiran harga kayu log/kayu gelondongan/kayu bundar log dari lahan terbiarkan dilakukan melalui beberapa tahapan. Pengukuran diameter pohon dilakukan sebelum pohon ditebang. Setelah pohon ditebang, batangnya akan diukur (Gambar 8.1), kemudian batang pohon dipotong-potong sehingga diperoleh kayu log. Jumlah log yang diperoleh berbeda-beda antara pohon yang satu dengan yang lainnya sesuai dengan diameter pohon dan panjang batang pohon. Semakin besar diameter pohon dan semakin panjang batang pohon maka semakin banyak log yang dihasilkan. Data pada Tabel 8.1 menunjukkan jumlah log yang dapat diperoleh dari pohon dengan diameter hingga lebih dari 75 cm. Berdasarkan kelas diameter dan jumlah log maka dapat diketahui tinggi batang pohon yang dapat diperdagangkan.

Faktor reduksi harga kayu log ditentukan sesuai dengan kelas ukuran *Diameter at Breast Height* (DBH) dan datanya dapat dilihat pada Tabel 8.2. Tingginya jumlah pohon dengan kelas ukuran DBH < 15 cm pada lahan terbiarkan melatarbelakangi Karmini, dkk. (2020b) menetapkan asumsi bahwa faktor reduksi harga kayu log dengan kelas ukuran DBH < 15 cm sebesar 0,60.



Gambar 8.1. Pengukuran batang pohon.

Tabel 8.1. Tinggi batang pohon yang dapat diperdagangkan.

Kelas diameter (cm)	Jumlah log (panjang 5 m)	Tinggi batang pohon yang dapat diperdagangkan (m)
< 15	0,5	2,5*
15 – 30	1	5
+30 – 60	2	10
+60 – 75	3	15
> 75	4	20

Sumber: Forestry Department of Pinansular Malaysia (FDPM) (1997) dalam Dahalan (2011); *Karmini, dkk. (2020b).

Tabel 8.2. Faktor reduksi harga kayu log.

Kelas ukuran DBH (cm)	Faktor reduksi
< 15	0,60*
15 – 29	0,45
30 – 44	0,30
45 – 49	0,15
50 – 54	0,025
≥ 55	0,00

Sumber: Hanum, dkk. (2001) dan Noor, dkk. (1992) dalam Dahalan (2011); *Karmini, dkk. (2020b).

Industri penggergajian kayu lebih dikenal masyarakat dengan kata *sawmill* (Syah dkk., 2018). *Sawmill* merupakan suatu unit usaha yang menggunakan bahan baku kayu, dengan alat utamanya, yaitu: gergaji, mesin penggerak, dan dilengkapi dengan berbagai alat atau mesin pembantu (Nuryanti, 2017). Kegiatan penggergajian dan pengolahan kayu dilakukan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat, baik

untuk pemilik *sawmill*, petani kayu, perusahaan kerajinan kayu, bahkan masyarakat mendapatkan lapangan pekerjaan (Radam, 2016). Harga kayu log di tempat penggajian (*sawmill/mill gate*) berbeda-beda untuk setiap spesies pohon baik di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah maupun setelah kebun tradisional.

Tumbuh sekitar 525 pohon dan rata-rata terdapat 20 pohon ha⁻¹ untuk setiap spesies pada luasan 1 ha lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah. Rata-rata harga kayu log pada lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah sebesar Rp768.461,54 m⁻³. Data pada Tabel 8.3 dan Gambar 8.2 menunjukkan bahwa harga kayu log yang tertinggi diberikan kepada tiga spesies pohon yaitu spesies *Eusideroxylon zwageri* famili *Lauraceae* (Rp7.200.000,00 m⁻³), spesies *Diospyros* sp. family *Ebenaceae* (Rp3.600.000,00 m⁻³), dan spesies *Pometia zwageri* famili *Sapindaceae* (Rp1.710.000,00 m⁻³), dan spesies *Artocarpus odoratissimus* famili *Moraceae* (Rp945.000,00 m⁻³). Sementara itu 22 spesies pohon yang lain memiliki harga kayu log sebesar sama dengan dan di bawah Rp900.000,00 m⁻³.



Gambar 8.2. Kayu log.

Hanya sedikit jenis pohon yang dapat memiliki kayu log dengan harga tinggi. Pada lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah, pohon yang termasuk dalam spesies *Eusideroxylon zwageri* famili

Tabel 8.3. Harga kayu log dari lahan terbiarkan.

No.	Spesies	Setelah perladangan berpindah (Rp m ⁻³)	Spesies	Setelah kebun tradisional (Rp m ⁻³)
1	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	7.200.000,00	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	9.600.000,00
2	<i>Diospyros</i> sp.	3.600.000,00	<i>Alstonia scholaris</i>	7.200.000,00
3	<i>Pometia pinnata</i>	1.710.000,00	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	6.600.000,00
4	<i>Artocarpus odoratissimus</i>	945.000,00	<i>Oroxylum indicum</i>	6.300.000,00
5	<i>Archidendron pauciflorum</i>	900.000,00	<i>Durio zibethinus</i>	2.231.250,00
6	<i>Nephelium</i> sp.	810.000,00	<i>Cratoxylum arborescens</i>	1.925.000,00
7	<i>Pternandra</i> sp.	607.500,00	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	1.800.000,00
8	<i>Dillenia borneensis</i>	225.000,00	<i>Artocarpus elasticus</i>	1.102.500,00
9	<i>Macaranga tanarius</i>	225.000,00	<i>Artocarpus lakoocha</i>	945.000,00
10	<i>Trema orientalis</i>	225.000,00	<i>Archidendron pauciflorum</i>	1.170.000,00
11	<i>Syzygium</i> sp.	225.000,00	<i>Nephelium lappaceum</i>	945.000,00
12	<i>Homalanthus</i> sp.	225.000,00	<i>Baccaurea parvifolia</i>	810.000,00
13	<i>Nauclea</i> sp.	225.000,00	<i>Mangifera odorata</i>	450.000,00
14	<i>Glochidion</i> sp.	225.000,00	<i>Macaranga triloba</i>	447.656,25
15	<i>Fordia splendidissima</i>	225.000,00	<i>Ficus uncinata</i>	442.968,75
16	<i>Vernonia arborea</i>	225.000,00	<i>Mallotus paniculatus</i>	435.000,00
17	<i>Macaranga gigantean</i>	225.000,00	<i>Homalanthus populneus</i>	417.857,14
18	<i>Cananga odorata</i>	225.000,00	<i>Symplocos fasciculate</i>	405.000,00
19	<i>Duabanga moluccana</i>	225.000,00	<i>Couropita guianensis</i>	393.750,00
20	<i>Baccaurea</i> sp.	225.000,00	<i>Trema orientalis</i>	393.750,00
21	Sp 1	225.000,00	<i>Macaranga gigantean</i>	393.750,00
22	Sp 2	225.000,00	<i>Macaranga tanarius</i>	380.769,23
23	Sp 3	225.000,00	<i>Artocarpus odoratissimus</i>	360.000,00
24	<i>Bridelia</i> sp.	221.250,00	<i>Artocarpus tamaran</i>	337.500,00
25	<i>Pterospermum javanicum</i>	206.250,00	<i>Artocarpus integer</i>	337.500,00
26	<i>Ficus</i> sp.	180.000,00	<i>Vernonia arborea</i>	337.500,00
27			<i>Glochidion obscurum</i>	337.500,00
28			<i>Mangifera</i> sp.	337.500,00
29			<i>Mangifera indica</i>	309.375,00
Total		19.980.000,00		47.146.126,37
Rataan		768.461,54		1.625.728,50

Sumber: Karmini, dkk. (2020a; 2020b).

Lauraceae hanya berjumlah 13 pohon ha⁻¹ dan hanya ditemui 17 pohon ha⁻¹ dengan spesies *Diospyros* sp. famili *Ebenaceae*. Sementara itu jumlah pohon dengan spesies *Pometia pinnata* famili *Sapindaceae* dan spesies *Artocarpus odoratissimus* famili *Moraceae* berturut-turut masing-masing adalah 8 pohon ha⁻¹ dan 4 pohon ha⁻¹. Hal tersebut tidak berlaku bagi beberapa jenis spesies pohon yang lain. Seperti spesies *Macaranga tanarius* famili *Euphorbiaceae* paling banyak ditemui di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah, dengan jumlah 158 pohon ha⁻¹, namun hanya memiliki harga kayu log sekitar Rp225.000,00 m⁻³. Beberapa famili dan spesies yang hanya tumbuh 4 pohon ha⁻¹ di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah, juga memiliki harga kayu log yang rendah.

Lahan terbiarkan setelah kebun tradisional memiliki 9 jenis spesies pohon dengan harga kayu lebih dari Rp1.000.000,00 m⁻³. Kesembilan jenis spesies pohon tersebut memiliki harga kayu yang lebih tinggi dibandingkan dengan 20 jenis pohon yang lain. Baik pada lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah maupun pada lahan terbiarkan setelah kebun tradisional, jenis *Eusideroxylon zwageri* memiliki harga kayu tertinggi. Harga kayu jenis *Eusideroxylon zwageri* pada lahan terbiarkan setelah kebun tradisional mencapai Rp16.000.000,00 m⁻³ (Tabel 8.4). *Eusideroxylon zwageri* memiliki kualitas kayu yang baik, masyarakat lebih suka jenis kayu ini sebagai bahan konstruksi.

Berikut ini dijabarkan tentang cara menentukan harga kayu di hutan dan di industri yang berbeda dengan cara perhitungan di atas. Cara perhitungan harga kayu di hutan antara lain dengan metode harga pokok. Biaya produksi selama periode tertentu dihitung sesuai dengan kegiatan produksi yang dilakukan kemudian dibagi dengan hasil produksi pada periode tertentu. Menurut Nurcan dkk. (2014), rumus untuk menghitung harga kayu di hutan adalah sebagai berikut:

$$\text{HKH} = (\text{BPL} + \text{BS} + \text{BTn} + \text{BP} + \text{BTb}) / \text{TP}$$

Keterangan:

HKH = Harga Kayu di Hutan (Rp m⁻³);

BPL = Biaya Persiapan Lahan (Rp ha⁻¹);

BS = Biaya Persemaian (Rp ha⁻¹);
 BTn = Biaya Penanaman (Rp ha⁻¹);
 BP = Biaya Pemeliharaan (Rp ha⁻¹);
 BTb = Biaya Pemanenan (Rp m⁻³);
 TP = Total Produksi (m³ ha⁻¹).

