

ISSN 0216 - 0439
E-ISSN 2540 - 9689

Jurnal

Penelitian Hutan dan Konservasi Alam

Journal of Forest and Nature Conservation Research

Volume 22 Nomor 2 Tahun 2025



Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia
Association of Indonesian Forestry and Environment Researchers and Technicians

Terakreditasi
Surat Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
No: 158/E/KPT/2021

Jurnal

Penelitian Hutan dan Konservasi Alam

Volume 22 Nomor 2 Tahun 2025

ISI/CONTENT :

1. **Shafa Nadiya Syawali Sudrajat, Prijanto Pamoengkas, dan/and Adisti Permatasari Putri Hartoyo**
Komposisi Jenis Tumbuhan dan Simpanan Karbon Tegakan pada Area Rehabilitasi *Greenwall* Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat (*Species Composition and Carbon Stock of Trees in the Greenwall Rehabilitation Area of Gunung Gede Pangrango National Park, West Java*) 79 - 89
2. **Kamaliah, Yudi Firmanul Arifin, Zainal Abidin dan/and Mufidah Asyari**
Kelimpahan Anggrek (*Orchidaceae*) di Hutan Rawa Gambut Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Mungku Baru Kalimantan Tengah (*Abundance of Orchids (Orchidaceae) in the Peat Swamp Forest of the Forest Area with Special Purpose (KHDTK) Mungku Baru, Central Kalimantan*) 91 - 108
3. **Muhammad Sofwan Anwari, Yoga, Farah Diba, Siva Devi Azahra, dan/and Marwanto**
The Impact of Mangrove Vegetation on Fish Species Diversity in Batu Ampar Village (*Dampak Vegetasi Mangrove terhadap Keanekaragaman Spesies Ikan di Desa Batu Ampar*) 109 - 126
4. **Bintang Dewandaru, Prijanto Pamoengkas, dan/and Adisti Permatasari Putri Hartoyo**
Performa Pertumbuhan dan Stok Karbon Manglid (*Magnolia sumatrana* var. *glauc*a (Blume) Figlar & Noot) pada Area Rehabilitasi *Green Wall*, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (*Growth Performance and Carbon Stock of Manglid (Magnolia sumatrana* var. *glauc*a (Blume) Figlar & Noot) at *Green Wall* Rehabilitation Area, Gunung Gede Pangrango National Park) 127 - 137
5. **Maulana Zaki, Basuki Wasis, dan/and Diana Prameswari**
Karakteristik Tapak pada Berbagai Tutupan Lahan di Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi (*Site Characteristics under Various Land Covers in Mount Walat, Sukabumi Regency*) 139 -152



Komposisi Jenis Tumbuhan dan Simpanan Karbon Tegakan pada Area Rehabilitasi Greenwall Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat (Species Composition and Carbon Stock of Trees in the Greenwall Rehabilitation Area of Gunung Gede Pangrango National Park, West Java)

Shafa Nadiya Syawali Sudrajat*, Prijanto Pamoengkas, dan/and Adisti Permatasari Putri Hartoyo

Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: forest carbon stock, species composition, rehabilitation	<i>Gunung Gede Pangrango National Park (TNGGP) is a conservation area that has high potential as a carbon absorber and store. One of the locations is the rehabilitation area of Greenwall Program in the Nagrak Resort, TNGGP. This research aimed to analyze the species composition and carbon storage of stands in the area of Greenwall Program, as well as analyze the correlation between carbon stock and several ecological parameters. The method used was vegetation analysis with purposive random sampling. Three line transects were established at site experiencing different planting year (i.e. 2008, 2009, and 2010) where at each transect, five sampling plots with size of 20 m x 20 m each were created. The results showed that the species composition in this area is dominated by the species <i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth., <i>Agathis dammara</i> (Lamb.) Rich., and <i>Syzygium polyanthum</i> (Wight) Walp. The total carbon stock in the observation plot is 103,44 tonnes/ha with the highest contribution coming from tree level (96,38 tonnes/ha).</i>
Kata kunci: karbon hutan, komposisi jenis, rehabilitasi	ABSTRAK
Riwayat artikel: Tanggal diterima: 10 Mei 2025; Tanggal disetujui: 29 Desember 2025.	Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) merupakan salah satu kawasan konservasi yang memiliki potensi tinggi sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Salah satunya pada areal program rehabilitasi <i>Greenwall</i> , di Resort Nagrak TNGGP. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi jenis, dan simpanan karbon tegakan pada areal rehabilitasi <i>Greenwall</i> , serta korelasi antara konsentrasi karbon dengan beberapa parameter ekologi. Metode yang digunakan adalah analisis vegetasi dengan <i>purposive random sampling</i> . Ukuran plot 20 m x 20 m sebanyak 3 jalur per tahun penanaman (2008, 2009, dan 2010). Komposisi jenis pada kawasan ini didominasi oleh jenis <i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth., <i>Agathis dammara</i> (Lamb.) Rich., dan <i>Syzygium polyanthum</i> (Wight) Walp. Total simpanan karbon tegakan pada plot penelitian sebesar 103,44 ton/ha dengan kontribusi tertinggi berasal dari tingkat pertumbuhan pohon (96,38 ton/ha).

Korespondensi penulis: Shafa Nadiya Syawali Sudrajat * (E-mail: ppam@apps.ipb.ac.id)

Kontribusi penulis: **SNSS**: membuat konsep dan metodologi, pengambilan data, analisis data, menulis naskah; **PJP**: membuat metodologi, memberikan masukan dan bimbingan, mengarahkan pengambilan data dan analisis data, dan review naskah; **APPH**: membuat metodologi, memberikan masukan dan bimbingan, mengarahkan analisis data dan review naskah.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah tropis, sehingga negara ini memiliki berbagai macam tipe ekosistem hutan. Salah satu jenis ekosistem hutan yang paling dominan dan menjadi ciri khas dari Indonesia adalah hutan hujan tropis dengan sebaran hampir di seluruh wilayah Indonesia. Hutan hujan tropis merupakan salah satu tipe ekosistem hutan yang memiliki biodiversitas yang tinggi dan memiliki tajuk yang berlapis (multi strata). Hutan memiliki berbagai macam fungsi, salah satunya adalah sebagai tempat serapan karbon (CO₂). Penurunan luas hutan hujan tropis yang diiringi dengan semakin meningkatnya polusi, dapat menyebabkan percepatan proses pemanasan global dan perubahan iklim. Oleh karena itu, keberadaan vegetasi hutan memiliki peran yang sangat penting dalam menyimpan cadangan karbon dengan jumlah yang sangat besar, sehingga dapat menjaga dan memberikan keseimbangan pada siklus karbon di bumi (Elias, 2009).

Taman nasional merupakan kawasan yang memiliki peran penting dalam menyerap dan menyimpan karbon. Salah satu contohnya adalah Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) di Jawa Barat, yang ditetapkan UNESCO sebagai cagar biosfer pada tahun 1977 (Arrijani, 2008; Larasati dkk., 2012). Kawasan seluas 24.270,80 ha ini didominasi ekosistem hutan hujan tropis, menjadikannya salah satu penyerap karbon alami terpenting di Indonesia. Statusnya sebagai cagar biosfer juga menegaskan nilai konservasi dan keanekaragaman hayatinya yang tinggi.

TNGGP memiliki wilayah pengelolaan khusus, seperti Bidang II Sukabumi (Resort PTN Nagrak), yang mencakup zona rehabilitasi seluas 633,52 ha yang merupakan area implementasi program rehabilitasi Greenwall. Program ini merupakan hasil kolaborasi antara Balai Besar TNGGP, Conservation International Indonesia (CII), DAIKIN, dan masyarakat yang telah diimplementasikan sejak 2008 untuk memulihkan kawasan eks-Perhutani

(Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Sebanyak 320 ha dari zona ini dikhususkan untuk kegiatan rehabilitasi, menunjukkan upaya nyata dalam restorasi ekosistem yang terdegradasi.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji komposisi jenis tumbuhan dan stok karbon di TNGGP. Dendang dan Handayani (2015) di Resort Cibodas menunjukkan adanya dinamika komposisi jenis pada setiap tingkat pertumbuhan vegetasi, dengan tingkat pohon dan tiang didominasi oleh *Altingia excelsa*, sedangkan tingkat semai dan pancang didominasi oleh *Cestrum auranticum* dan *Laportea stimulans*. Penelitian Alhamd dan Rahajoe (2013) di Hutan Pinus Bodogol mencatat jumlah individu pohon sebanyak 841 ind/ha pada tahun 2009 dan 779 ind/ha pada tahun 2011, dengan jenis dominan Pinus merkusii. Menurut Dendang dan Handayani (2015), perbedaan komposisi jenis pada tiap lokasi dan tingkat pertumbuhan menunjukkan adanya gangguan proses regenerasi selama 50 tahun terakhir. Alhamd dan Rahajoe (2013) juga melaporkan nilai biomassa atas tanah (AGB) tertinggi berasal dari jenis pinus, yaitu sebesar 238,4–315,3 ton/ha. Sementara itu, penelitian Rozak dkk. (2017) di 26 titik lokasi di seluruh TNGGP menunjukkan simpanan karbon tegakan sebesar 176,2 ton/ha, dengan empat dari 114 jenis pohon yang teridentifikasi sebagai penyumbang terbesar, yaitu *Schima wallichii*, *A. excelsa*, *Castanopsis acuminatissima*, dan *Vaccinium viringiaefolium*.

Hasil dari penelitian terdahulu tersebut menunjukkan bahwa TNGGP memiliki potensi yang sangat besar sebagai salah satu lokasi penyimpan karbon, karena kekayaan vegetasinya yang berlimpah. Pelaksanaan program rehabilitasi, dapat meningkatkan jumlah penyerapan karbondioksida di udara, yang berasal dari tegakan. Selain itu komposisi jenis juga menjadi salah satu parameter yang harus diperhatikan dalam rehabilitasi ekosistem.

Hingga saat ini, belum banyak ditemukannya riset yang mengkaji tentang komposisi jenis dan simpanan karbon tegakan pada area rehabilitasi *Greenwall*, sedangkan basis data komposisi vegetasi tersebut merupakan hal dasar yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengelolaan hutan lestari. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian terkait komposisi jenis dan simpanan karbon tegakan pada area rehabilitasi *Greenwall* di TNGGP. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi jenis dan menduga simpanan karbon tegakan pada area rehabilitasi *Greenwall*. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan fungsi ekologis kawasan, serta dapat menjadi acuan dan pertimbangan pengelola kawasan dalam skema pengelolaan hutan lestari.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Waktu / Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada bulan November – Desember 2023 di area rehabilitasi *Greenwall* dengan tahun penanaman adalah tahun 2008, 2009, dan 2010 di *Resort* Nagrak, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat (Gambar 1).

Program *Greenwall* merupakan program rehabilitasi kawasan yang semula merupakan area hutan produksi milik perhutani yang ditanami oleh jenis *Agathis dammara* (Lamb.) Rich. secara monokultur. Program rehabilitasi kawasan telah dilakukan sejak tahun 2008 - 2010 melalui revegetasi, dengan jumlah bibit yang telah ditanam diperkirakan sekitar 120.000 bibit pohon pada lahan seluas 320 ha. Jenis-jenis yang ditanam meliputi puspa (*Schima wallichii*), rasamala (*Altingia excelsa*), manglid (*Magnolia blumei*), suren (*Toona sureni*), kisireum (*Syzigium rostratum*), salam (*Eugenia clavimirtus*), Janitri (*Elaeocarpus pierrei*), dan lame (*Alstonia scholaris*). Serta terdapat juga jenis pohon buah-buahan yang ditanam di sekitar batas kawasan berupa Aren (*Arenga pinata*),

angka (*Artocarpus heterophyllus*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), pala (*Myristica fragrans*), jengkol (*Pithecollobium lobatum*), petai (*Parkia speciosa*), muncang (*Aleurites moluccana*), dan klewek (*Pangium edule*). Bibit yang telah ditanam kemudian akan dibiarkan tumbuh secara alami, dan teknik pemeliharaan yang dilakukan oleh pengelola kawasan hanyalah teknik penyulaman pada tanaman yang mati.