Tabel 8.4. Harga kayu dari lahan terbiarkan setelah kebun tradisional.

No.	Spesies	Harga kayu (Rp m ⁻³)
1	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	16.000.000,00
2	<i>Alstonia scholaris</i> , <i>Artocarpus anisophyllus</i> , <i>Oroxylum indicum</i>	12.000.000,00
3	<i>Durio zibethinus</i>	4.250.000,00
4	<i>Cratoxylum arborescens</i>	3.500.000,00
5	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	3.000.000,00
6	<i>Artocarpus elasticus</i> , <i>Artocarpus lakoocha</i>	2.100.000,00
7	<i>Archidendron pauciflorum</i>	2.000.000,00
8	<i>Nephelium lappaceum</i> , <i>Baccaurea parvifolia</i>	1.800.000,00
9	<i>Mangifera odorata</i> , <i>Macaranga triloba</i> <i>Ficus uncinata</i> , <i>Mallotus paniculatus</i> , <i>Homalanthus populneus</i> , <i>Symplocos</i> <i>fasciculata</i> , <i>Couroupita guianensis</i> , <i>Trema</i> <i>orientalis</i> , <i>Macaranga gigantea</i> , <i>Macaranga</i> <i>tanarius</i> , <i>Artocarpus odoratissimus</i> , <i>Artocarpus tamaran</i> , <i>Artocarpus integer</i> <i>Vernonia arborea</i> , <i>Glochidion obscurum</i> <i>Mangifera sp.</i> , <i>Mangifera indica</i>	750.000,00

Sumber: Karmini, dkk. (2020b).

Cara menghitung harga kayu di industri adalah dengan menambahkan harga kayu di hutan dengan hasil pembagian dari biaya pemasaran dengan banyaknya kayu yang diangkut ke industri. Rumus harga kayu di industri menurut Nurcan dkk. (2014) adalah:

$$HKI = HKH + (BA/TKA)$$

Keterangan:

HKI = Harga Kayu di Industri (Rp ton⁻¹);
 HKH = Harga Kayu di Hutan (Rp ton⁻¹);
 BA = Biaya Pemasaran (Rp);
 TKA = Total Kayu Diangkut (ton).

Faktor-faktor yang menentukan harga kayu log dan harga kayu antara lain:

1. Spesies pohon

Setiap spesies pohon memiliki karakteristik tersendiri yang membedakannya dengan spesies pohon lain. Karakteristik spesies ini

yang menyebabkan ada beberapa jenis kayu log dan harga kayu yang memiliki harga yang tinggi di pasar sedangkan beberapa jenis lainnya memiliki harga yang lebih rendah (Gambar 8.3). Hal ini senada dengan Irawanti dkk. (2008) yang menyatakan bahwa harga penjualan kayu tergantung dari jenis kayunya misalnya jenis akasia (*Acacia mangium*), sengon (*Albizia falcataria*), kayu karet, kayu manis, dan sebagainya.

2. Diameter pohon

Semakin besar diameter dari pohon maka semakin rendah faktor reduksi harga dan semakin tinggi harga kayu log. Kayu log yang memiliki diameter yang besar akan mudah diolah menjadi berbagai jenis bahan dan memiliki volume kayu yang besar pula.

3. Kualitas kayu

Kualitas kayu yang dihasilkan setiap spesies pohon dapat berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya. Kayu yang berkualitas tinggi cenderung akan memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu berkualitas lebih rendah.

4. Jumlah populasi pohon

Jenis-jenis spesies pohon yang memiliki harga kayu log dan harga kayu yang tinggi umumnya memiliki jumlah populasi yang kecil baik di lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah maupun setelah kebun tradisional.

5. Daur tanaman

Daur tanaman yang berbeda dapat menghasilkan kubikasi dan kualitas kayu yang berbeda, hal ini karena dipengaruhi oleh riap tahunannya (Irawanti, dkk., 2008).

6. Penawaran

Jumlah kayu yang ditawarkan di pasar akan mempengaruhi harga kayu. Hal ini sesuai dengan hukum penawaran yang menyatakan bahwa semakin sedikit jumlah barang yang ditawarkan di pasar maka harga barang cenderung akan meningkat.



Gambar 8.3. Toko dengan berbagai jenis kayu yang diperdagangkan.

7. Permintaan

Harga kayu log dan harga kayu juga dipengaruhi oleh permintaan kayu di masyarakat. Tingginya permintaan masyarakat akan kayu jenis spesies tertentu akan menyebabkan semakin tingginya harga kayu di pasar. Hal ini sesuai dengan hukum permintaan bahwa semakin tinggi permintaan akan suatu komoditas tertentu maka akan mendorong peningkatan harga.

Suryandari (2008) menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan kayu bulat oleh industri kayu lapis adalah harga ekspor kayu lapis dan volume ekspor kayu lapis. Permintaan kayu gergajian dipengaruhi secara signifikan harga kayu bulat domestik, volume ekspor kayu gergajian, permintaan domestik kayu gergajian, dan jumlah perusahaan dalam industri kayu gergajian. Kenaikan konsumsi kayu gergajian baik untuk kebutuhan domestik maupun ekspor akan mendorong terjadinya kenaikan permintaan kayu bulat oleh industri kayu gergajian. Permintaan kayu bulat oleh industri *pulp* terutama dipengaruhi oleh harga ekspor *pulp*, volume ekspor *pulp*, dan permintaan domestik terhadap *pulp*.

8. Penggunaan

Penggunaan kayu dapat mempengaruhi harga kayu log dan harga kayu. Menurut Irawati, dkk. (2008), sebagai contoh sama-sama kayu akasia, jika dijual untuk kayu pertukangan harganya bisa lebih mahal daripada kayu untuk *pulp*. Hal tersebut terjadi karena kayu untuk pertukangan pada umumnya umur tebangnya lebih panjang daripada kayu untuk *pulp*, atau berasal dari tegakan yang sama namun kualitas kayu pertukangan dapat lebih tinggi daripada kayu *pulp*.

9. Persaingan harga

Hasil penelitian Astana dkk. (2010) dalam Nurcan dkk. (2014) menunjukkan harga kayu hutan tanaman di domestik (Rp301.169,88 m⁻³ atau US\$ 33,33 m⁻³) lebih rendah dari harga kayu hutan tanaman di luar

negeri (US\$ 66,67 m⁻³ atau Rp602.430,12 m⁻³). Hal ini disebabkan oleh persaingan harga antara harga kayu hutan tanaman dengan hutan alam.

10. Produk substitusi

Keberadaan produk substitusi dapat mempengaruhi harga kayu. Jika harga kayu dari jenis spesies pohon tertentu meningkat maka konsumen akan beralih membeli kayu dari jenis spesies yang lain. Di samping itu keberadaan kayu ilegal juga dapat menjadi produk substitusi. Menurut Astana dkk. (2010) dalam Nurcan dkk. (2014), harga kayu hutan tanaman di domestik lebih rendah dari harga kayu hutan tanaman di luar negeri antara lain karena adanya kayu ilegal. Tidak terpenuhi pasokan dari hutan tanaman maupun hutan alam menyebabkan adanya pasokan kayu ilegal. Hal ini tidak terlepas dari besarnya kapasitas terpasang dan tingginya permintaan kayu oleh industri (Prahasto dan Nurfatriyana, 2001 dalam Nurcan, dkk., 2014).

11. Faktor-faktor lainnya

Harga kayu log dan harga kayu kemungkinan dapat dipengaruhi faktor-faktor lain yang belum dibahas dalam buku ini.

8.2. MARGIN KEUNTUNGAN

Keuntungan atau pendapatan bersih menurut Darusman, dkk. (2021) merupakan selisih pendapatan kotor (harga produk) yang diterima dengan pengeluaran/biaya usaha yang dikeluarkan. Lebih lanjut dijelaskan bahwa biaya yang dikeluarkan berupa belanja *input* di dalam wilayah/sistem ekonomi atau dari belanja *input* dari luar (impor).

Margin keuntungan atau margin laba (*profit margin*) menunjukkan keuntungan yang diperoleh dari penjualan. Rumus untuk menghitung margin keuntungan menurut Noor dan Shahwahid (1999) seperti dikutip Dahalan (2011) adalah:

$$PM_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (P_{ij} \cdot xPR) / (1 + PR)$$

Keterangan:

PM_{ij} = margin keuntungan;

P_{ij} = harga kayu log setiap spesies di tempat penggergajian dan kelas diameter;

PR = ratio keuntungan;

i = indeks untuk setiap spesies ($i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$);

j = indeks untuk kelas diameter ($i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$).

Margin dapat juga dinyatakan dalam bentuk persentase keuntungan dari produk dan atau jasa yang dijual. Berdasarkan hal tersebut, margin dihitung dengan membagi keuntungan dengan modal kemudian dikali 100%. Noor dan Shahwahid (1999) seperti dikutip Dahalan (2011) menetapkan *profit margin* sebesar 30% digunakan dalam analisisnya.

Menurut Paririe dkk., (2019), rasio margin keuntungan digunakan untuk menggambarkan kemampuan perusahaan untuk menghasilkan laba dengan mempertimbangkan beberapa skenario seperti peningkatan biaya yang dianggap tidak efektif. Rasio margin keuntungan juga digunakan secara ekstensif dalam pemodelan keuangan dan penilaian perusahaan. Margin keuntungan yang tinggi berarti bahwa suatu perusahaan dapat secara efektif mengendalikan biaya dan/atau menyediakan barang atau jasa dengan harga yang jauh lebih tinggi dari biayanya. Oleh karena itu, rasio yang tinggi dapat dihasilkan dari manajemen yang efisien, biaya yang rendah (pengeluaran), dan strategi penetapan harga yang kuat.

Pedagang kayu mengharapkan keuntungan dari kegiatan pemasarannya (Gambar 8.4). Total margin keuntungan dalam penjualan kayu log dari lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah sebesar Rp4.610.769,23 m⁻³ dengan rata-rata Rp177.337,28 m⁻³ (Tabel 8.5). Margin keuntungan berbeda-beda dari perdagangan setiap spesies pohon. Margin keuntungan yang tertinggi diperoleh dari perdagangan kayu log dari famili *Lauraceae* spesies *Eusideroxylon zwageri* sebesar Rp1.661.538,46 m⁻³. Sementara kayu log dari famili *Moraceae* spesies *Ficus* sp. menghasilkan margin keuntungan sebesar Rp41.538,46 m⁻³.



Gambar 8.4. Toko kayu.

Tabel 8.5. Margin keuntungan dari lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah.

No.	Spesies	Margin keuntungan (Rp m ⁻³)
1	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	1.661.538,46
2	<i>Diospyros</i> sp.	830.769,23
3	<i>Pometia pinnata</i>	394.615,38
4	<i>Artocarpus odoratissimus</i>	218.076,92
5	<i>Archidendron pauciflorum</i>	207.692,31
6	<i>Nephelium</i> sp.	86.923,08
7	<i>Pternandra</i> sp.	140.192,31
8	<i>Dillenia borneensis</i>	51.923,08
9	<i>Macaranga tanarius</i>	51.923,08
10	<i>Bridelia</i> sp.	51.057,69
11	<i>Trema orientalis</i>	51.923,08
12	<i>Syzygium</i> sp.	51.923,08
13	<i>Homalanthus</i> sp.	51.923,08
14	<i>Nauclea</i> sp.	51.923,08
15	<i>Glochidion</i> sp.	51.923,08
16	<i>Fordia splendidissima</i>	51.923,08
17	<i>Vernonia arborea</i>	51.923,08
18	<i>Macaranga gigantean</i>	51.923,08
19	<i>Cananga odorata</i>	51.923,08
20	<i>Duabanga moluccana</i>	51.923,08
21	<i>Baccaurea</i> sp.	51.923,08
22	Sp 1	51.923,08
23	Sp 2	51.923,08
24	Sp 3	51.923,08
25	<i>Pterospermum javanicum</i>	47.596,15
26	<i>Ficus</i> sp.	41.538,46
Total		4.610.769,23
Rata-rata		177.337,28

Sumber: Karmini, dkk. (2020a).

Terdapat tiga jenis pohon di lahan terbiarkan setelah kebun tradisional yang memberikan kontribusi yang besar terhadap pembentukan margin keuntungan yaitu *Eusideroxylon zwageri*, *Alstonia scholaris*, dan *Artocarpus anisophyllus*. Pohon-pohon tersebut juga memiliki harga kayu log dan harga kayu yang tinggi. Ini berarti harga beli dan harga jual menentukan keuntungan dalam pemasaran baik kayu log dan kayu. Tabel 8.6 menampilkan margin keuntungan dari penjualan kayu log dari berbagai jenis spesies pohon dari lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah dan kebun tradisional.

Tabel 8.6. Margin keuntungan dari lahan terbiarkan setelah kebun tradisional.

No.	Spesies	Margin keuntungan (Rp m ⁻³)
1	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	2.215.384,62
2	<i>Alstonia scholaris</i>	1.661.538,46
3	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	1.523.076,92
4	<i>Oroxylum indicum</i>	1.453.846,15
5	<i>Durio zibethinus</i>	514.903,85
6	<i>Cratoxylum arborescens</i>	444.230,77
7	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	415.384,62
8	<i>Archidendron pauciflorum</i>	270.000,00
9	<i>Artocarpus elasticus</i>	254.423,08
10	<i>Nephelium lappaceum</i>	218.076,92
11	<i>Artocarpus lakoocha</i>	218.076,92
12	<i>Baccaurea parvifolia</i>	186.923,08
13	<i>Mangifera odorata</i>	103.846,15
14	<i>Macaranga triloba</i>	103.305,29
15	<i>Ficus uncinata</i>	102.223,56
16	<i>Mallotus paniculatus</i>	100.384,62
17	<i>Homalanthus populneus</i>	96.428,57
18	<i>Symplocos fasciculata</i>	93.461,54
19	<i>Trema orientalis</i>	90.865,38
20	<i>Couropita guianensis</i>	90.865,38
21	<i>Macaranga gigantea</i>	90.865,38
22	<i>Macaranga tanarius</i>	87.869,82
23	<i>Artocarpus odoratissimus</i>	83.076,92
24	<i>Artocarpus tamaran</i>	77.884,62
25	<i>Artocarpus integer</i>	77.884,62
26	<i>Vernonia arborea</i>	77.884,62
27	<i>Glochidion obscurum</i>	77.884,62
28	<i>Mangifera sp.</i>	77.884,62
29	<i>Mangifera indica</i>	71.394,23
Total		10.879.875,32
Rata-rata		375.168,11

Sumber: Karmini, dkk. (2020b).

Hasil penelitian Paririe, dkk. (2019) menunjukkan bahwa kayu yang berasal dari Distrik Manokwari Utara dijual ke pasar lokal di Distrik Manokwari Utara dan dalam Kota Manokwari dengan margin keuntungan tertinggi pada saluran pemasaran dari *stand* kayu ke konsumen akhir di Kota Manokwari dan sekitarnya. Jenis kayu komersil yang diperdagangkan yaitu merbau (*Intsia bijuga*), matoa (*Pometia* spp.), dan kelompok kayu rimba campuran. Margin keuntungan pemilik hak ulayat sekaligus pemilik *stand* kayu adalah 56,11%, pemilik hak ulayat yang juga penampung kayu 30,82%, dan pengusaha kayu 35,85%.

Faktor-faktor yang menentukan besarnya margin keuntungan yang diperoleh dari perdagangan kayu log dan kayu adalah:

1. □ Jumlah permintaan

Semakin besar permintaan konsumen akan kayu log dan kayu maka semakin besar peluang terciptanya pasar dan terbentuknya margin keuntungan.

2. □ Jumlah penjualan

Semakin banyak kayu log dan kayu yang dapat dipasarkan oleh pedagang maka semakin besar margin keuntungan dan peluang untuk mendapatkan keuntungan.

3. □ Harga kayu

Harga kayu untuk setiap spesies berbeda-beda di tempat penggergajian. Semakin tinggi harga kayu maka semakin besar peluang pedagang memperoleh keuntungan. Harga kayu ditentukan oleh permintaan dan penawaran kayu di pasar.

4. Diameter pohon

Semakin besar diameter pohon yang ditebang maka semakin besar volume kayu log yang mungkin diperoleh penebang dan semakin besar pula peluang pedagang memperoleh jumlah keuntungan.

5. Biaya produksi

Menurut hasil penelitian Paririe, dkk. (2019) di Distrik Manokwari Utara, margin keuntungan pada setiap pengusaha kayu memiliki nilai

yang berbeda di mana hal ini dipengaruhi oleh faktor efisiensi biaya. Pemilik hak ulayat tidak mengeluarkan biaya pembelian kayu sedangkan pengusaha kayu harus mengeluarkan biaya pembelian kayu. Artinya pengusaha kayu belum efisien dalam mengelola biaya dan memiliki kelemahan dalam strategi penetapan harga.

6. Strategi penetapan harga

Menurut Paririe, dkk. (2019), selain faktor biaya, strategi penetapan harga menjadi kunci terhadap naik turunnya margin keuntungan.

7. Manajemen usaha

Manajemen usaha menentukan besar kecilnya margin keuntungan yang diperoleh pedagang kayu (Paririe, dkk., 2019).

8. Faktor-faktor lainnya

Faktor-faktor lain yang belum tercantum dalam buku ini memiliki peluang untuk dapat mempengaruhi besarnya margin keuntungan dari perdagangan kayu log dan kayu.

Struktur pasar dalam perdagangan kayu dijelaskan sebagai berikut:

1. □ Struktur pasar dari sudut penjual (petani).

Hasil penelitian Kusuma dkk. (2020) di Pekon Lengkuai, Kecamatan Kelumbayan Barat, Kabupaten Tanggamus, Propinsi Lampung dan Tukan, dkk. (2020) pada pemasaran kayu dari lahan petani di Propinsi Lampung menunjukkan berbagai hal yang dirangkum sebagai berikut. Struktur pasar yang terbentuk adalah oligopsoni atau pasar yang tidak bersaing sempurna karena jumlah petani lebih banyak dari jumlah penebang maupun pedagang kayu (pedagang pengumpul dan *sawmill*). Jumlah petani yang lebih banyak menyebabkan posisi tawar petani menjadi lemah dalam penentuan harga sehingga petani akan cenderung menjadi pihak penerima harga (*price taker*). Informasi harga umumnya diterima petani hanya dari sesama petani, kemudian dari penebang kayu, pedagang kayu, dan *sawmill*.

Sebagian besar petani tidak mengetahui secara pasti spesifikasi jenis dan kualitas serta ukuran kayu yang dibutuhkan pasar sehingga petani hanya mampu memasarkan kayunya dalam bentuk log saja. Bahkan ada yang menjual dalam bentuk pohon berdiri karena dinilai sangat praktis sebab biaya penebangan, pengurusan dokumen sampai pada pengangkutan ditanggung oleh pembeli yang merupakan pedagang kayu. Petani tidak melakukan diferensiasi, standarisasi, dan *grading*. Hal ini diindikasikan dengan margin pemasaran pada kayu sengon khususnya lebih besar diterima oleh penebang.

Jika dilihat dari homogenitas produk kayu yang diproduksi, baik mutu maupun ukuran kayu yang dihasilkan tidak seragam. Pada umumnya ukuran pohon yang biasanya dapat ditebang dan dipasarkan adalah minimal berdiameter 30 cm. Namun hasil survey menunjukkan kayu telah dipasarkan walaupun ukuran diameternya lebih kecil, sehingga sangat berpengaruh terhadap harga. Keadaan ini menyebabkan penebang memiliki peran yang sangat besar dibandingkan petani dalam penentuan harga.

2. □ Struktur pasar ditinjau dari pedagang kayu.

Pada tingkat pemasaran kayu dari lahan petani di Propinsi Lampung, jumlah pedagang kayu lebih banyak daripada usaha pengolahan (*sawmill*) sehingga struktur pasar yang terbentuk adalah monopsoni. Hambatan untuk masuk sebagai pelaku pasar baru lebih tinggi karena diperlukan modal yang besar dan proses penentuan harga didominasi oleh *sawmill* sehingga menempatkan pedagang kayu sebagai penerima harga (*price taker*) (Tukan, dkk., 2020). Pedagang pengumpul dan penebang kayu hanya menghasilkan produk log dan tidak melakukan *diferensiasi* produk. Sementara *sawmill* melakukan diferensiasi produk dengan menghasilkan kayu siap jual berupa balok, log, kasau, dan reng. Standarisasi dan *grading* dilakukan oleh *sawmill* berdasarkan ukuran kayu dari pabrik (Kusuma, dkk., 2020).

3. □ Struktur pasar ditinjau dari pedagang pembuat perabotan.