2.2. Bahan dan Alat Penelitian

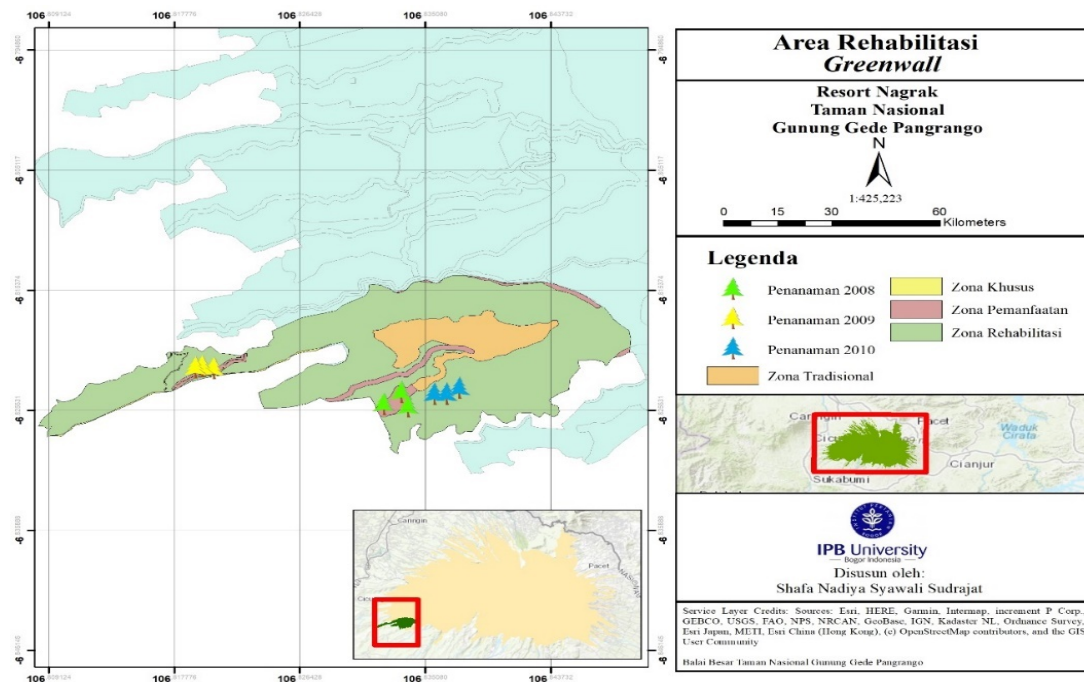
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pita ukur, tali rafia, haga hypsometer, GPS, kompas, tally sheet, patok, alat tulis, software Microsoft Excel, Microsoft Word, Clinometer, dan golok. Obyek penelitian ini adalah tegakan hutan sekunder lahan kering di area rehabilitasi *Greenwall Resort* Nagrak Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data diameter, tinggi total, tinggi bebas cabang, jumlah individu/jenis, nama jenis, dan titik koordinat lokasi.

2.3. Metode Penelitian

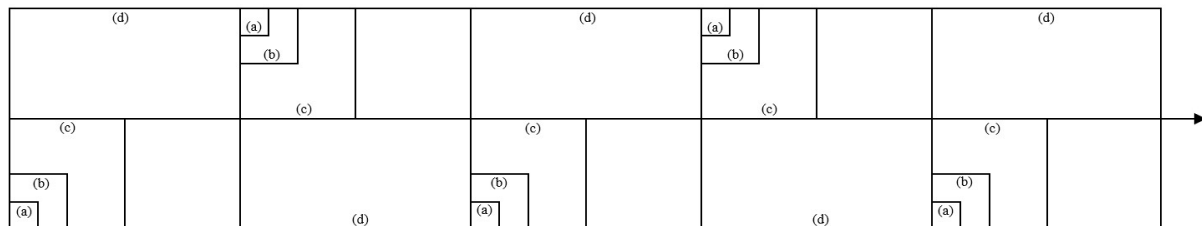
Pengambilan data dilakukan melalui pembuatan plot, dan pengambilan data vegetasi. Data yang telah diperoleh terbagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer terdiri atas data pengukuran komposisi jenis dan biomassa tegakan. Sedangkan data sekunder berupa studi literatur yang mencakup data klimatis, deskripsi umum lokasi penelitian, dan peta kawasan.

Pembuatan plot contoh penelitian

Pengumpulan data vegetasi dilakukan dengan metode petak berjalur yang ditempatkan secara *purposive random sampling* dan ditetapkan berdasarkan variasi umur tegakan (Pertiwi dkk. 2018). *Purposive random sampling* adalah teknik pengambilan sampling dengan pertimbangan dan kriteria tertentu, namun peletakkannya dilakukan secara acak (Gayatri dan Mustanda, 2014).



Gambar (Figure) 1. Peta lokasi penelitian Resort Nagrak TNGGP (*Location Map of Research at Resort Nagrak TNGGP*).



Gambar (Figure) 2. Desain plot penelitian vegetasi (*Vegetation research plot design*) (Hilwan dan Nurjannah, 2014).

Penempatan plot jalur dilakukan secara acak berdasarkan pertimbangan tahun penanaman tegakan yaitu tahun 2008, 2009, dan 2010. Masing-masing plot dibuat dengan ukuran 20m x 20m sebanyak 3 jalur per kelas umur, setiap jalur terdiri atas 5 plot secara transek mengikuti garis kontur. Total plot yang dibangun adalah 45 plot dengan masing-masing 15 plot/kelas umur. Pada setiap plot dibangun subplot contoh berukuran 2m x 2m untuk tingkat semai dan tumbuhan bawah, 5m x 5m untuk tingkat pancang ($10\text{cm} \leq D \leq 20\text{cm}$), 10m x 10m untuk tingkat tiang ($10\text{cm} \leq D \leq 20\text{cm}$), dan 20 m x 20 m untuk tingkat pohon ($D \geq 20\text{cm}$) (Gambar 2).

Pengambilan data vegetasi

Pengumpulan data vegetasi dilakukan dengan cara menghitung jumlah jenis, mengukur diameter, tinggi bebas cabang, dan tinggi total setiap jenis individu pada setiap subplot penelitian. Data yang dikumpulkan pada tingkat tumbuhan bawah, semai, dan pancang adalah data jenis dan jumlah individu per jenis. Data yang dikumpulkan pada tingkat tiang dan pohon mencakup data jenis, diameter setinggi dada (DBH), tinggi total pohon (TT), dan tinggi bebas cabang (TBC).

Pendugaan biomassa dan karbon

Pendugaan biomassa dan karbon pada penelitian ini berfokus pada tingkat pertumbuhan pancang dan pohon. Pendugaan biomassa dilakukan secara non-destruktif, yaitu melalui perhitungan dengan persamaan alometrik biomassa. Perhitungan ini biasa digunakan dalam menduga biomassa yang tersimpan di dalam tegakan pohon. Jenis pohon yang tidak memiliki persamaan alometrik biomassa dapat menggunakan persamaan alometrik volume (Hilwan dan Nurjannah, 2014).

2.4. Analisis Data

Analisis Komposisi Jenis

Analisis data komposisi jenis untuk tingkat tumbuhan bawah, semai, dan pancang dapat diketahui melalui perhitungan frekuensi relatif (FR), kerapatan relatif (KR), dan indeks nilai penting (INP). Analisis data komposisi jenis untuk tingkat tiang dan pohon dapat diketahui melalui perhitungan nilai frekuensi relatif (FR), kerapatan relatif (KR), dominansi relatif (DR), dan indeks nilai penting (INP) dari masing-masing jenis pada tingkat vegetasi (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974).

Indeks nilai penting (INP) digunakan untuk mengetahui jenis dan tingkat pertumbuhan yang mendominasi pada suatu komunitas tertentu serta peranannya dalam komunitas tersebut. Indeks nilai penting diperoleh dengan menghitung nilai kerapatan (N/ha), kerapatan relatif (%), frekuensi, frekuensi relatif (%), dominansi (m²/ha), dan dominansi relatif (%). Menurut Soerianegara dan Indrawan (1988), nilai-nilai tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

Kerapatan (N/ha) diperoleh dari hasil pembagian banyaknya individu suatu jenis dalam suatu plot penelitian dengan luas plot contoh seperti rumus berikut:

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis (N)}}{\text{Luas plot contoh (ha)}}$$

Kerapatan relatif (%) merupakan persentase kerapatan suatu jenis dalam suatu plot penelitian yang diperoleh dari hasil pembagian kerapatan suatu jenis dengan kerapatan total seluruh jenis, kemudian dikali 100% seperti rumus berikut:

$$\text{Kerapatan Relatif} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis (N/ha)}}{\text{Kerapatan total seluruh jenis (N/ha)}} \times 100\% \dots$$

Frekuensi diperoleh dari hasil pembagian banyaknya plot yang di dalamnya ditemukan suatu jenis dibagi dengan jumlah seluruh plot seperti rumus berikut:

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$$

Frekuensi relatif (%) merupakan persentase frekuensi suatu jenis dalam suatu plot penelitian yang diperoleh dari hasil frekuensi suatu jenis dibagi dengan frekuensi seluruh jenis, kemudian dikali 100% seperti rumus berikut:

$$\text{Frekuensi Relatif} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Dominansi (m²/ha) diperoleh dari hasil pembagian jumlah bidang dasar suatu jenis dengan luasan petak contoh penelitian seperti rumus berikut:

$$\text{Dominansi} = \frac{\text{Jumlah bidang dasar suatu jenis (m}^2\text{)}}{\text{Luas plot contoh (ha)}}$$

Dominansi relatif (%) merupakan persentase dominansi suatu jenis dalam suatu plot penelitian yang diperoleh dari hasil pembagian dominansi suatu jenis dengan dominansi seluruh jenis, kemudian dikali 100% seperti rumus berikut:

$$\text{Dominansi Relatif} = \frac{\text{Dominansi suatu jenis (m/ha)}}{\text{Dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Rumus perhitungan INP yang digunakan pada tingkat pertumbuhan semai dan pancang adalah sebagai berikut:

$$\text{INP (\%)} = \text{KR} + \text{FR}$$

Sedangkan pada tingkat pertumbuhan tiang dan pohon adalah sebagai berikut:

$$\text{INP (\%)} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR}$$

Semakin tinggi nilai INP suatu jenis, menandakan semakin mendominasi dan semakin berperan juga keberadaan jenis tersebut pada suatu komunitas.

Pendugaan Biomassa Tegakan

Pendugaan biomassa tegakan dilakukan menggunakan metode non-destruktif, yaitu dengan perhitungan menggunakan rumus alometrik. Lokasi penelitian merupakan kawasan ekosistem hutan alam sekunder lahan kering yang ditanami oleh berbagai macam jenis pohon, sehingga rumus alometrik yang digunakan adalah rumus untuk jenis campuran dengan tipe hutan tropis lembap. Persamaan alometrik biomassa yang digunakan tertera dalam Tabel 1.

Pendugaan Simpanan Karbon Tegakan

Pendugaan simpanan karbon tegakan dilakukan dengan mengalikan total biomassa tegakan dengan nilai persentase

kandungan karbon dalam bahan organik 47% (BSN 2019) dengan rumus sebagai berikut:

$$C = B \times 0,47$$

Keterangan:

C = kandungan karbon (kg)

B = total biomassa tegakan (kg)

%C Organik = nilai persentase kandungan karbon yaitu 0,47

3. Hasil dan Pembahasan

Indeks Nilai Penting pada Area Rehabilitasi Greenwall

Penelitian di area rehabilitasi *Greenwall*, Resort Nagrak, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango telah membuahkan beberapa hasil yang terbagi dalam komposisi jenis tumbuhan, struktur vegetasi horizontal, dan estimasi cadangan karbon tegakan. Komposisi jenis tumbuhan dapat dilihat melalui Indeks Nilai Penting (INP), yang menggambarkan tingkat dominansi suatu jenis terhadap jenis lainnya dalam suatu komunitas hutan. Spesies dengan nilai INP tertinggi akan memiliki peluang yang lebih besar untuk mempertahankan pertumbuhan dan kelestariannya (Mawazin dan Subiakto, 2016). Nilai INP di kawasan rehabilitasi *Greenwall* disajikan pada Tabel 2.

Tabel (Table) 1. Daftar persamaan allometrik yang digunakan (*List of allometric equation used*)

Tipe Hutan	Jenis	Persamaan Allometrik	Sumber
Hutan tropis lembap	Campuran	$Y = \rho \times \exp(-1,499 + 2,1481 \ln(\text{DBH}) + 0,207 (\ln(\text{DBH}))^2 - 0.0281(\ln(\text{DBH}))^3)$	Chave dkk. (2005)

Keterangan (*Remarks*):

Y = biomassa total (kg/pohon), DBH = diameter setinggi dada (cm), ρ = massa jenis kayu (gr/cm³)

(Y = total biomass (kg/tree), DBH = diameter at breast height (cm), ρ = wood density (gr/cm³))

Tabel (Table) 2. Indeks Nilai Penting (INP) di Area Rehabilitasi *Greenwall* Resort Nagrak, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (*Important Value Index (IVI) in The Greenwall Rehabilitation Area of Nagrak Resort, Gunung Gede Pangrango National Park*)

Tingkat Pertumbuhan (Growth Level)	Nama Spesies (Species Name)	INP (%)		
		2008	2009	2010
Semai (Seedling)	<i>Schima wallichii</i>	110,00 (1)	-	83,33 (1)
	<i>Macaranga triloba</i>	45,00 (2)	-	27,78 (3)
	<i>Agathis dammara</i>	24,28 (3)	-	-
	<i>Manglietia glauca</i>	-	-	61,11 (2)
	<i>Calliandra calothyrsus</i>	-	-	27,78 (3)
Pancang (Sapling)	<i>Schima wallichii</i>	116,67 (1)	-	84,82 (1)
	<i>Manglietia glauca</i>	41,67 (2)	-	53,57 (2)
	<i>Psidium guajava</i>	41,67 (2)	-	-
	<i>Nephelium lappaceum</i>	-	-	20,53 (4)
	<i>Swietenia mahagony</i>	-	-	41,07 (3)
Tiang (Pole)	<i>Manglietia glauca</i>	95,22 (1)	-	89,91 (1)
	<i>Schima wallichii</i>	67,14 (2)	-	46,44 (4)
	<i>Castanopsis Javanica</i>	57,74 (3)	-	-
	<i>Toona sureni</i>	27,53 (4)	-	-
	<i>Elaeocarpus ganitrus</i>	21,51 (5)	-	-
	<i>Symplocos fasciculata</i>	17,01 (6)	-	-
	<i>Artocarpus altilis</i>	-	166,67 (1)	-
	<i>Syzygium polyanthum</i>	-	133,33 (2)	72,60 (3)
	<i>Agathis dammara</i>	-	-	76,14 (2)
	<i>Nephelium lappaceum</i>	-	-	39,31 (5)
Pohon (Tree)	<i>Agathis dammara</i>	118,79 (1)	-	76,52 (2)
	<i>Schima wallichii</i>	49,99 (2)	20,74 (5)	20,92 (5)
	<i>Toona sureni</i>	41,72 (3)	-	-
	<i>Manglietia glauca</i>	29,64 (4)	69,90 (3)	110,81 (1)
	<i>Castanopsis javanica</i>	24,58 (5)	-	-
	<i>Alstonia scholaris</i>	-	70,80 (2)	-
	<i>Syzygium polyanthum</i>	-	94,94 (1)	43,41 (3)
	<i>Acacia mangium</i>	-	24,73 (4)	-
	<i>Swietenia mahagony</i>	-	-	30,13 (4)

Keterangan (Remarks):

() = urutan nilai INP tertinggi, (-) = tidak ditemukan

() = highest INP rank, (-) = not found

Analisis komposisi jenis tumbuhan pada subplot semai menunjukkan bahwa jenis-jenis yang ditemukan pada plot penanaman tahun 2008 dan 2010 masing-masing terdiri dari 3 dan 4 jenis: *Agathis dammara*, *Macaranga gigantea*, dan *Schima wallichii* pada petak tahun 2008, dan *Manglietia glauca*, *Calliandra calothyrsus*, *Schima wallichii*, dan *Macaranga gigantea* pada plot tahun 2010. Selain itu, tidak ada spesies semai yang ditemukan di plot penanaman 2009 karena lahan tersebut telah dikonversi menjadi kawasan agroforesti dengan tanaman

seperti pisang dan singkong. Jumlah spesies yang ditemukan berkaitan dengan Indeks Nilai Penting (INP), yang mengindikasikan tingkat kepentingan suatu spesies dalam suatu komunitas hutan. Hasil INP untuk tingkat semai menunjukkan bahwa spesies pusa (*S. wallichii*) memiliki INP tertinggi, yaitu 110% dan 83,33%. Sebaliknya, pada tahun 2009 tidak ditemukan adanya anakan, sehingga INP untuk kedua tahap pertumbuhan tersebut adalah 0.

Analisis komposisi spesies untuk tahap pancang menunjukkan bahwa spesies yang ditemukan di plot penanaman 2008

adalah *Psidium guajava*, *Manglietia glauca*, dan *Schima wallichii*. Pada plot tahun 2010, spesies yang ditemukan antara lain *Manglietia glauca*, *Nephelium lappaceum*, *Swietenia mahagoni*, dan *Schima wallichii*. Tidak ada spesies pancang yang ditemukan pada plot penanaman tahun 2009. Hasil perhitungan INP untuk tingkat pancang menunjukkan bahwa puspa (*S. wallichii*) memiliki INP tertinggi dengan nilai 116,67% dan 84,82% untuk masing-masing plot.

Untuk tingkat tiang, spesies yang ditemukan di plot penanaman 2008 mencakup 7 spesies, dengan jumlah individu terbanyak adalah *Manglietia glauca*. Pada plot tahun 2009, hanya ditemukan 2 jenis yaitu sukun (*Artocarpus altilis*) dan salam (*Syzygium polyanthum*) yang masing-masing hanya ditemukan di 1 plot. Pada plot 2010, di antara 5 spesies yang ditemukan, *M. glauca* memiliki jumlah individu tertinggi. INP tertinggi untuk tingkat tiang pada plot penanaman tahun 2008 adalah 95,22% untuk *M. glauca*. Pada tahun 2009, hanya ada dua spesies yang ditemukan yaitu sukun (*A. altilis*) dan salam (*S. polyanthum*), dengan INP tertinggi untuk sukun (*A. altilis*) adalah 166,67%. Tingginya INP sukun disebabkan oleh rendahnya keanekaragaman jenis tumbuhan di lokasi penelitian. Pada plot penanaman tahun 2010, *M. glauca* memiliki INP tertinggi yaitu 89,91%.

Analisis komposisi spesies pada tingkat pohon menunjukkan bahwa pada plot penanaman tahun 2008, ditemukan 15 spesies pohon, dengan puspa (*S. wallichii*) dan damar (*A. dammara*) sebagai spesies yang paling dominan. Pada plot tahun 2009, ditemukan 9 jenis yang didominasi oleh salam (*S. polyanthum*). Pada plot 2010, ditemukan 8 spesies, dengan *M. glauca* sebagai spesies yang paling dominan. INP tertinggi untuk pohon di plot penanaman 2008 adalah 118,79% untuk damar (*A. dammara*), yang menempati urutan kedua dalam hal jumlah individu terbanyak yang ditemukan, dengan puspa (*S. wallichii*) yang memiliki jumlah individu terbanyak.

Meskipun damar memiliki jumlah individu yang lebih sedikit dibandingkan puspa, namun INP yang tinggi disebabkan oleh diameternya yang besar, dimana pohon damar dapat mencapai diameter 107 cm, dibandingkan dengan pohon puspa yang berdiameter 20-26 cm. INP untuk pohon dihitung dengan menjumlahkan kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif suatu jenis dalam suatu komunitas, dengan dominansi relatif dihitung dengan menggunakan parameter luas petak dan LBDS. Dengan demikian, diameter pohon yang lebih besar dalam suatu komunitas hutan secara signifikan mempengaruhi INP suatu spesies. Pada plot tahun 2009, INP tertinggi sebesar 94,94% adalah salam (*S. polyanthum*), sejalan dengan tingginya jumlah individu salam yang ditemukan. Demikian pula pada plot 2010, *Manglietia glauca* memiliki INP tertinggi yaitu 110,81%, karena merupakan spesies dengan jumlah dan sebaran individu tertinggi di plot tersebut.

Spesies pada tingkat semai dan pancang dapat dianggap penting dalam komunitas atau ekosistemnya jika memiliki $INP \geq 10\%$, sedangkan spesies pada tingkat tiang dan pohon dianggap penting jika memiliki $INP \geq 15\%$ (Mawazin dan Subiakto 2016). Berdasarkan kriteria ini, spesies yang tercantum pada Tabel 2 memiliki $INP \geq 10\%$ (untuk tingkat semai dan pancang) dan $INP \geq 15\%$ (untuk tingkat tiang dan pohon), yang mengindikasikan bahwa spesies-spesies tersebut memiliki peran penting dalam komunitasnya. Analisis vegetasi juga menunjukkan dominansi puspa (*S. wallichii*) dan *M. glauca* di hampir semua plot penelitian. Puspa merupakan jenis pionir yang dapat dikembangkan untuk upaya revegetasi (Adman, 2012). Ati dkk. (2017) juga menyatakan bahwa tumbuhan puspa di Taman Nasional Gunung Merbabu memiliki jumlah anakan yang banyak, sehingga berpotensi sebagai sumber bibit puspa. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian ini di TNGGP, di mana pohon puspa dikelilingi oleh banyak anakan.

Bloembergen (1952) menyebutkan bahwa tumbuhan puspa tersebar secara alami di Jawa, khususnya Jawa Barat, pada ketinggian 1.000 - 1.500 m dpl, dan dapat tumbuh secara berkelompok membentuk hutan primer maupun sekunder. Tingginya nilai penting puspa di ketiga lokasi penelitian menunjukkan peran dan dominasinya yang cukup besar.