Pada tingkat pedagang pembuat perabotan, jumlah pedagang maupun penebang kayu lebih sedikit sehingga struktur pasar yang terbentuk pada pemasaran kayu dari lahan petani di Propinsi Lampung adalah kompetisi monopolistis. Hal ini karena hambatan untuk memasuki pasar sebagai pedagang perabotan lebih kecil dibandingkan sebagai penebang atau pedagang kayu (Tukan, dkk., 2020).

Berdasarkan ketiga hal di atas maka dapat disimpulkan bahwa struktur pasar yang terbentuk berdasarkan jumlah lembaga pemasaran dan petani pada pemasaran kayu dari lahan petani di Propinsi Lampung adalah struktur persaingan tidak sempurna (*imperfect competitive market*) (Tukan, dkk., 2020).

8.3. NILAI TEGAKAN LAHAN TERBIARKAN

Lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah dan kebun tradisional pada mulanya merupakan kawasan hutan yang dikelola masyarakat. Hutan mempunyai beberapa fungsi dalam kehidupan manusia antara lain fungsi ekologi, fungsi ekonomi, dan fungsi sosial. Fungsi-fungsi tersebut harus berjalan seimbang karena terdapat hubungan antara fungsi yang satu dengan yang lain.

Nilai ekonomi hutan sangat erat kaitannya terhadap keberlangsungan hidup masyarakat sekitar hutan yang mengelola hutan tersebut secara langsung maupun tidak langsung (Pranamulya, dkk., 2013). Davis dan Johnson (1987) dalam Pranamulya, dkk. (2013) mengklasifikasi nilai sumberdaya hutan berdasarkan cara penilaian sebagai berikut:

1. □ Nilai pasar yaitu nilai yang ditetapkan melalui transaksi pasar.
2. □ Nilai kegunaan yaitu nilai yang diperoleh dari penggunaan sumberdaya tersebut oleh individu tertentu.

3. □ Nilai sosial yaitu nilai yang ditetapkan melalui peraturan, hukum, ataupun perwakilan masyarakat.

Teknik penilaian ekonomi sumberdaya (Dixon dan Sherman, 1990) adalah:

1. □ Perhitungan penerimaan. Berupa kewajiban finansial yang harus dibayar oleh pemegang konsesi pertambangan, HPH, dan pemungut hasil hutan non kayu.
2. □ Menghitung nilai ekonomi di luar komponen penerimaan.
 - a. □ Teknik berdasarkan pasar (*market-based techniques*). Teknik ini menggunakan harga pasar aktual sebagai harga yang dianggap mendekati nilai dari barang dan jasa yang dihasilkan. Prinsip dari metode ini adalah dasar penentuan nilai ekonomi kawasan dari hasil produksi.
 - b. □ Teknik berdasarkan biaya (*cost-based techniques*). Teknik ini menghitung biaya oportunitas dari kawasan (biaya/kerugian yang dialami oleh masyarakat akibat hilangnya akses pemanfaatan sumberdaya) dan biaya yang dikeluarkan untuk mempertahankan barang dan jasa yang secara alami dikontribusikan oleh kawasan.
 - c. □ Biaya oportunitas (*opportunity cost*). Nilai ekonomi kawasan konservasi dapat diketahui melalui nilai bersih sekarang (*Net Present Value/NPV*) dari berbagai alternatif penggunaan lahan.
 - d. □ Biaya preventif (*preventive cost*).
 - e. □ Biaya penggantian (*replacement cost*).
 - f. □ Teknik biaya perjalanan (*travel cost*).
 - g. □ Teknik *contingent valuation*. Teknik ini digunakan pada saat tidak ada pasar yang relevan terhadap barang dan jasa lingkungan. Teknik ini membangun variabel pasar dengan secara langsung bertanya kepada individu-individu tentang kesediaannya membayar barang dan jasa lingkungan yang diperoleh serta kesediaannya membayar barang dan jasa lingkungan yang tidak dapat dimanfaatkan lagi.

Penilaian sumberdaya hutan dapat dilakukan terhadap manfaat yang dihasilkannya. Sumberdaya hutan menghasilkan berbagai manfaat yang dapat dirasakan pada tingkatan lokal, nasional, dan global. Manfaat tersebut terdiri atas manfaat nyata yang terukur (*tangible*) berupa hasil hutan kayu, hasil hutan non kayu seperti rotan, bambu, damar, dan lain-lain, dan manfaat tidak terukur (*intangible*) berupa manfaat perlindungan lingkungan, keragaman genetik, dan lain-lain.

Penilaian ekonomi terhadap lahan terbiarkan dapat dilakukan dengan melakukan penilaian terhadap tegakan yang tumbuh di lahan terbiarkan tersebut. Nilai tegakan lahan terbiarkan ditentukan oleh volume kayu untuk setiap spesies, diameter kayu log, harga log setiap spesies di tempat penggergajian, dan margin keuntungan. Nilai ekonomi tegakan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k V_{ij} (P_{ij} + C + PM)$$

Keterangan:

- S_{ij} = nilai tegakan untuk setiap spesies dan kelas diameter (Rp ha⁻¹);
- V_{ij} = volume kayu untuk setiap spesies dan kelas diameter (m³);
- P_{ij} = harga kayu log untuk setiap spesies di tempat penggergajian dan kelas diameter (Rp m⁻³);
- C = rata-rata biaya penebangan (Rp ha⁻¹);
- PM_{ij} = margin keuntungan (Rp m⁻³);
- i = indeks untuk setiap spesies ($i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$);
- j = indeks untuk kelas diameter ($j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$).

Purnamawati, dkk. (2015) memformulasikan nilai ekonomi total ekosistem hutan mangrove dengan model sebagai berikut:

$$\mathbf{NET = ML + MTL + MP + MK}$$

Keterangan:

- NET = Nilai Ekonomi Total;
- ML = Manfaat Langsung;
- MTL = Manfaat Tidak Langsung;
- MP = Manfaat Pilihan;
- MK = Manfaat Keberadaan.

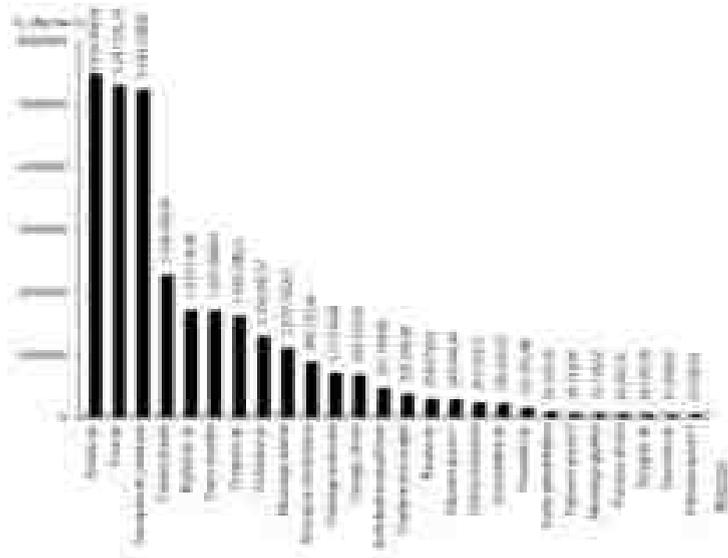
Secara lebih spesifik, Jumaedi (2016) menyatakan nilai manfaat ekonomi ekosistem hutan mangrove terdiri dari:

1. □ Nilai manfaat langsung (*direct use value*) meliputi:
 - a. □ Nilai manfaat hasil hutan yang diestimasi dari besarnya nilai potensi kayu yang besarnya tergantung dari volume kayu.
 - b. □ Nilai manfaat hasil perikanan.
2. □ Nilai manfaat tidak langsung (*indirect use value*) sebagai penahan abrasi pantai, pencegah intrusi air laut, dan penyedia unsur hara.
3. □ Nilai manfaat pilihan. Menurut Ruitenbeek (1991) seperti yang dikutip Jumaedi (2016), nilai keanekaragaman hayati mangrove di Indonesia adalah US\$15 ha⁻¹ tahun⁻¹.
4. □ Nilai manfaat keberadaan yang diberikan oleh masyarakat sekitar kawasan.

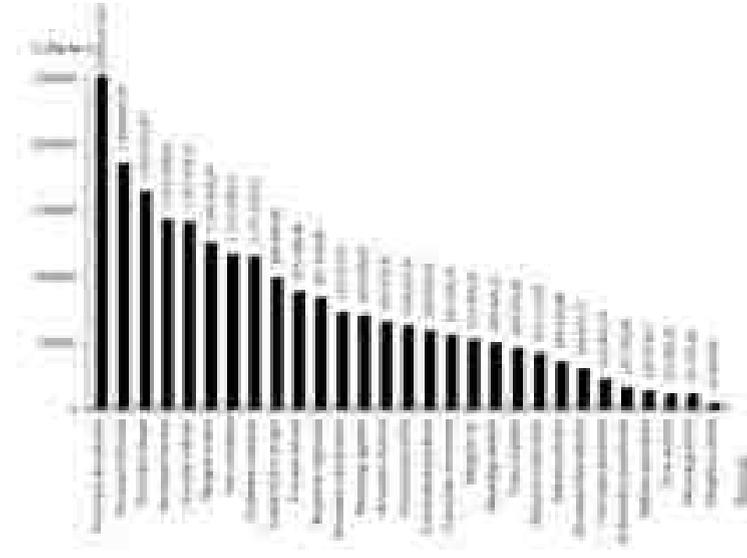
Nilai tegakan lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah sebesar Rp29.509.777,94 ha⁻¹. Gambar 8.5 menunjukkan terdapat 8 spesies tumbuhan yang memiliki nilai ekonomi di atas rata-rata nilai tegakan lahan terbiarkan. Rata-rata nilai kontribusi setiap spesies tumbuhan adalah Rp1.134.991,46 ha⁻¹. Sementara itu 18 spesies tumbuhan yang lain memiliki nilai ekonomi di bawah rata-rata.

Total nilai tegakan di lahan terbiarkan setelah kebun tradisional diperkirakan sebesar Rp22.040.914,35 ha⁻¹. Terdapat 29 jenis pohon yang telah diidentifikasi dan setiap jenis berkontribusi rata-rata Rp760.031,53 ha⁻¹. Gambar 8.6 menggambarkan nilai tegakan tertinggi dari jenis *Artocarpus anisophyllus* sebesar Rp2.490.617,42 ha⁻¹ dan yang terendah dari jenis *Mangifera odorata* sebesar Rp33.824,66 ha⁻¹.

Data pada Tabel 8.7 menunjukkan hasil penilaian sumberdaya pada beberapa lokasi penelitian dan memperlihatkan nilai ekonomi tegakan yang berbeda. Hasil penelitian Noor, dkk. (2007) memperkirakan nilai ekonomi dari Ayer Hitam Forest Reserve di Puchong, Selangor, Malaysia untuk kayu, tanaman obat, ketergantungan penduduk lokal, potensi keuntungan rekreasi, dan nilai konservasi.



Gambar 8.5. Nilai tegakan lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah (Sumber: Karmini, dkk., 2020a).



Gambar 8.6. Nilai tegakan lahan terlantar setelah kebun tradisional (Sumber: Karmini, dkk., 2020b).

Tabel 8.7. Penilaian sumberdaya pada beberapa lokasi penelitian.

Peneliti (tahun)	Obyek	Lokasi	Nilai ekonomi
Noor, dkk. (2007)	Ayer Hitam Forest Reserve	Puchong, Selangor, Malaysia	RM34.278.980,00 untuk kayu. RM67.192,00 untuk tanaman obat. RM773.090,00 untuk ketergantungan penduduk lokal. RM865.770,00 untuk potensi keuntungan rekreasi RM2.39,00 juta untuk nilai konservasi berdasarkan penduduk dewasa Malaysia.
Purnamawati, dkk. (2015)	Hutan mangrove	Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pematang, Propinsi Jawa Tengah, Indonesia	Manfaat langsung: Rp200.364.004.000,00 tahun ⁻¹ untuk perikanan tangkap dan perikanan budidaya. Manfaat tidak langsung: Rp18.953.232.310,00 tahun ⁻¹ sebagai penahan abrasi; pemecah gelombang; dan penyedia unsur hara. Total nilai manfaat ekonomi: Rp219.410.973.910,00 tahun ⁻¹ .
Jumaedi (2016)	Hutan mangrove	Kota Singkawang, Propinsi Kalimantan Barat, Indonesia	Total nilai manfaat ekonomi: Rp2.481.847.54,76 ha ⁻¹ tahun ⁻¹ .
Karmini, dkk. (2020a)	Lahan terbiarkan setelah perladangan berpindah	Desa Salo Cella, Kecamatan Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur, Indonesia	Total nilai tegakan: Rp29.509.777,94 ha ⁻¹ . Rata-rata nilai tegakan: Rp1.134.991,46 ha ⁻¹ .
Karmini, dkk. (2020b)	Lahan terbiarkan setelah kebun tradisional	Bukit Pinang, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Propinsi Kalimantan Timur, Indonesia	Total nilai tegakan: Rp22.040.914,35 ha ⁻¹ . Rata-rata nilai tegakan Rp760.031,53 ha ⁻¹ .

Penilaian sumberdaya hutan mangrove telah dilakukan oleh Purnamawati, dkk. (2015) dan Jumaedi (2016). Total nilai manfaat ekonomi hutan mangrove seluas 72 ha di Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pematang dan tambak seluas 327 ha sebesar Rp219.410.973.910,00 tahun⁻¹ (Purnamawati, dkk., 2015). Menurut Jumaedi (2016), nilai manfaat ekonomi ekosistem hutan mangrove di pesisir Kota Singkawang (Rp2.481.847.54,76 ha⁻¹ tahun⁻¹) memiliki nilai yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan tambak yang hanya sebesar Rp16.623.454,00 ha⁻¹ tahun⁻¹. Hal ini berarti lebih menguntungkan melestarikan mangrove daripada mengkonversi mangrove menjadi tambak.

Tantangan praktis dalam pelaksanaan studi penilaian ekonomi sumberdaya adalah menderivasi nilai perkiraan yang kredibel terhadap sumberdaya biologis baik dalam konteks terhadap harga pasar atau pada pasar tidak sempurna (Brown, dkk., 1988). Namun, hasil penilaian terhadap sumberdaya dapat menjadi rekomendasi bagi para pengambil kebijakan untuk mengalokasikan sumberdaya alam yang semakin langka dan melakukan distribusi manfaat sumberdaya alam secara adil. Hasil penilaian yang telah dilakukan memberikan informasi bahwa lahan terbiarkan sebagai suatu sumberdaya memiliki potensi tegakan yang bernilai ekonomi (Gambar 8.7).



Gambar 8.7. Lahan terbiarkan.

IX. PENUTUP

Pengelolaan hutan lestari memainkan peran penting dalam meningkatkan ketahanan ekosistem dan komunitas, mengoptimalkan manfaat pohon di hutan untuk menyerap dan menyimpan karbon, dan menyediakan jasa lingkungan lainnya (FAO, 2016). Dinamika proses degradasi hutan yang disebabkan penebangan selektif, kebakaran hutan, dan penelantaran, terjadi pada wilayah yang luas di hutan tropis (Pinheiro, dkk., 2016). Salah satu penyebab peningkatan kawasan hutan sekunder adalah pemanfaatan hutan untuk tujuan pertanian (Lanly, 1982). Ekspansi pertanian adalah penyebab utama pengurangan kawasan hutan, di sisi lain, penambahan kawasan hutan juga dapat terjadi karena ekspansi hutan secara alami, misalnya suksesi ekologis karena ditinggalkannya lahan pertanian, atau melalui kegiatan reboisasi atau aforestasi (FAO dan UNEP, 2020).

Seperti ekosistem hutan alam lainnya, hutan sekunder menyediakan barang dan jasa yang dapat dihitung dan tidak dapat dihitung. Hutan sekunder berkontribusi pada penyerapan karbon, konservasi keanekaragaman hayati, dan perlindungan tanah, terutama di pemulihan kesuburan tanah setelah penanaman (Perera, 2001). Keberadaan hutan sekunder terbiarkan yang sangat luas di daerah tropis penting untuk mengukur tingkat pertumbuhan kembali dan

memperkirakan potensi hutan sebagai penyerap karbon (Hashimoto, dkk., 2000).

Persamaan allometrik yang dikonstruksikan memperkirakan biomassa bagian tumbuhan di hutan sekunder diduga karena berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh. Perbedaan spesies tumbuhan dan individu cenderung menjadi penyebab perbedaan struktur dan fisiognomi tanaman (Karyati, dkk., 2021). Kandungan karbon sangat bervariasi antara spesies dan antar individu pohon (Lamlom dan Savidge, 2003). Pertumbuhan spesies pohon berbeda bervariasi pada tingkat spesies tertentu dan karakter berdasarkan kondisi situs (Parlucha, 2017).

Persamaan allometrik tertentu haruslah dikembangkan untuk memperkirakan BAPT hutan tertentu, karena penggunaan persamaan allometrik yang tidak tepat akan menghasilkan perkiraan AGB yang tidak akurat (Karyati, dkk., 2019a). Persamaan allometrik digunakan untuk memperkirakan biomassa di atas tanah, di daerah tropis pada lahan terbiarkan setelah tebang pilih, yang bercirikan spesies campuran. Persamaan allometrik yang spesifik dibutuhkan untuk berbagai jenis tanah terbiarkan. Hal tersebut disebabkan penggunaan model allometrik yang tepat akan menghasilkan estimasi yang akurat dari biomassa di atas situs tanah (Karyati, dkk., 2019b).

Pemilihan persamaan allometrik yang sesuai akan menghasilkan perkiraan yang akurat atas biomassa dan stok karbon. Allometrik khusus berupa persamaan untuk kebun tradisional yang ditinggalkan di tanah tropis akan melengkapi persamaan allometrik yang dilaporkan sebelumnya dan akan menambah persamaan alternatif yang telah ada (Karyati, dkk., 2021). Persamaan allometrik yang spesifik untuk memperkirakan biomassa di atas permukaan tanah dalam kebun tradisional yang terbiarkan perlu untuk dikembangkan. Penggunaan persamaan tersebut diharapkan dapat menghasilkan perkiraan yang lebih akurat tentang biomassa dan stok karbon di atas permukaan tanah. Selain itu perhitungan biomassa dan stok karbon di lahan terbiarkan

menjadi penting karena luasnya cenderung meningkat dari tahun ke tahun (Karyati, dkk., 2021).

Secara umum lahan terbiarkan memiliki peranan penting dilihat dari aspek ekologi. Di samping itu, jika ditinjau dari aspek ekonomi maka hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa lahan terbiarkan memiliki tegakan yang bernilai ekonomi. Informasi tentang komposisi dan keragaman pada regenerasi tumbuhan pada tahap awal suksesi sekunder pada lahan terbiarkan berguna untuk konservasi biodiversitas dan nilai sosial ekonomi bagi hutan di masa yang akan datang (Karyati, dkk., 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Abebrese, M.O. (2002). Tropical Secondary Forest Management in Africa. In *Workshop on Tropical Secondary Forest Management in Africa: Reality and Perspectives*, December 9-13, 2002. Nairobi, Kenya. pp. 1-7.
- Agevi, H., Onwonga, R., Kuyah, S. & Tsingalia M. (2017). Carbon Stocks and Stock Changes in Agroforestry Practices: A Review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20: 101-109.
- Álvarez-Yépez, J.C., Martínez-Yrizar, A., Búrquez, A. & Lindquist, C. (2008). Variation in Vegetation Structure and Soil Properties Related to Land Use History of Old-Growth and Secondary Tropical Dry Forests in Northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 256: 355-366.
- Anonim. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Aththorick, T.A., Setiadi, D., Purwanto, Y. & Guhardja, Y. (2012). Vegetation Stands Structure and Aboveground Biomass after the Shifting Cultivation Practices of Karo People in Leuser Ecosystem, North Sumatra. *Biodiversitas*, 13(2): 92-97. DOI: 10.13057/biodiv/d130207.
- BSN. (2013). *SNI 7973-2013. Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Basari, Z. (2004). Analisis Biaya Pemanenan Kayu Bulat Sistem Kemitraan HPH - Koperasi Desa di Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 22(2): 113-122.