Pendugaan Simpanan Karbon Tegakan pada Area Rehabilitasi Greenwall

Pendugaan biomassa tegakan dapat dilakukan dengan menggunakan model biomassa alometrik, yang juga merupakan model hubungan antara ukuran atau pertumbuhan salah satu komponen dari suatu organisme hidup dengan keseluruhan komponen organisme tersebut (Parresol, 1999). Hasil pendugaan biomassa dan cadangan karbon di kawasan rehabilitasi *Greenwall*, TNGGP disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa estimasi biomassa dan cadangan karbon secara umum meningkat pada tingkat pohon setiap tahunnya. Namun, penurunan cadangan karbon terjadi pada plot penanaman tahun 2009, dan kembali meningkat pada plot tahun 2010. Hal ini disebabkan oleh hanya ditemukannya 3 individu tiang pada plot tahun 2009. Perbedaan cadangan karbon dapat dipengaruhi oleh faktor kerapatan

tegakan. Nuranisa dkk. (2020) juga menyatakan bahwa umur tegakan, diameter, kesuburan tanah, dan pengelolaan lahan berpengaruh terhadap perbedaan cadangan karbon. Estimasi cadangan karbon tertinggi terdapat pada plot penanaman 2008 sebesar 45,21 ton/ha, yang memiliki LBDS tertinggi sebesar 23,7 m²/ha.

Estimasi penyimpanan karbon untuk area rehabilitasi *Greenwall* adalah 103,44 ton/ha, dengan kontribusi tertinggi dari tahap pohon yaitu 96,38 ton/ha atau sekitar 93,2% dari total hasil. Hal ini sejalan dengan Hendrawan dkk. (2014), yang menemukan bahwa persentase kontribusi terbesar dari total simpanan karbon berasal dari pohon, yaitu sebesar 85,16%.

4. Kesimpulan

Komposisi spesies pada plot penanaman tahun 2008 dan 2010 didominasi oleh puspa (*Schima wallichii*) dan damar (*Agathis dammara*), sedangkan plot penanaman tahun 2009 didominasi oleh salam (*Syzygium polyanthum*). Total cadangan karbon di plot-plot tersebut adalah 103,44 ton/ha, dengan kontribusi tertinggi berasal dari tingkat pohon, yaitu 96,38 ton/ha atau sekitar 93,2% dari total cadangan karbon.

Tabel (Table) 3. Pendugaan biomassa dan simpanan karbon tegakan di area *Greenwall*, TNGGP
(*Estimation of biomass and carbon reserves in the Greenwall area, TNGGP*)

Tahun Tanam	Tingkat Pertumbuhan	Biomassa (ton/ha)	Simpanan Karbon (ton/ha)
2008	Tiang	6,71	3,15
	Pohon	89,48	42,06
Subtotal		96,19	45,21
2009	Tiang	2,71	1,27
	Pohon	71,34	33,53
Subtotal		74,05	34,80
2010	Tiang	5,61	2,64
	Pohon	44,24	20,79
Subtotal		49,85	23,43
Total		220,09	103,44
Rata-Rata		73,36	34,48

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak pengelola Balai Besar Taman Nasional Gunung Gede Pangrango dan *Resort* Nagrak, serta para tim lapang yang telah ikut serta membantu dalam proses pengumpulan data lapang.

Daftar Pustaka

- Adman, B., Hendarto, B., & Sasongko, D.P. (2012). Pemanfaatan Jenis Pohon Lokal Cepat Tumbuh Untuk Pemulihan Lahan Pascatambang Batubara (Studi Kasus Di Pt. Singlurus Pratama, Kalimantan Timur). *Jurnal Ilmu Lingkungan* 10(1): 19-25.
- Alhamd, L., & Rahajoe, J.S. (2013). Species composition and above ground biomass of a pine forest at Bodogol, Gunung Gede Pangrango National Park, West Java. *Journal of Tropical Biology and Conservation*, 10, 43-49.
- Ati, S.M., Efrain, P., & Hardiatmi, S. (2017). Kajian tinggi anakan alam dan ukuran polybag terhadap pertumbuhan bibit puspa (*Schima wallichii* (DC) Korth). *Jurnal Inovasi Pertanian*, 18(2), 33-45.
- Bloembergen, S. (1952). A critical study in the complex-polymorphous genus *Schima* (Theaceae). *Reinwardtia*, 2, 133-183
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon berbasis lahan (land-based carbon accounting). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Folster, 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.
- Dendang, B., & Handayani, W. (2015). Struktur dan komposisi tegakan hutan di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat, *Prov Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 1, 691–695.
- Elias. (2009). Sistem dan Teknik Silvikultur Pengelolaan Hutan Produksi di Indonesia. Bogor: Diklat Wasganis PHPL Pemanenan Hutan Produksi.
- Gunawan, W., Basuni, S., Indrawan, A., Prasetyo, L.B., & Soedjito, H. (2012). Analisis komposisi dan struktur vegetasi terhadap upaya restorasi kawasan Hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *J Pengelolaan Sumber Alam dan Lingkungan*, 1(2), 93–105.
- Hendrawan, F., Satjapradja, O., & Dharmawan, I.W.S. (2014). Potensi biomassa karbon tegakan, nekromas (necromass) dan serasah (litter) pada Hutan Penelitian Dramaga. *Jurnal Nusa Sylva Fakultas Kehutanan Universitas Nusa Bangsa*, 14(1), 1-9.
- Hidayat, S. (2014). Kondisi vegetasi hutan lindung Sesaot, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat, sebagai informasi dasar pengelolaan kawasan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallaceae*, 3(2), 97-105
- Hilwan, I., & Nurjannah, S. (2014). Revegetasi Lahan Pasca Tambang Di Pt Jorong Barutama Greston, Kalimantan Selatan. *J Silvikultur Trop*, 5(3), 188–195.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Zona Pengelolaan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Kabupaten Cianjur, Kabupaten Sukabumi, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Bogor: Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango.
- Karim, S.N. (2017). Komposisi dan struktur tegakan hutan alam di areal kerja IUPHHK-HA PT Ratah Timber Kalimantan Timur [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mawazin., & Subiakto, A. (2013). Keanekaragaman dan komposisi jenis

- permudaan alam hutan rawa gambut tebangan di Riau. *Indonesian Forest Rehabilitation Journal*, 1(1), 59-73.
- Parresol, B.R. (1999). *Plant Allometry: The Scaling of Form and Process*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rozak, A.H., Astutik, S., Mutaqien, Z., Widyatmoko, D., & Sulistyawati, E. (2017). Hiperdominansi Jenis dan Biomassa Pohon di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Indonesia. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11, 85-96.
- Sidiyasa, K. (2009). Struktur dan komposisi tegakan serta keanekaragaman di hutan lindung Sungai Wain, Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 6(1), 79-93.
- Soerianegara, I., & Indrawan, A. 1988. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: IPB Pr.

Kelimpahan Anggrek (*Orchidaceae*) di Hutan Rawa Gambut Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Mungku Baru Kalimantan Tengah (*Abundance of Orchids (Orchidaceae) in the Peat Swamp Forest of the Forest Area with Special Purpose (KHDTK) Mungku Baru, Central Kalimantan*)

Kamaliah¹, Yudi Firmanul Arifin², Zainal Abidin² dan/and Mufidah Asyari²

¹ Program Studi Kehutanan, Universitas Muhammadiyah Palangkaraya

² Program Studi Doktor Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: diversity, orchids, structure	<i>Orchids play an important ecological role in maintaining biodiversity and ecosystem stability in forest areas. This study aimed to analyze the orchid diversity and the relationship between NDVI and LST values with orchid presence in the Mungku Baru KHDTK area. The research was conducted from November 3 to 29, 2023, with sampling carried out in the morning (07:00–08:00 WIB), midday (10:00–12:00 WIB), and afternoon (15:00–16:00 WIB) using a purposive sampling method with a line transect technique (drawing a straight standardized observation line across the study area). The collected data included NDVI and LST maps, orchid identification, environmental conditions, vertical growth position on host trees, and host tree characteristics. The results showed the presence of five genera of epiphytic orchids and two genera of terrestrial orchids, with <i>Broomhedia reinwardtiana</i> as the dominant species. The diversity and evenness indices were relatively low. Orchid distribution patterns varied across clumped, random, and regular forms. Most orchids were found in the lower stem zones (zones 1 and 2), under environmental conditions of 28–30°C temperature, 87–88% humidity, 2500–2700 lux light intensity, 27°C stem temperature, 25–27°C soil temperature, and 58–94 meters altitude. Nine host tree species were recorded, including <i>Syzygium</i> sp. NDVI values ranged from 0.627 to 0.706 and were categorized as high, while LST values indicated relatively low surface temperatures. These findings implied that good vegetation cover and stable microhabitat conditions supported orchid presence and distribution. The results provided important information for orchid conservation strategies and sustainable forest management in the Mungku Baru KHDTK area..</i>
Kata kunci: anggrek, keanekaragaman, struktur	ABSTRAK Keberadaan anggrek di kawasan hutan memiliki peran ekologis penting dalam menjaga keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keanekaragaman anggrek serta hubungan nilai NDVI dan LST terhadap keberadaan anggrek di KHDTK Mungku Baru. Penelitian dilakukan pada tanggal 3 sampai 29 November 2023 dengan durasi pengambilan sampel penelitian dari pagi (07.00–08.00WIB), siang (10.00–12.00WIB), dan sore (15.00–16.00WIB) dengan menggunakan metode purposive sampling dengan teknik line transect (menarik garis lurus suatu area pengamatan yang terstandarisasi). Data yang dikumpulkan meliputi peta NDVI dan LST, identifikasi jenis anggrek, kondisi lingkungan, posisi vertikal anggrek pada pohon inang, serta jenis dan karakteristik kulit pohon inang. Hasil penelitian menunjukkan keberadaan lima genus anggrek epifit dan dua genus anggrek terestrial, dengan spesies dominan yaitu <i>Broomhedia reinwardtiana</i> . Nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman termasuk kategori relatif rendah. Pola sebaran anggrek bervariasi, meliputi pola mengelompok, acak, dan teratur. Anggrek umumnya ditemukan pada zona batang pohon bagian bawah (zona 1 dan 2) dengan
Riwayat artikel: Tanggal diterima: 29 Agustus 2025; Tanggal disetujui: 31 Desember 2025.	

Korespondensi penulis: Yudi Firmanul Arifin (E-mail: kamaliahchua@gmail.com)

Kontribusi penulis: **K**: Conceptualization, Investigation, and Writing; **YFA**: Supervision, Funding acquisition, and Writing - review & editing; **ZA**: Methodology and Validation dan **MA**: Data curation and Resources.

kondisi lingkungan suhu 28–30°C, kelembaban 87–88%, intensitas cahaya 2500–2700 lux, suhu batang 27°C, suhu tanah 25–27°C, dan ketinggian 58–94 mdpl. Ditemukan sembilan jenis pohon inang, salah satunya *Syzygium sp.* Nilai NDVI berkisar antara 0,627–0,706 dan termasuk kategori tinggi, sedangkan nilai LST menunjukkan suhu permukaan relatif rendah. Implikasi penelitian ini menegaskan bahwa kesehatan tutupan vegetasi dan kondisi mikrohabitat berperan penting dalam mendukung keberadaan dan sebaran anggrek. Temuan ini dapat menjadi dasar dalam upaya konservasi anggrek serta pengelolaan kawasan KHDTK Mungku Baru secara berkelanjutan.