- Basuki, T.M., Laake, P.E.V., Skidmore, A.K. & Hussin, Y.A. (2009). Allometric Equations for Estimating the Above-Ground Biomass in Tropical Lowland Dipterocarp Forest. *Forest Ecology and Management*, 257: 1684-1694.
- Breugel, M.V., Martinez-Ramos, M. & Bongers, F. (2006). Community Dynamics during Early Secondary Succession in Mexican Tropical Rain Forests. *Journal of Tropical Ecology*, 22: 663-674.
- Brower, J.E., Zar, J.H. & Von Ende, C.N. (1990). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*, 3rd Ed. USA: Wm. C. Brown Publishers. 237 pp.
- Brown, H.P., Panshin, A.J. & Forsaith, C.C. (1952). *Textbook of Wood Technology. Volume II*. The Physical, Mechanical and Chemical Properties of the Commercial Wood of the United State. New York: Mc Graw Hill.
- Brown, S. & Lugo, A.E. (1990). Tropical Secondary Forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6: 1-32.
- Chamber, J.Q., Santos, J.D., Ribeiro, R.J. & Higuchi, N. (2001). Tree Damage, Allometric Relationship, and Above-Ground Net Primary Production in Central Amazon Forest. *Forest Ecology and Management*, 152: 73-84.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, F.H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B. & Yamakura, T. (2005). Tree Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks and Balance in Tropical Forests. *Oecologia*, 145: 87-99.
- Chokkalingam, U., Smith, J. & de Jong, W. (2001). A Conceptual Framework for the Assessment of Tropical Secondary Forest Dynamics and Sustainable Development Potential in Asia. *Journal of Tropical Forest Science*, 13(4): 577-600.
- Curtis, P.S. (2008). Estimating Aboveground Carbon in Live and Standing Dead Trees. In *Field Measurements for Forest Carbon Monitoring: a Landscape-Scale Approach* (Hoover, C.M., ed.). USA: Springer. pp. 39-44.
- Dahalan, M.P. (2011). *Spesies Composition, Stand Structure, Biomass and Economic Valuation of 2-ha plots of Dipterocarp Forest of Different Geological Formation in Langkawi Island*. Pulau Pinang, Malaysia: Universiti Sains Malaysia.

- Danquah, J.A., Appiah, M. & Ari, P. (2011). Comparison of Post-Fire Planted and Natural Dry Semi-Deciduous Forest Communities in Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 6(23): 5266-5277.
- Darusman, D., Hardjanto & Bahruni. (2021). *Ekonomi Kehutanan: Multiproduk dan Multipihak*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Den Berger, L.G. (1921). De Grondslagen voor de Classificatie van Nederlandsch Indische Timmer Houtsoorten. *Tectona*, XV.
- Departemen Pertanian Republik Indonesia. (2020). *Vademecum Kehutanan Indonesia*. Jakarta: Departemen Pertanian, Direktorat Jenderal Kehutanan.
- Diana, R. (2007). Akumulasi Karbon pada Beberapa Jenis Pionir pada Hutan Sekunder dan Hutan Tanaman Industri di Kalimantan Timur. *Jurnal Rimba Kalimantan*, 12(1): 51-55.
- Do, T.V, Osawa, A. & Thang, N.T. (2010). Recovery Process of a Mountain Forest after Shifting Cultivation in Northwestern Vietnam. *Forest Ecology and Management*, 259: 1650-1659.
- Dulsalam, Sukadaryati, & Yuniawati. (2018). Produktivitas, Efisiensi, dan Biaya Penebangan Silvikultur Intensif Pada Satu Perusahaan di Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(1): 1-12.
- Evizal, R. (2020). Review Etnoagronomi Perladangan Pangan di Indonesia. *Jurnal Agrotropika*, 19(1): 1-10.
- Faqih, S., Hardiansyah, G. & Roslinda, E. (2018). Analisa Biaya Pemanenan Tanaman Mangium (*Acacia mangium*) di PT Bina Silva Nusa Kecamatan Batu Ampar Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Hutan Lestari*, 6(4): 804-813.
- Fearnside, P.M. (1997). Greenhouse Gases Emissions from Deforestation in Brazillian Amazonia: Net Committed Emissions. *Climatic Change*, 35: 321-360.
- Feldpausch, T.R., Prates-Clark, C.C., Fernandes, E.C.M. & Riha, S.J. (2007). Secondary Forest Growth Deviation from Chronosequence Predictions in Central Amazonia. *Global Change Biology*, 13: 967-979.
- Feldpausch, T.R., Rondon, M.A., Fernandes, E.C.M., Riha, S.J. & Wandelli. (2004). Carbon and Nutrient Accumulation in Secondary Forests

- Regenerating on Pastures in Central Amazonia. *Ecological Applications*, 14(4): S164-S176.
- Fermana, J.S., Sadjati, E. & Ikhwan, M. (2019). Analisis Biaya Pemanenan dan Produktivitas Produksi Kayu Ekaliptus (Studi Kasus: HPHTI PT PSPI Distrik Petapahan). *Wahana Foresta. Jurnal Kehutanan*, 14(2): 38-55.
- Fitriani, A. & Fauzi, H. (2011). Performansi Sistem Agroforestri Tradisional di Desa Telaga Langsung, Kabupaten Banjar. *Jurnal Hutan Tropis*, 12(32): 175-185.
- Food Agriculture Organization (FAO). (1996). *Forest Resources Assessment 1990. Survey of Tropical Forest Cover and Study of Change Processes*. Rome, Italy: FAO Forestry Paper 130. 152 pp.
- FAO. (2016). *State of the World's Forests 2016. Forests and Agriculture: Land-use Challenges and Opportunities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO & UNEP. (2020). *The State of the World's Forests 2020: Forests, Biodiversity, and People*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. DOI: 10.4060/ca8642en.
- Germain, R., Regula, J., Bick, S. & Zhang, L. (2019). Factors Impacting Logging Costs: A Case Study in the Northeast, US. *The Forestry Chronicle*, 95(1): 16-23. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc2019-005>.
- Gorte, R.W. (2007). *Carbon Sequestration in Forests*. CRS Report for Congress. Congressional Research Service. pp. 1-7.
- Hairiah, K., Sitompul, S.M., Noordwijk, M.V. & Palm, C. (2001). *Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground*. ASB Lecture Note 4B. Bogor, Indonesia: International Centre for Research in Agroforestry. 23 pp.
- Hairiah, K. & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre-ICRAF. pp. 29-55.
- Harmon, E.H., Ferrell, W.K. & Franklin, J.F. (1990). Effects on Carbon Storage of Conservation of Old Growth Forests to Young Forest. *Science*, 297: 699-702.

- Haryanto. (1996). *Pemanenan Hasil Hutan, Buku ke-2 "Penebangan"*. Yogyakarta: Yayasan Pembinaan Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.
- Hashimoto, T., Kojima, K., Tange, T. & Sasaki, S. (2000). Changes in Carbon Storage in Fallow Forests in the Tropical Lowlands of Borneo. *Forest Ecology and Management*, 126: 331-337.
- Hashimoto, T., Tange, T., Masumori, M., Yagi, H., Sasaki, S. & Kojima, K. (2004). Allometric Equations for Pioneer Tree Species and Estimation of the Aboveground Biomass of a Tropical Secondary Forest in East Kalimantan. *Tropics*, 14: 123-130.
- Haygreen, J.G. & Bowyer. (1989). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Suatu Pengantar* (Terjemahan). Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Helmi, M., Rianawati, F. & A.P.M. Sandiana B.E.S. (2020). Analisa Biaya Pemanenan Kayu Menggunakan Teknik Ril (*Reduced Impact Logging*) di IUPHHK-HA PT Wijaya Sentosa, Papua Barat. *Jurnal Hutan Tropis*, 8(3): 260-264.
- Heriansyah, I., Heriyanto, N.M. & Siregar, C.A. (2002). Demonstration Study on Carbon Fixing Forest Management in Indonesia. In *Proceeding Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia (Series 1)*. Canada: Wetlands International.
- Hiratsuka, M., Toma, T., Diana, R., Hadriyanto, D. & Morikawa, Y. (2006). Biomass Recovery of Naturally Regenerated Vegetation after the 1998 Forest Fire in East Kalimantan, Indonesia. *JARQ (Japan Agricultural Research Quarterly)*, 40(3): 277-282.
- Ipor, I.B. & Tawan, C.S. (2004). Succession of Fallows after Shifting Cultivation in Sungai Sarawak Basin, Kuching, Sarawak. In *Sustainable Production of Wood and Non-Wood Products: Proceedings of IUFRO Division 5 Research Groups 5.11 and 5.12* (Donoghue, E.M., Benson, G.L. & Chamberlain, J.L., eds.). pp. 19-28.
- Irawanti, S., Maryani, R., Effendi, R., Hakim, I. & Dwiprabowo, H. (2008). Kebijakan Penetapan Harga Dasar Penjualan Kayu Hutan Tanaman Rakyat Dalam Rangka Pengembangan Hutan Tanaman Rakyat. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 5(2): 89-100.
- Janisch, J.E. & Harmon, M.E. (2002). Successional Changes in Live and Dead Wood Carbon Stores: Implications for Net Ecosystem Productivity. *Tree Physiology*, 22: 77-89.

- Jenaro, A.V., Lidiawati, I. & Rusli, A.R. (2018). Biaya Produksi Penebangan dan Penyaradan Kayu Jati (*Tectona grandis* L.F) Unggul Nusantara di Kebun Percobaan Universitas Nusa Bangsa. *Jurnal Nusa Sylva*, 18(2): 73-81.
- Jumaedi, S. (2016). Nilai Manfaat Hutan Mangrove dan Faktor-faktor Penyebab Konversi Zona Sabuk Hijau (*Greenbelt*) Menjadi Tambak di Wilayah Pesisir Kota Singkawang Kalimantan Barat. *Sosiohumaniora*, 18(3): 227-234.
- Johnson, E.A. & Miyanishi, K. (2007). Disturbance and Succession. In *Plant Disturbance Ecology: The Process and the Response* (Johnson, E.A. & Miyanishi, K., eds.). USA: Elsevier. pp. 1-14.
- Jong, W.D., Chokkalingam, U. & Smith, J. (2001). Tropical Secondary Forests in Asia: Introduction and Synthesis. *Journal of Tropical Forest Science*, 13(4): 563-576.
- Karmini, Karyati & Widiati, K.Y. (2020a). The Role of Tropical Abandoned Land Relative to Ecological and Economic Aspects. *Forest and Society*, 4(1): 181-194. DOI: 10.24259/fs.v4i1.8939.
- Karmini, Karyati & Widiati, K.Y. (2020b). The Ecological and Economic Values of Secondary Forest on Abandoned Land in Samarinda, East Kalimantan Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(11): 5550-5558. DOI: 10.13057/biodiv/d211164
- Karnasudirdja, Suparman, Ginoga, B. & Rahman, O. (1978). *Klasifikasi Kekuatan Kayu Berdasarkan Hubungan antara Keteguhan Kayu Lainnya*. Laporan Lembaga Penelitian Hasil Hutan No.155. Bogor.
- Kartawinata, K., Abdulhadi, R. & Partomihardjo, T. (1981). Composition and Structure of a Lowland Dipterocarp Forest at Wanariset, East Kalimantan. *The Malaysian Forester*, 44(2 & 3): 397-406.
- Karyati, Ipor, I.B., Jusoh, I., Wasli, M.E. & Seman, I.A. (2013). Composition and Diversity of Plant Seedlings and Saplings at Early Secondary Succession of Fallow Lands in Sabal, Sarawak. *Acta Biologica Malaysiana*, 2(3): 85-94. DOI: 10.7593/abm/2.3.85.
- Karyati, Ipor, I.B., Jusoh, I. & Wasli, M.E. (2018). Tree Stand Floristic Dynamics in Secondary Forests of Different Ages in Sarawak, Malaysia. *Biodiversitas*, 19(3): 687-693. DOI: 10.13057/biodiv/d190302.