1. Pendahuluan

Anggrek merupakan bagian dari famili Orchidaceae dan dikenal sebagai salah satu kelompok tanaman berbunga dengan tingkat keragaman tertinggi di dunia. Hingga kini tercatat sekitar 28.000 spesies dari 763 marga, dan Indonesia sebagai negara megabiodiversitas diperkirakan menyimpan 5.000–6.000 di antaranya (Sugiyarto et al., 2016). Di Pulau Kalimantan saja, sekitar 1.411 spesies telah teridentifikasi pada berbagai tipe habitat, mulai dari pesisir hingga pegunungan pada ketinggian 0–3.000 mdpl (Wood and Cribb, 1994). Namun, khusus di Kalimantan Tengah, eksplorasi dan penelitian mengenai anggrek masih sangat minim sehingga dokumentasi keanekaragaman belum tersusun dengan baik. Salah satu kawasan yang berpotensi tinggi menjadi habitat anggrek adalah Heart of Borneo (HoB), yaitu area konservasi yang mencakup Indonesia, Malaysia, dan Brunei Darussalam dan dikenal memiliki keragaman ekosistem yang luas (Wulffraat, 2012). Di dalam kawasan tersebut terdapat KHDTK Mungku Baru yang memiliki ekosistem rawa gambut, tutupan vegetasi yang relatif terjaga, serta kondisi mikrohabitat yang mendukung tumbuhnya anggrek epifit dan terestrial. Oleh sebab itu, inventarisasi keanekaragaman anggrek di wilayah ini sangat penting dilakukan karena informasi ilmiahnya belum banyak dipublikasikan.

Selain inventarisasi keanekaragaman, penelitian modern membutuhkan pendekatan analisis habitat berbasis penginderaan jauh. Dalam studi ini

digunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai indikator kerapatan dan kesehatan vegetasi, serta *Land Surface Temperature* (LST) untuk mengetahui variasi suhu permukaan lahan. Nilai NDVI yang tinggi menunjukkan tutupan vegetasi yang sehat, sedangkan LST dapat mencerminkan kondisi mikrohabitat seperti kelembapan, intensitas cahaya, dan kemampuan pohon inang mempertahankan kelembapan batang. Oleh karena itu, penggabungan data lapangan dan teknologi penginderaan jauh memberikan gambaran ekologis yang lebih komprehensif. Kombinasi kedua indikator ini memberikan gambaran ekologis habitat yang berkaitan dengan distribusi anggrek.

Penelitian mengenai anggrek di Indonesia telah banyak dilakukan di Jawa, Sumatera, Bali, dan Sulawesi, namun Kalimantan Tengah terutama KHDTK Mungku Baru masih menjadi wilayah dengan informasi terbatas (Cahyanto et al., 2018). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keanekaragaman anggrek, distribusi pada pohon inangnya, karakteristik habitat, serta menganalisis nilai NDVI dan LST sebagai dasar evaluasi kondisi tutupan lahan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu / Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di KHDTK Mungku Baru pada bulan November 2023 sampai Januari 2024. Lokasi penelitian termasuk di dalam wilayah administrasi Kota Madya Palangka Raya, secara geografis, posisinya KHDTK Mungku Baru

berada berbatasan langsung dengan kabupaten Gunung Mas dan Kabupaten Pulang Pisau. Berikut secara lengkap gambaran letak KHDTK dan batasan-batasannya: Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Pulang Pisau, sebelah barat berbatasan dengan Kelurahan Mungku Baru dan PT Prasetya Mitra Muda, sebelah selatan berbatasan dengan Mungku Baru, Bukit Sua dan PT Subur Agro dan sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Gunung Mas/ PT. Taiyong. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Metode Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan metode *purposive sampling*, dengan menentukan wilayah pengambilan sampel berdasarkan tujuan dan pertimbangan tertentu dengan teknik line transect (garis/jalur) dengan panjang jalur 1000 meter dan lebar jalur 20 meter, sehingga jumlah plot yang di hasilkan 25 plot dengan jarak posisi selang seling. Data yang dikumpulkan meliputi Peta NDVI, dan LST, nama latin, habitatnya (epifit atau terrestrial), kondisi lingkungan (kelembaban

udara, suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian tempat), zona vertikal ditemukannya pada pohon inang (pangkal pohon, batang utama atau cabang), karakter kulit batang dan jenis pohon inangnya struktur Anggrek.

Data struktur anggrek dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas plot pengamatan}}$$

$$KR = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$F = \frac{\text{Jumlah plot yang ditempati suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot pengamatan}}$$

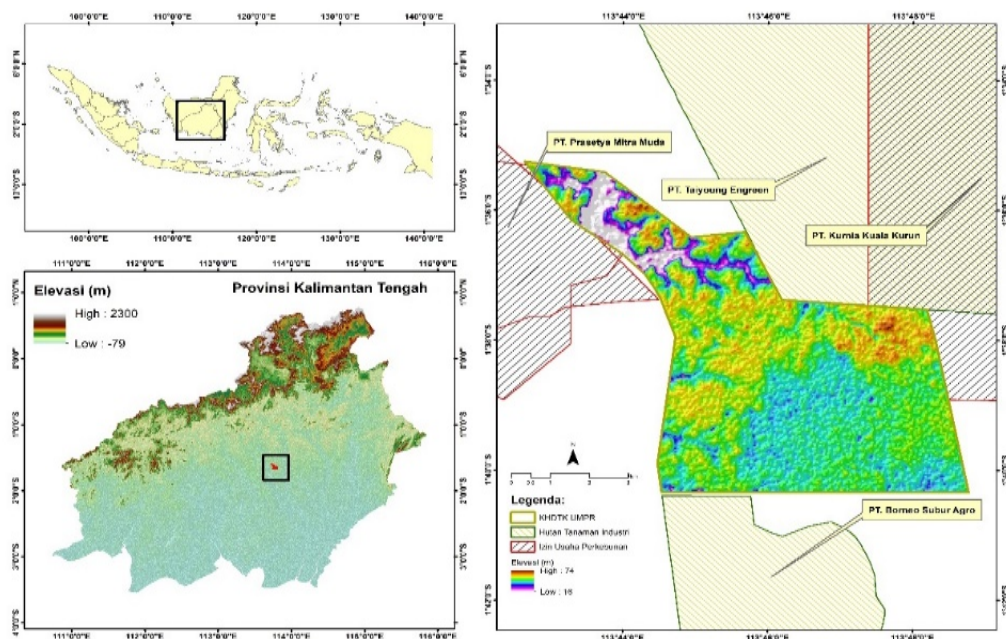
$$FR = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi total seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$INP = KR + FR$$

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i)$$

$$E' = \frac{H'}{H_{\max}}$$

$$Id = n \left[\frac{\sum x_i^2 - \sum x_i}{(\sum x_i)^2 - \sum x_i} \right]$$



Gambar (Figure) 1. Peta Wilayah KHDTK Mungku Baru dan Perbatasan (*Map of the KHDTK Mungku Baru Area and Its Boundaries*)

Sebaran Vertikal Tumbuhan Anggrek menggunakan metode (Aulia & Hakim, 2019) yang telah dimodifikasi dengan menentukan 6 zonasi anggrek. Zona 1: permukaan tanah; Zona 2: bagian basal batang ($\frac{1}{3}$ bagian batang); Zona 3: basal atas dari batang ke percabangan pertama ($\frac{2}{3}$ bagian dari batang atas); Zona 4: bagian basal batang besar ($\frac{1}{3}$ bagian dari total panjang cabang); Zona 5: bagian tengah cabang besar ($\frac{1}{3}$ bagian di tengah dari total panjang cabang); dan Zona 6: Bagian luar dari cabang besar ($\frac{1}{3}$ bagian luar dari total panjang cabang).

2.3. Analisis Data

Prosedur analisis data menyangkut penyuntingan data dan informasi yang dikumpulkan dengan kuesioner atau melalui FGD, *insert* data/informasi ke dalam komputer, validasi data, *insert* kembali data yang telah divalidasi sesuai dengan peubah-peubah yang akan dianalisis serta penentuan program analisis data (SAS, SPSS dan/atau lainnya), tabulasi data dan akhirnya interpretasi data. Analisis data juga sangat ditentukan oleh cakupan/besaran sumber data yang dijadikan sebagai subyek penelitian, apakah penelitian populasi, penelitian sampel atau penelitian kasus (LIPI, 2012).

Penelitian ini menggunakan citra landsat, citra landsat tersebut diperoleh dari Earth Explorer-USGS pada earthexplorer.usgs.gov dengan tutupan awan <10%. Citra landsat 8 mempunyai kemampuan dalam mengidentifikasi suhu permukaan dengan resolusi spasial

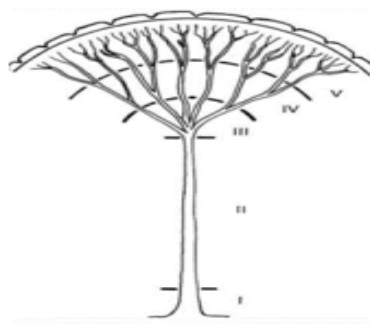
yang memadai bagi pemetaan tutupan lahan dan mendeteksi kepadatan vegetasi (Filippa et al., 2018). Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan citra landsat 8 karena mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi untuk mengetahui tingkat kepadatan vegetasi atau *normalized difference vegetation index* (NDVI). Citra satelit landsat 8 juga digunakan untuk menganalisis LST. Metode yang digunakan selanjutnya adalah NDVI, yang bertujuan untuk memperoleh nilai sebaran kepadatan vegetasi di KHDTK Mungku Baru. Metode NDVI sudah banyak digunakan untuk memantau waktu dan besarnya bencana perkembangan musiman vegetasi serta menghubungkannya dengan faktor lingkungan, seperti suhu, curah hujan, dan fotoperiode (Filippa et al., 2018). Menurut (Saidi et al., 2020), NDVI adalah metode standar yang bersumber dari citra satelit yang digunakan untuk membandingkan tingkat kehijauan vegetasi pada tumbuhan. Adapun metode NDVI adalah dengan menggambarkan tingkat kehijauan. Nilai NDVI dapat diperoleh melalui perhitungan berikut (Xue & Su, 2017).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan :

NDVI = *normalized different vegetation indeks*

NIR = *near infrared*



Gambar (Figure) 2 . Zonasi anggrek pada pohon inang (*Orchid zonation on host trees*)

NDVI memiliki rentang nilai antara -1 (negatif) sampai 1 (positif). Rentang nilai antara 0.1 hingga 0.7 mewakili vegetasi. Nilai NDVI yang melebihi nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik (Marlina, 2022).

Metode perhitungan dan rentang LST angkah selanjutnya adalah perhitungan LST, yang bertujuan untuk memperoleh nilai suhu permukaan dengan memanfaatkan sensor termal. Citra yang digunakan dalam penelitian ini untuk ekstraksi suhu permukaan dengan menggunakan landsat 8, sedangkan untuk perhitungan LST dilakukan dengan menggunakan software ArGis 10.8 (Azhali & Jaelani, 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan kelas rentang kerapatan vegetasi dapat dilihat pada Tabel 1, kelas 1 sampai 2 adalah area nonvegetasi seperti permukiman, badan air, dan lahan kosong, sedangkan kelas dengan vegetasi rendah adalah kelas 3, seperti semak belukar, padang rumput, dan kelas dengan vegetasi sedang adalah kelas 4 diantaranya seperti sawah atau lahan pertanian.

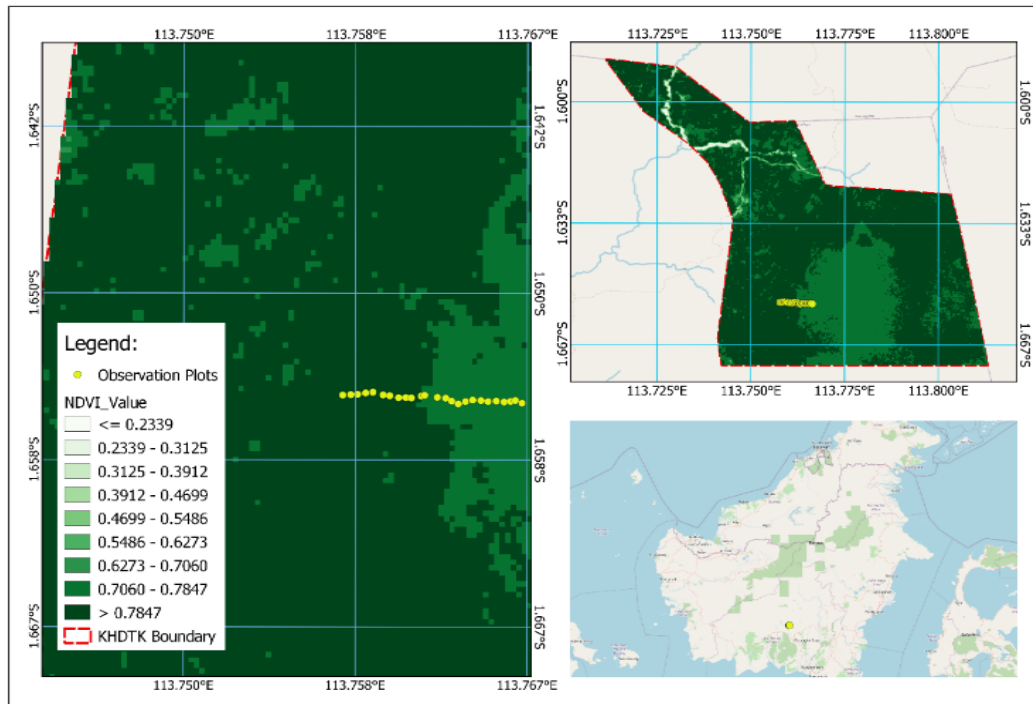
Berdasarkan hasil penelitian peta NDVI dan LST pada KHDTK Mungku Baru di hutan rawa gambut dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Nilai NDVI pada penelitian ini di kategorikan kedalam kelas Tinggi berkisar 0.627 - 0.706, yang ditandai dengan dominasi warna hijau sampai hijau

tua. Sedangkan untuk nilai LST rentang suhu termasuk rendah.

Berdasarkan Peta tematik (Gambar 2 dan 3) digunakan sebagai acuan dalam menentukan jalur plot penelitian. Jalur plot penelitian dipilih pada wilayah yang merepresentasikan habitat anggrek di KHDTK Mungku Baru. Parameter yang pertama digunakan adalah klasifikasi NDVI dengan nilai kerapatan pada hasil penelitian ini termasuk kerapatan tinggi, sehingga menunjukkan kerapatan dan kesehatan vegetasi yang sangat baik. Parameter yang kedua adalah LST, pada analisis LST ini rentang suhu yang dihasilkan pada penelitian ini rendah berkisar 22–24 derajat celsius. Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi yang tinggi dapat menyebabkan penurunan suhu permukaan tanah, sementara kerapatan vegetasi yang rendah dapat menyebabkan kenaikan suhu permukaan tanah. Hal ini menegaskan peran penting vegetasi dalam mengatur suhu permukaan tanah melalui isolasi termal yang disediakan oleh vegetasi yang padat. (Wigunanti et al., 2024), menyatakan bahwa suhu permukaan yang lebih rendah, cenderung terkait dengan kerapatan vegetasi yang lebih tinggi. Hal ini karena vegetasi memiliki efek pendingin yang signifikan melalui proses fotosintesis dan evaporasi air. Semakin tinggi kerapatan vegetasi, semakin rendah suhu permukaan karena penyerapan radiasi panas oleh daun dan tanah yang ditutupi oleh vegetasi. Ditandai dengan warna kuning yang tersebar di beberapa wilayah tersebut.

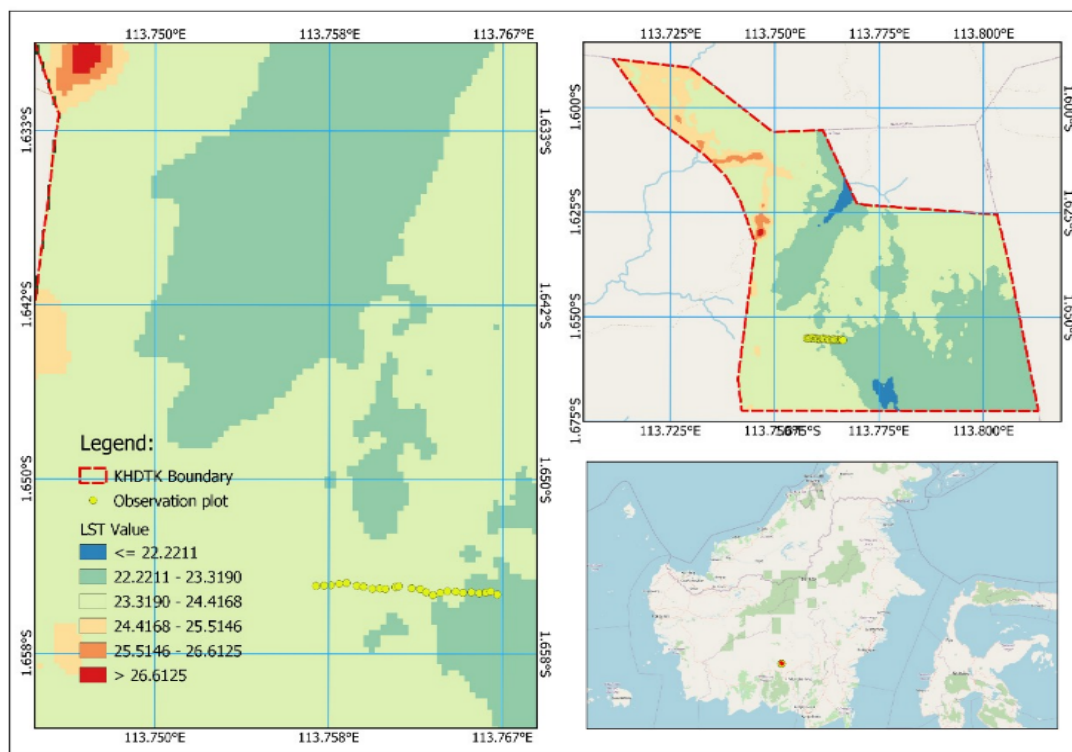
Tabel (Table) 1. Kisaran rentang kerapatan vegetasi (*Range of vegetation density levels*)

Kelas (Class)	Tingkat Kerapatan (<i>Density Level</i>)	Kisaran Nilai NDVI (<i>NDVI Value Range</i>)
1	Non Vegetasi	$-1 < NDVI < 0.03$
2	Vegetasi Rendah	$0.03 > NDVI < 0.25$
3	Vegetasi Sedang	$0.25 > NDVI < 0.4$
4	Vegetasi Tinggi	$0.4 > NDVI < 1$



Keterangan (*Remarks*) : Titik Kuning adalah plot penelitian

Gambar (*Figure*) 2. Nilai NDVI Anggrek di Hutan Rawa Gambut (*NDVI values of orchids in peat swamp forests*)



Keterangan (*Remarks*): Titik Kuning adalah plot penelitian

Gambar (*Figure*) 3. Nilai LST Anggrek di Hutan Rawa Gambut (*LST values of orchids in peat swamp forests*)

Berdasarkan penelitian keanekaragaman jenis anggrek di hutan rawa gambut Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Mungku Baru (KHDTK Mungku Baru) yang telah dilakukan, didapatkan 5 genus anggrek epifit dan 2 genus anggrek terestrial di lokasi penelitian. Berdasarkan hasil para peneliti terdahulu menyatakan bahwa keanekaragaman jenis anggrek epifit yang telah dilaporkan sebanyak 169 jenis (Siregar, 2008), 30 jenis (Ariyanti & Pa'i., 2008), 37 jenis (Sujalu, 2008). Jumlah yang hampir sama dilaporkan oleh (O'Malley, 2009) sebanyak 16 jenis dan 19 jenis (Rikardus & Ardian, 2017), sedangkan (Amalia et al., 2015), melaporkan dengan jumlah jenis yang lebih sedikit yaitu tujuh jenis anggrek epifit. Perbedaan jumlah yang ditemukan dengan penelitian di daerah lain disebabkan oleh perbedaan habitat dan ekologi, topografi, luasan yang dieksplorasi, jumlah surveyor dan waktu eksplorasi yang berbeda-beda. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil penelitian lapangan diketahui Genus *Broomhedia* hanya dijumpai satu jenis, yaitu *Broomhedia reinwardtiana*. Jenis anggrek *Broomhedia reinwardtiana* pada penelitian ini di yang paling banyak ditemukan berkisar 472 di wilayah hutan rawa gambut KHDTK Mungku Baru, hal tersebut karena *Broomhedia reinwardtiana* merupakan spesies yang terestrial yakni dapat beradaptasi untuk bertahan di lingkungan non akuatik (Teoh, 2021), dimana kondisi lingkungan tersebut cocok dengan wilayah hutan rawa gambut KHDTK. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor lingkungan seperti kondisi tanahnya memiliki kadar air tinggi dan pH yang cenderung asam, serta didukung dari hasil uji lab tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat dengan kisaran pH 3, nilai pH 3 dimana cenderung asam dapat menghambat pertumbuhan tanaman dengan mengurangi ketersediaan beberapa nutrisi penting, seperti kalsium, magnesium, dan fosfor. Selain itu, tingkat keasaman yang tinggi dapat meningkatkan ketersediaan

unsur berbahaya seperti aluminium, yang dapat meracuni tanaman (Kaliappan *et al.*, 2019). Kandungan N-Total 0.16% pada penelitian ini dikatakan rendah, sedangkan N-Total merupakan unsur penting untuk pertumbuhan vegetatif, pembentukan protein, dan sintesis klorofil. Kadar nitrogen yang rendah dapat mengakibatkan pertumbuhan yang terhambat dan rendahnya hasil tanaman (Rao & Ramakrishna, 2020). Hasil penelitian P₂O₅ di peroleh nilai sebesar 2.35 mg/100g dikatakan rendah, hal ini bisa dapat menghambat pertumbuhan akar dan mempengaruhi produktivitas tanaman (Mandal et al., 2019). Hasil penelitian K₂O diperoleh sebesar 7.69 mg/100g cukup rendah, dimana nilai K₂O merupakan Kalium yang berperan dalam pengaturan air dan fotosintesis. Kadar rendah dapat mengurangi ketahanan tanaman terhadap stres, seperti kekeringan (Barker & Pilbeam, 2007). Sedangkan hasil penelitian Mg-dd bernilai 0.22 mg/100g (rendah). Hal ini bisa menyebabkan gejala menguningnya daun, sehingga magnesium sangat penting untuk sintesis klorofil dan fotosintesis (Mengel & Barber, 2000).

Anggrek *Broomhedia reinwardtiana* yang umumnya tumbuh hidup berada di permukaan tanah, dan menyukai kondisi daerah perakaran yang lembab bahkan cenderung basah. Tipe habitat di sekitar tepian sungai dan hutan dengan vegetasi yang rapat dan lembab merupakan wilayah dimana banyak anggrek alam terestrial. Diduga anggrek alam terestrial memiliki struktur perakaran dan system fisiologis yang lebih toleran terhadap kelembaban tinggi dan lingkungan yang menyediakannya (Melissa WI & Ackerman JD, 2015). Oleh karena itu, setiap tumbuhan mempunyai kisaran toleransi tertentu terhadap kondisi disekitarnya. (Melissa WI & Ackerman JD, 2015), menyatakan bahwa jenis anggrek *Broomhedia* sp memiliki ketahanan hidup yang cukup lama dan dapat hidup di hutan sekunder yang memiliki keterbukaan vegetasi dengan daya adaptasi yang tinggi.