- Karyati, Ipor, I.B., Jusoh, I. & Wasli, M.E. (2019a). Allometric Equations to Estimate the Above-Ground Biomass of Trees in the Tropical Secondary Forests of Different Ages. *Biodiversitas*, 20(9): 2427-2436. DOI: 10.13057/biodiv/d200901
- Karyati, Widiati, K.Y., Karmini & Mulyadi, R. (2019b). Development of Allometric Relationships for Estimate above Ground Biomass of Trees in the Tropical Abandoned Land. *Biodiversitas*, 20(12): 3508-3516. DOI: 10.13057/biodiv/d201207
- Karyati, Widiati, K.Y., Karmini & Mulyadi, R. (2021). The Allometric Relationships for Estimating Above-Ground Biomass and Carbon Stock in an Abandoned Traditional Garden in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(2): 751-762. DOI: 10.13057/biodiv/d220228
- Keddy, P.A. (2007). *Plants and Vegetation: Origins, Processes, Consequences*. New York: Cambridge University Press. pp. 225-283.
- Kendawang, J.J., Ninomiya, I., Tanaka, K., Ozawa, T., Hattori, D., Tanaka, S. & Sakurai, K. (2007). Effects of Burning Strength in Shifting Cultivation on the Early Stage of Secondary Succession in Sarawak, Malaysia. *Tropics*, 16: 309-321.
- Kenzo, T., Ichie, T., Hattori, D., Itioka, T., Handa, C., Ohkubo, T., Kendawang, J.J., Nakamura, M., Sakaguchi, M., Takahashi, N., Okamoto, M., Tanaka-Oda, A., Sakurai, K. & Ninomiya, I. (2009a). Development of Allometric Relationships for Accurate Estimation of Above- and Below-Ground Biomass in Tropical Secondary Forests in Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 25: 371-386.
- Kenzo, T., Furutani, R., Hattori, D., Kendawang, J.J., Tanaka, S, Sakurai, K. & Ninomiya, I. (2009b). Allometric Equations for Accurate Estimation of Above-Ground Biomass in Logged-Over Tropical Rainforests in Sarawak, Malaysia. *Journal of Forest Research*, 14(6): 365-372.
- Ketterings, Q.M., Coe, R., Van Noordwijk, M., Ambagau, Y. & Palm, C. A. (2001). Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-Ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and Management*, 146:199-209.
- Kiyono, Y. & Hastaniah. (2005). Pattern of Slash-and-Burn Land Use and Their Effects on Forest Succession. Swidden-Land Forests in

- Borneo. *Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute*, 4: 259-282.
- Klanderud, K., Mbolatiana, H.Z.H., Vololomboahangy, M.N., Radimbison, M.A., Roger, E., Totland, O. & Rajeriarison, C. (2010). Recovery of Plant Species Richness and Composition after Slash-And-Burn Agriculture in A Tropical Rainforest in Madagascar. *Biodiversity and Conservation*, 19:187-204. DOI: 10.1007/s10531-009-9714-3.
- Kollmann, F.F.P. & W.A. Cote, Jr. (1968). *Principle of Wood Science and Technology*. Volume I. Solid Wood. New York: Springer Verlag.
- Krebs, C.J. (2001). *Ecology*, 5th Ed. USA: Addison Wesley Longman Inc. pp. 434-458.
- Kusuma, R.B., Kaskoyo, H. & Qurniati, R. (2020). Struktur dan Perilaku Pasar Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) di Pekon Lengkuai Kecamatan Kelumbayan Barat Kabupaten Tanggamus. In *Prosiding Seminar Nasional Konservasi 2020: Konservasi Sumber Daya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan*. (Hakim, L., Huda, Z., Wahono, E.P., Meliyana, Suharti, B., Nirmala, T. Tantalo, S. & Hartono, M. Eds.) Hal. 183-190. Tersedia di laman <http://repository.lppm.unila.ac.id>. Diakses pada 10 Juni 2021.
- Lamlom, S.H. & Savidge, R.A. (2003). A Reassessment of Carbon Content in Wood: Variation within and between 41 North American Species. *Biomass Bioenergy*, 25: 381-388.
- Lanly, J.P. (1982). *Tropical Forest Resources*. FAO Forestry Paper 30. Rome, Italy: FAO.
- Lawrence, D. (2004). Erosion of Tree Diversity during 200 Years of Shifting Cultivation in Bornean Rain Forest. *Ecological Applications*, 14(6): 1855-1869.
- MacDicken, K. (1997). *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects*. Virginia, Arlington, USA: Winrock International.
- Misra, K.C. (1992). *Manual of Plant Ecology*. New Delhi: Raju Primlani. pp. 109-241.
- Mittelman, A. (2001). Secondary Forests in the Lower Mekong Subregion: An Overview of Their Extent, Roles and Importance. *Journal of Tropical Forest Science*, 13(4): 671-690.

- Moore, P.D. & Chapman, S.B. (1986). *Methods in Plant Ecology*, 2nd Ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 589 pp.
- Nangaro, R.A., Zetly, E., Tamod & Titah, T. 2021. Analisis Kandungan Bahan Organik Tanah di Kebun Tradisional Desa Sereh Kabupaten Kepulauan Talaud. *Cocos. Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi*, 1(1): 1-17.
- Nelson, B.W., Mesquita, R., Pereira, J.L.G., De Souza, S.G.A., Batista, T. & Couto, L.B. (1999). Allometric Regressions for Improved Estimate of Secondary Forest Biomass in the Central Amazon. *Forest Ecology and Management*, 117:149-167.
- Nizam, M.S., Norziana, J., Sahibin, A.R. & Latiff, A. (2006). Edaphic Relationships Among Tree Species in the National Park at Merapoh, Pahang, Malaysia. *Jurnal Biosains*, 17(2): 37-53.
- Noor, A.A.G., Norini, H., Khamurudin, M.N., Ainuddin, A. & Ismariah, A. (2007). Economic Valuation of Timber Resources in Ayer Hitam Forest Reserve, Puchong, Selangor. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 30(2), 83-96.
- Noor, A.G.A., Hanum, I.F. & Marina, T.I.T. (2008). Relationship between Economic Value and Species Diversity of Timber Resources in a Hill Forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Sustainable Development*, 1(2): 17-26.
- Nurcan, R., Sribudiani, E. & Sudarmalik. (2014). Analisa Harga Jual Kayu Akasia Berdasarkan Pendekatan Biaya Produksi Pembangunan Hutan Tanaman Industri. Tersedia di laman <https://repository.unri.ac.id/handle/123456789/5701>. Diakses pada 1 Juli 2021.
- Nurlinda, I., Pujiwati, Y. & Ishak, M. (2014). Perbandingan Penanganan Tanah Terlantar di Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Sukabumi dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Hukum IUS Quia Iustum*, 21(1): 120-138.
- Nuryanti, D.M. (2017). Analisis Usaha Pemanfaatan Limbah Kulit Kayu Gergajian di UD. Sumarni Kecamatan Sukamaju Kabupaten Luwu Utara. *Journal TABARO Agriculture Science*, 1(1): 27-37.
- Odum, P.E. (2005). *Fundamentals of Ecology*, 5th Ed. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole. 598 pp.

- Paririe, F.D., Marwa, J. & Panambe, N. (2019). Tingkat Pendapatan Pengusaha Kayu Gergajian berdasarkan Margin Keuntungan dan Alur Pemasaran Kayu Lokal di Distrik Manokwari Utara. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 5(2): 196–206.
- Parlucha, J., Barbadillo, N. & Sedenio, P. (2017). Species-site Matching based on Growth Performance Evaluation of Mixed Native and Exotic Secondary Forest in Musuan Bukidnon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 10(3): 62-70.
- Perera, G.A.D. (2001). The Secondary Forest Situation in Sri Lanka: A Review. *Journal of Tropical Forest Science*, 13(4): 768-785.
- Pineiro, T.F., Escada, M.I.S., Valeriano, D.N., Hostert, P., Gollnow, F. & Müller, H. (2016). Forest Degradation Associated with Logging Frontier Expansion in the Amazon: The BR-163 Region in Southwestern Pará, Brazil. *Earth Interactions*, 20(17): 1-26.
- Pranamulya, A.S., Syafruddin, O. & Setiawan, W. (2013). Nilai Ekonomi Tumpang Sari Pada Hutan Rakyat (Studi Kasus di Kawasan Hutan Rakyat Tembong Podol Desa Rambatan Kecamatan Ciniru Kabupaten Kuningan). *Wanaraksa*, 7(1): 1-9.
- Purnamawati, A.D., Saputra, S.W. & Wijayanto, D. (2015). Nilai Ekonomi Hutan Mangrove di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang Diponegoro. *Journal of Maquares. Management of Aquatic Resources*, 4(3): 204-213.
- Radam, R.R. (2016). Studi Produktivitas dan Rendemen Industri Penggergajian Kayu Akasia Daun Lebar (*Acacia mangium* Willd) di Kecamatan Landasan Ulin Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*, 12(31): 99–107. DOI: 10.20527/JHT.V12I31.1563.
- Raharjo, B., T. Arief, R.U. Somantri & Wiratno. (2015). Eksplorasi dan Karakterisasi Sumber Daya Genetik Lokal Tanaman Pangan dan Hortikultura Spesifik Lokasi Sumatera Selatan. In *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Genetik Pertanian*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Rifqi, M. (2017). Ladang Berpindah dan Model Pengembangan Pangan Indonesia. Studi Kasus Daerah dengan Teknik Ladang Berpindah dan Pertanian Modern. In *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, 4 Pebruari 2017. Malang: ITN.