Tabel (Table) 1. Jenis Anggrek yang di temukan di Hutan Rawa Gambut KHDTK Mungku Baru (*Orchid species found in the peat swamp forest of KHDTK Mungku Baru*)

Genus (<i>Genera</i>)	Jenis Anggrek (<i>Orchid species</i>)	Tempat Tumbuh (<i>Growth Habitat</i>)	Jumlah (<i>Abundance</i>)
<i>Flickingeria</i>	<i>Flickingeria icostata</i> JJSm	Epifit	21
<i>Bulbophyllum</i>	<i>Bulbophyllum reticulatum</i>	Epifit	1
<i>Grammatophyllum</i>	<i>Grammatophyllum</i> Sp	Terrestrial	1
<i>Bulbophyllum</i>	<i>Bulbophyllum anceps</i> rolfe	Epifit	2
<i>Bulbophyllum</i>	<i>Bulbophyllum dentiferum</i> Ridtl	Epifit	6
<i>Coleogyne</i>	<i>Coleogyne peltastes</i> Rchdf	Epifit	1
<i>Acriopsis</i>	<i>Acriopsis densiflora</i> Lindl	Epifit	1
<i>Thrixspermum</i>	<i>Thrixspermum Centipeda</i>	Epifit	1
<i>Eria</i>	<i>Eria lobata</i>	Epifit	2
<i>Bulbophyllum</i>	<i>Bulbophyllum Patens</i> King	Epifit	3
<i>Broomhedra</i>	<i>Broomhedra reinwardtiana</i>	Terrestrial	472
<i>Bulbophyllum</i>	<i>Bulbophyllum vaginatum</i> (Lind) Rchbf	Epifit	7
<i>Eria</i>	<i>Eria Junghuni</i> jjsm	Epifit	2

Genus *Bulbophyllum* pada penelitian ini ditemukan lima jenis (*B. reticulatum*, *B. anceps rolfe*, *B. dentiferum* Ridtl, *B. patens king*, dan *B. vaginatum* (Lind) Rchbf). Menurut (Govaerts *et al.*, 2019), menyatakan keanekaragaman jenis terbesar kedua di Borneo berkisar 313 jenis. Keanekaragaman *Bulbophyllum* untuk Kalimantan telah dilaporkan dari beberapa penelitian, yaitu 27 jenis di Kalimantan Barat (Siregar, 2008) dan 15 jenis di Kalimantan Tengah (Yulia, 2007). Keanekaragaman Jenis-jenis anggrek yang ditemukan di KHDTK Mungku Baru tidak termasuk jenis yang dilindungi, menurut Peraturan Pemerintah Nomor 7 tahun 1999 dan Peraturan Menteri LHK Nomor P.106 tahun 2018. Ini artinya jenis-jenis anggrek yang terdapat di KHDTK Mungku Baru tidak termasuk jenis-jenis anggrek yang langka dan di alam masih mudah ditemukan. Hal ini di karenakan jenis anggrek genus *Bulbophyllum* memiliki distribusi yang luas dan populasi yang cukup besar di habitat alami mereka. Jenis genus *Bulbophyllum* tidak dianggap sebagai spesies yang memerlukan perlindungan khusus. Dalam peraturan yang ada, spesies yang dilindungi umumnya ditentukan berdasarkan kriteria tertentu, seperti kelangkaan, nilai ekologi, atau signifikansi budaya. Jika anggrek ini

tidak memenuhi kriteria tersebut, maka mereka tidak akan dilindungi (Peraturan Menteri LHK Nomor P.106 tahun 2018).

Genus *Coelogyne* di lokasi penelitian hanya dijumpai satu jenis, yaitu *Coelogyne peltastes* Rchdf. *Coelogyne peltastes* Rchdf adalah spesies anggrek yang dikenal dengan karakteristik morfologinya yang unik. Tanaman ini biasanya memiliki bentuk yang kompak dan dapat ditemukan di berbagai habitat, terutama di daerah tropis dan subtropik. Kawasan hutan rawa gambut di KHDT merupakan kawasan hutan daerah tropis, sehingga genus ini ditemui tumbuh pada kawasan tersebut. Anggrek *Coelogyne peltastes* Rchdf memiliki bentuk daun oval atau bulat dengan tepi yang halus, warna daun cenderung hijau gelap, tekstur daun halus atau sedikit berbulu. Bunga *Coelogyne peltastes* memiliki bentuk yang menarik dan sering kali berwarna cerah, dirancang untuk menarik penyerbuk seperti serangga. Keanekaragaman jenis genus *Coelogyne* di Borneo mencakup sekitar 59–71 jenis, 52 jenis diantaranya merupakan endemik Borneo dan 30 jenis endemik wilayah Kalimantan (Indonesia) (Govaerts *et al.*, 2019).

Genus *Flickingeria* di lokasi penelitian hanya dijumpai satu jenis, yaitu *Flickingeria icostata* JJSm. Jenis ini merupakan jenis anggrek yang umumnya

berbentuk triangular (bersegi-segi). Morfologi batang anggrek yang di temukan di hutan rawa gambut ini menunjukkan bahwa *Flickingeria icostata* JJSm, memiliki batang yang bersifat simpodial. Sedangkan Panjang batang berkisar 1,2- 50 cm dengan warna batang seperti hijau kecoklatan, hijau tua dan hijau muda. Deskripsi morfologi akar dan bunga anggrek yang ditemukan menunjukkan bahwa semua jenis anggrek yang ditemukan memiliki akar lekat. Sedangkan untuk warna bunganya sendiri terdapat berwarna putih becorak kuning pink dan harum. *Flickingeria icostata* JJSm memiliki satu bulb, satu daun dan memiliki batang untuk regenerasi pertumbuhan selanjutnya. Anggrek ini bersifat simpodial dan tumbuh secara epifit (Sudarso et al., 2020).

Genus *Grammatophyllum* di lokasi penelitian hanya dijumpai satu jenis, yaitu *Grammatophyllum* Sp. Jenis ini merupakan jenis anggrek yang umumnya tumbuh pada pohon inang atau terestrial pada tanah. Kondisi hutan yang memiliki pohon-pohon cukup besar dengan kanopi yang lebar menyediakan pohon inang bagi anggrek epifit. Pada penelitian ini dijumpai satu jenis, *Grammatophyllum* Sp. untuk wilayah KHDTK Mungku Baru, karena wilayah KHDTK mungku baru terdapat pepohonan dengan kanopi yang cukup lebar, sesuai dengan kondisi tumbuh untuk anggrek genus ini. Jenis ini telah dilaporkan dan memiliki persebaran yang luas di Kalimantan (Indonesia), namun belum banyak dilaporkan dan dari 37 jenis di Borneo, baru 3 sampai 4 jenis yang berada di wilayah Kalimantan (Siregar, 2008).

Genus *Acriopsis* di lokasi penelitian hanya dijumpai satu jenis, yaitu *Acriopsis densiflora* Lindl. Jenis ini merupakan jenis anggrek yang umumnya tumbuhan daun tipis tidak berdaging seperti pita. *Acriopsis densiflora* Lindl merupakan satu-satunya jenis yang ditemukan pada penelitian ini karena memang habitat tumbuhnya sesuai dengan kawasan hutan rawa gambut di KHDTK yaitu dengan habitat yang memiliki cahaya penuh, serta memiliki

keapatan tajuk tinggi dan tumbuh merata di kawasan kerangas (Maimunah & Syahbudin, 2020). Jenis anggrek ini berbunga coklat muda berbintik merah. Keanekaragaman jenis genus *Acriopsis* di Asia Tenggara tersebar sekitar 6–7 jenis, dan dikenal karena ukurannya yang kecil dan karakteristik bunga yang unik (Richard Evans Schultes and Arthur Stanley Pease, 1963).

Genus *Thrixspermum* di lokasi penelitian hanya dijumpai satu jenis, yaitu *Thrixspermum centipeda*. *Thrixspermum* termasuk anggrek monopodial dan memiliki ciri khas berbunga dalam waktu yang singkat. *Thrixspermum* tersebar di wilayah tropis dan subtropis mulai dari Asia hingga Australia dan Pasifik (O'Byrne, 2016), kondisi ini sesuai dengan habitat kawasan hutan rawa di KHDTK Mungku Baru. Cara hidupnya epifit dengan menempel pada batang pohon (Nurfadilah, 2015). Karakteristik morfologi daun dan bunga *Thrixspermum* menjadi dasar penanda secara fenotipik untuk membedakan kelompok tanaman tersebut (Wulanesa et al., 2017). Namun, spesies anggrek ini memiliki morfologi yang mirip dengan kerabat terdekatnya.

Genus *Eria* di lokasi penelitian hanya dijumpai dua jenis, yaitu *Eria lobata* dan *Eria Junghuni* jjsm. Jenis ini merupakan jenis anggrek epifit yang tumbuh simpodial. Daunnya berjumlah 2-4 helai dengan bentuk lanset. Anggrek ini memiliki bunga yang merumpun dengan bentuk memanjang pada kelopakannya, tumbuh dari pangkal batang (Albarkati et al., 2017).

Berdasarkan hasil penelitian nilai kelembaban udaranya berkisar 85% sampai 93%, suhu udaranya 25.5°C sampai 27°C, dan ketinggian tempatnya 42 sampai 63 mdpl. Keadaan ini diasumsikan dapat mendukung pertumbuhan jenis ini untuk tumbuh dengan baik. Anggrek dapat tumbuh dengan optimal pada daerah dengan pencahayaan yang sesuai. Cahaya merupakan energi untuk mengubah unsur hara menjadi bahan yang dibutuhkan

tanaman untuk tumbuh dan berkembang (Tagentju *et al.*, 2020).

Kelimpahan Anggrek Epifit

Hasil penelitian mengenai kelimpahan jenis anggrek di KHDTK Mungku Baru menunjukkan bahwa nilai kerapatan, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, dan indeks nilai penting terdapat perbedaan pada setiap jenis anggrek yang ditemukan.

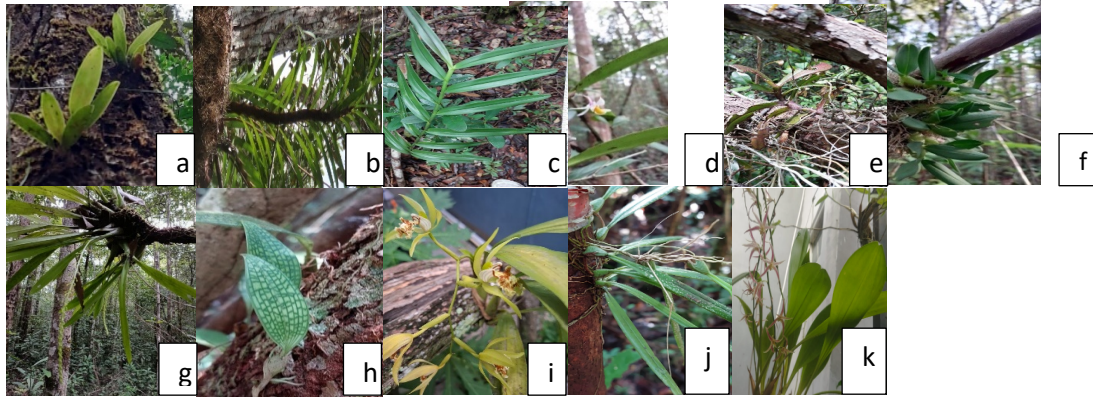
Jenis anggrek yang mempunyai kerapatan relatif (KR) tertinggi di hutan rawa gambut adalah *Broomhedia reinwardtiana* dengan nilai kerapatan sebesar 88.6%, kemudian diikuti oleh *flickingeria bicostata* jjsm sebesar 4.32%, *Bulbophyllum dentiferum* Ridtl dan *Bulbophyllum Patens* King sebesar 1.69%, *Bulbophyllum vaginatum* (Lind) Rchbf sebesar 1.31%. sedangkan jenis anggrek yang lainnya di bawah 1.31% (tabel 2). Nilai frekuensi relatif paling tinggi yaitu jenis anggrek *Broomhedia reinwardtiana* dan *flickingeria bicostata* jjsm masing-masing sebesar 36.7% dan 16.30%. Kemudian diikuti oleh jenis anggrek nilai frekuensi yang lainya dibawah 16.30% (Tabel 2). Berdasarkan Tabel 3 di atas, dapat dilihat bahwa nilai INP anggrek berkisar antara 2.23% – 125.29%, nilai INP yang paling tinggi ada pada jenis anggrek *Broomhedia reinwardtiana* dengan nilai sebesar 125.29%. Sedangkan jenis anggrek dengan nilai INP terendah dapat di lihat pada (Tabel 2). Tingginya nilai INP jenis tertentu menunjukkan bahwa jenis tersebut dapat beradaptasi dan menjadi jenis yang dominan. Pada wilayah hutan rawa gambut jenis yang dominan adalah *Broomhedia reinwardtiana*. Hal ini dikarenakan oleh faktor tempat tumbuh dan suhu, kelembaban dan intensitas cahaya yang mana di lokasi penelitian ini merupakan hutan yang mengalami suksesi yang sebelumnya area eks HPH (Hak Pengusahaan Hutan/ logging Area) pada tahun 70-an. (Puspaningtyas, 2005)