- Roshetko, J.M., Delaney, M., Hairiah, K. & Purnomosidhi, P. (2002). Carbon Stocks in Indonesian Homegarden Systems: Can Smallholder Systems be Targeted for Increased Carbon Storage. *American Journal of Alternative Agriculture*, 17(2): 1-11.
- Ruiz-Jaen, M.C. & Potvin, C. (2010). Tree Diversity Explains Variation in Ecosystem Function in a Neotropical Forest in Panama. *Biotropica*, 42(6): 638-646.
- Sapkota, I.P., Tigabu, M. & Odén, P.C. (2010). Changes in Tree Species Diversity and Dominance Across a Disturbance Gradient I Nepalese Sal (*Shorea robusta* Gaertn. f.) Forests. *Journal of Forestry Research*, 21(1): 25-32.
- Seiler, W. & Crutzen, P.J. (1980). Estimates of Gross and Net Fluxes of Carbon Between the Biosphere and the Atmosphere from Biomass Burning. *Climatic Change*, 2: 207-247.
- Selaya, N.G., Anten, N.P.R., Oomen, R.J., Matthies, M. & Werger, M.J.A. (2007). Above-Ground Biomass Investments and Light Interception of Tropical Forest Trees and Lianas Early in Succession. *Annals of Botany*, 99: 141-151.
- Setiawan, A.D. (2010). Biodiversity Conservation Strategy in a Native Perspective; Case Study of Shifting Cultivation at the Dayaks of Kalimantan. *Nusantara Biosci*, 2(2): 97-108. DOI: 10.13057/nusbiosci/n020208.
- Sierra, C.A., Valle, J.I.D., Orrego, S.A., Moreno, F.H., Harmon, M.A., Zapata, M., Colorado, G.J., Herrera, M.A., Lara, W., Restrepo, D.E., Berrouet, L.M., Loaiza, L.M. & Benjumea, J.F. (2007). Total Carbon Stocks in a Tropical Forest Landscape of the Porco Region, Colombia. *Forest Ecology and Management*, 243: 299-309.
- Sinaga, M. (2005). Produktivitas dan Biaya Produksi Penebangan Hutan Tanaman Industri di PT Inhutani II Pulau Laut. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(1): 69-78.
- Soenarno. (2017). Analisis Biaya Penebangan Sistem Swakelola: Studi Kasus di Dua IUPHHK-HA Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(2): 101-114.
- Stas, S. (2011). *Aboveground Biomass and Carbon Stocks in A Secondary Forest in Comparison with Adjacent Primary Forest on Limestone in Seram, the Moluccas, Indonesia*. Collaborative Land Use Planning and Sustainable Institutional Arrangements for Strengthening Land

- Tenure, Forest and Community Rights in Indonesia (CoLUPSIA). Bogor: CIFOR.
- Steininger, M.K. (2000). Satellite Estimation of Tropical Secondary Forest Above-Ground Biomass: Data from Brazil and Bolivia. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6&7): 1139-1157.
- Steininger, M.K. (2004). Net Carbon Fluxes from Forest Clearance and Regrowth in the Amazon. *Ecological Applications*, 14(4): S313-S322.
- Suhartana, S. & Yuniawati. (2010). Studi Komparasi Aplikasi Penebangan Ramah Lingkungan di Riau dan Jambi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 28(2): 119-129.
- Suryandari, E.Y. (2008). Analisis Permintaan Kayu Bulat Industri Pengolahan Kayu. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 5(1): 15-26.
- Syah, M.E., Makkarennu, M. & Supratman, S. (2018). Sistem Pemasaran Kayu Rakyat di Kabupaten Bulukumba Sulawesi Selatan. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 10(1): 192-202. DOI: 10.24259/jhm.v0i0.3945.
- Szott, L.T., Palm, C.A. & Davey, C.B. (1994). Biomass and Litter Accumulation under Managed and Natural Tropical Fallows. *Forest Ecology and Management*, 67: 177-190.
- Tansley, A.G. (1993). *An Introduction to Plant Ecology*. New Delhi: Discovery Publishing House. pp. 15-20; 43-50; 130-145.
- Thrupp, L.A., S.B. Hecht. & J.O. Browder. (1997). *The Diversity and Dynamics of Shifting Cultivation: Myths, Realities, and Policy Implication*. New York: World Resources Institute.
- Tukan. C.J.M, Yulianti, Roshetko, J.M. & Darusman, D. (2020). Pemasaran Kayu dari Lahan Petani di Propinsi Lampung. Hal: 131-141. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Center, ICRAF SE Asia. Tersedia di laman <https://apps.worldagroforestry.org>. Diakses pada 20 Mei 2021.
- Forest Product Laboratory. (2010). *Wood Handbook-Wood as an Engineering Material*. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Departement of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory. 508 p.

- Vieira, S.A., Alves, L.F. & Aidar, M.. (2008). Estimation of Biomass and Carbon Stocks: The Case of the Atlantic Forest. *Biota Neotrop*, 8: 21-29. DOI: 10.1590/S1676-0603200800020000.
- Warsein, R. (2015). *Analisis Biaya dan Produktivitas Produksi Kayu Pada Hutan Tanaman Industri (Studi Kasus: PT Sumatera Riang Lestari-Blok I, Sei Kebar, Kab. Labuhanbatu Selatan dan Kab. Padang Lawas Utara)*. Skripsi. Medan: Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara.
- Yirdaw, E., Monge, A.M., Austin, A. & Toure, I. (2019). Recovery of Floristic Diversity, Composition and Structure of Regrowth Forests on Fallow Lands: Implications for Conservation and Restoration of Degraded Forest Lands in Laos. *New Forests*, 50: 1007-1026. DOI: 10.1007/s11056-019-09711-2.

ASPEK EKOLOGI DAN EKONOMI LAHAN TERBIARKAN DI KALIMANTAN TIMUR

Buku ini mengeksplorasi teori-teori dasar diperkaya dengan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dan peneliti lain yang relevan dengan aspek ekologi dan ekonomi dari lahan terbiarkan. Bagian awal buku ini berisi tentang sejarah yang melatarbelakangi timbulnya lahan terbiarkan. Buku ini dilengkapi berbagai hasil analisis kuantitatif dengan penggunaan statistika untuk meninjau lahan terbiarkan dari aspek ekologi. Banyak persamaan allometrik yang diajukan untuk menduga biomassa dan karbon di lahan terbiarkan. Lebih lanjut, peninjauan pun dilakukan dari segi sifat fisika dan mekanika beberapa jenis kayu yang tumbuh dari lahan terbiarkan. Bagian akhir buku menilik aspek ekonomi lahan terbiarkan ditinjau dari biaya pemanenan, biaya penebangan, harga kayu, margin keuntungan, dan nilai tegakan. Secara umum dapat dinyatakan bahwa lahan terbiarkan memiliki potensi ekologi dan potensi ekonomi yang sangat besar dan bernilai.

Karyati. Lahir pada 9 April 1973 di Samarinda, Kalimantan Timur. Pendidikan S1 (Sarjana Kehutanan) diselesaikan di Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman (1991-1996). Pendidikan S2 (Magister Pertanian) diperoleh dari Program Magister Ilmu Kehutanan, Universitas Mulawarman (1996-1998). Pendidikan S3 (Ph.D) pada bidang Forest Science ditempuh di Faculty of Resource Science and Technology, Universiti Malaysia Sarawak (2009-2013). Sejak tahun 1999 aktif sebagai dosen di Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman dan melaksanakan Tridharma Perguruan Tinggi. Beberapa buku yang telah ditulis yaitu (1) Jenis-jenis Tumbuhan Bawah di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman (2018); (2) Teknologi Konservasi Tanah dan Air (2018); (3) Mikroklimatologi Hutan (2019); (4) Panduan Praktikum Konservasi Tanah dan Air (2019); (5) Emisi Gas Rumah Kaca Kota Samarinda: Tantangan dan Peluang Mitigasi (2020) dan (6) Panduan Praktikum Mikroklimatologi Hutan (2021) yang diterbitkan Mulawarman University Press.



Kusno Yuli Widiati. Lahir pada 28 Juli 1968 di Banjarnegara. Pendidikan Sarjana (S1) diselesaikan di Fakultas Kehutanan tahun 1992 dan Program Magister Ilmu Kehutanan, Universitas Mulawarman tahun 2000. Sejak tahun 1994 aktif sebagai staf pengajar di Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman dengan bidang keahlian Sifat Fisika dan Mekanika Kayu. Aktif melaksanakan kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi seperti mengikuti seminar nasional dan internasional, menulis di jurnal nasional, media surat kabar baik tulisan fiksi maupun opini, melaksanakan pengabdian masyarakat baik berdasarkan keahlian ilmu di bidang kehutanan maupun bidang yang berhubungan dengan seni keterampilan. Buku yang telah ditulis berjudul "Jenis-jenis Sambungan dan Tipe Rumah Panggung di Kota Samarinda" (2021) diterbitkan oleh Mulawarman University Press.



Karmini. Lahir pada 6 April 1975 di Samarinda, Kalimantan Timur. Pendidikan S1 (Sarjana Pertanian) ditempuh di Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman (1993-1997). Pendidikan S2 (Magister Pertanian) diselesaikan pada Program Magister Ilmu Kehutanan, Universitas Mulawarman (1998-2000). Mulai tahun 2000 aktif sebagai dosen di Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Pendidikan S3 (Ph.D) dilaksanakan di Faculty of Economy and Business, Universiti Malaysia Sarawak. Aktif mengikuti berbagai pertemuan ilmiah di dalam dan luar negeri, serta menulis beberapa artikel ilmiah yang dipublikasikan di jurnal nasional dan internasional bereputasi. Beberapa buku yang telah ditulis adalah (1) Riset Operasi: Teori dan Aplikasi di Bidang Pertanian (2009); (2) Ekonomi Produksi Pertanian (2018); (3) Ekonomi Mikro: Perilaku Konsumen, Perilaku Produsen, dan Mekanisme Harga (2019); (4) Dasar-dasar Agribisnis (2020); (5) Statistika Non Parametrik (2020); dan (6) Pengantar Ilmu Ekonomi (2021).



**Mulawarman
University PRESS**

Penerbit Member of IKAPI & APPTI
Mulawarman University PRESS
Gedung LP2M Universitas Mulawarman
Kampus Gunung Kelua, Jl. Karyan, Samarinda
Provinsi Kalimantan Timur, INDONESIA 75123
Telp/Fax: (0541) 747432, Email: mup@ippm.unmul.ac.id