menyatakan bahwa perbedaan ketinggian tempat akan mempengaruhi keadaan lingkungan tumbuh tumbuhan terutama suhu, kelembaban, intensitas sinar matahari dan keadaan tanah sehingga keadaan lingkungan tumbuh yang mempengaruhi pertumbuhan. Persaingan yang terjadi antar jenis maupun sesama jenis disebabkan masingmasing jenis tumbuhan itu mencoba menempati relung ekologi yang sama. Persaingan antar jenis terjadi lebih kuat dibandingkan persaingan sesama jenis, sehingga hanya anggota jenis yang paling tahan bersainglah yang dapat bertahan hidup (Tahier *et al.*, 2018).

Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman spesies menurut (Tahier *et al.*, 2018) adalah menggambarkan produktifitas dan jasa yang dapat diberikan oleh suatu ekosistem terhadap keanekaragaman hayati, baik menyangkut keanekaragaman, spesies maupun habitat dan ekosistemnya. Besarnya nilai keanekaragaman dapat digambarkan dengan nilai kuantitatif Shannon-Wieners (H').

Hasil indeks keanekaragaman (H') anggrek pada lokasi rawa gambut adalah 0.58. Ini menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman jenis anggrek di KHDTK Mungku Baru termasuk kategori rendah. Kondisi ini disebabkan oleh faktor lingkungan seperti faktor biotik dan fisik maupun faktor antropogenik (Damanik *et al.*, 2018). Apabila jumlah spesies yang ditemukan lebih banyak, maka nilai keanekaragamannya akan semakin tinggi. Sebaliknya jika semakin sedikit jumlah spesies yang ditemukan maka keanekaragamannya akan rendah artinya bahwa wilayah tersebut hanya didominasi oleh beberapa macam spesies saja. Keanekaragaman spesies organisme di suatu ekosistem dipengaruhi oleh ruang, waktu dan makanan (Paramitha *et al.*, 2010).



Gambar (Figure) 4. Tumbuhan Anggrek di Hutan Rawa Gambut KHDTK Mungku Baru (*Orchid plants in the peat swamp forest of KHDTK Mungku Baru*). a. *Bulbophyllum Patens* King, b. *Grammatophyllum* Sp, c. *Broomhedia reinwardtiana*, d. *Flickingeria bicostata* JJSm, e. *Thrixspermum Centipeda*, f. *Acriopsis densiflora* Lindl, g. *Eria Lobata* (BI) Rchbf, h. *Bulbophyllum Reticulatum*, i. *Coleogyne peltastes* Rchdf, j. *Bulbophyllum Dentiferum* Ridtl, k. *Eria Junghuni* JJSm.

Tabel (Table) 3. Nilai Kerapatan, Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi, Frekuensi Relatif (FR), dan Nilai Indeks Penting (INP) Anggrek di hutan Rawa Gambut (*Density, Relative Density (RD), Frequency, Relative Frequency (RF), and Importance Value Index (IVI) of orchids in peat swamp forests*)

Nama Ilmiah (<i>Scientific Name</i>)	Ditemukan Jenis (<i>Species found</i>)	Kerapatan (<i>Density</i>)	KR (%)	Frekuensi (<i>Frequency</i>)	FR (%)	INP
<i>Bulbophyllum Patens</i> King	9	9	1.69	0.16	5.63	7.32
<i>Thrixspermum Centipeda</i>	1	1	0.19	0.04	1.41	1.60
<i>Bulbophyllum vaginatum</i> (Lind) Rchbf	7	7	1.31	0.16	5.63	6.95
<i>Eria lobata</i>	3	3	0.56	0.28	9.86	10.42
<i>Flickingeria bicostata</i> JJSm	23	23	4.32	0.92	32.4	36.71
<i>Bulbophyllum Anceps rolfe</i>	2	2	0.38	0.08	2.82	3.19
<i>Coleogyne peltastes</i> Rchdf	1	1	0.19	0.04	1.41	1.60
<i>Eria Junghuni</i> jjsm	1	1	0.19	0.04	1.41	1.60
<i>Bulbophyllum dentiferum</i> Ridtl	9	9	1.69	0.28	9.86	11.55
<i>Broomhedia reinwardtiana</i>	472	472	88.6	0.72	25.4	113.91
<i>Grammatophyllum</i> Sp	1	1	0.19	0.04	1.41	1.60
<i>Acriopsis densiflora</i> Lindl	1	1	0.19	0.04	1.41	1.60
<i>Bulbophyllum reticulatum</i>	3	3	0.56	0.04	1.41	1.97
	533	533	100	2.84	100	200

Tabel (Table) 4. Indeks keanekaragaman dan indeks keseragaman anggrek di KHDTK Mungku Baru (*Diversity index and evenness index of orchids in KHDTK Mungku Baru*)

Lokasi (<i>Location</i>)	Indeks keanekaragaman (<i>Diversity Index</i>) (H')	Indeks keseragaman (<i>Evenness index</i>) (E')
Rawa Gambut	0.58	0.23

Nilai indeks keseragaman (E') anggrek pada lokasi rawa gambut adalah 0.23. Ini menunjukkan bahwa tingkat keseragaman anggrek di KHDTK Mungku Baru termasuk kategori rendah. Indeks keseragaman dinyatakan rendah apabila nilai E' diantara 0 sampai 0.5, dan dinyatakan tinggi apabila nilai E' diantara 0.5 sampai 1.

Karakter Pohon Inang

Anggrek epifit tumbuh menempel pada suatu pohon yang kemudian disebut sebagai pohon inang. Pada pohon inang ini, anggrek menyelesaikan tahapan dalam siklus hidupnya. Mulai dari biji, kemudian berkecambah dan tumbuh sampai dengan menghasilkan buah kembali. Jenis pohon inang yang ditumbuhi anggrek di KHDTK Mungku Baru dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil penelitian, pohon inang yang ditumbuhi anggrek ada 9 jenis. 9 jenis tersebut, jumlah pohon inang yang paling banyak ditemukan adalah jenis jambu sebanyak 8 pohon, kemudian jenis lutan dan enyak beruk masing-masing jumlahnya 7 pohon, dan emang sebanyak 6 pohon. Pohon inang yang paling sedikit ditemukan diantaranya adalah rambutan hutan, regas, balawan merah, garunggang, dan tumih masing-masing jumlahnya hanya 1- 5 pohon. Jenis anggrek dapat hidup pada satu atau beberapa jenis pohon inang. Hal ini menunjukkan bahwa jenis anggrek mudah beradaptasi terhadap beberapa jenis pohon inang. Anggrek epifit banyak ditemukan pada pohon yang mempunyai kulit batang yang kasar, tebal, dan teksturnya yang dapat menyimpan air dalam jangka waktu yang lama. Keberadaan jenis anggrek pada suatu pohon

inang memang erat hubungannya dalam rangka kelangsungan hidup tumbuhan anggrek itu sendiri. Pohon inang sangat penting khususnya bagi anggrek epifit yang hidupnya menempel pada pohon inang untuk mendapatkan air, dan nutrisi dari substrat. Selain itu, batang dan cabang dari pohon inang juga sebagai media menempelnya anggrek untuk mendapatkan cahaya dan sirkulasi udara yang baik (Murtiningsih et al., 2016). Anggrek epifit lebih cenderung menyukai jenis-jenis pohon yang memiliki permukaan kulit batang yang kasar dan tebal sebagai tempat hidupnya (Rikardus & Ardian, 2017). Kondisi ini akan memudahkan bagi tumbuhan anggrek dalam hal perekatan akar-akarnya. Ujung akar anggrek memiliki bagian yang lembut yang berguna untuk menyerap nutrisi dari udara bebas, dan air pada permukaan kulit pohon (Gerry et al., 2020). Tekstur kulit batang yang kasar juga memudahkan biji anggrek menempel di celah-celah kulit pohon dan tumbuh menjadi anggrek. Sebagian besar kulit batang pohon inang yang ditumbuhi anggrek, tipe kulit batangnya tidak mengelupas. Peran yang sangat penting juga dari pohon inang bagi anggrek adalah pohon inang sebagai penunjang iklim mikro yang mendukung kehidupan anggrek.

Sebaran Vertikal

Anggrek epifit tumbuh menempel pada pohon inang dan terriestrial, tempat tumbuhnya pada pohon inang ini dibagi 6 zona tumbuh untuk diketahui sebaran vertikalnya. Sebaran vertikal anggrek di KHDTK Mungku Baru dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel (Table) 5. Jenis Pohon Inang dan Anggrek di Hutan Rawa Gambut KHDTK Mungku Baru (*Host tree species and orchids in the peat swamp forest of KHDTK Mungku Baru*)

Jenis Pohon Inang (<i>Host tree species</i>)	Nama Botani (<i>Botanical Name</i>)	Jumlah (<i>Number</i>)	Nama Anggrek (<i>Orchid species</i>)	Jumlah (<i>Number</i>)
Rambutan Hutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	1	Bulbophyllum Patens King	1
Tumih	<i>Combretocarpus roduntus</i> (Miq.) Danser	5	Bulbophyllum vaginatum (Lindi) Rchbf	2
			Flickingeria biostata JJSm	3
			Eria Labata	2
Lutan	<i>Diospyros</i> sp	7	Bulbophyllum vaginatum (Lindi) Rchbf	1
			Bulbophyllum dentiferum Ridtl	1
			Flickingeria biostata JJSm	3
Emang	<i>Hopea mengarawan</i> Miq	6	Bulbophyllum vaginatum (Lindi) Rchbf	2
			Flickingeria biostata JJSm	2
			Bulbophyllum Patens King	2
Jambu-jambuan	<i>Syzygium</i> sp	8	Bulbophyllum vaginatum (Lindi) Rchbf	1
			Bulbophyllum dentiferum Ridtl	2
			Flickingeria biostata JJSm	5
			Bulbophyllum Patens King	1
Enyak Beruk	<i>Garcinia</i> spp	7	Flickingeria biostata JJSm	3
			Bulbophyllum vaginatum (Lindi) Rchbf	1
			Bulbophyllum dentiferum Ridtl	1
Garunggang	<i>Cratoxylon arborescens</i> B.I	2	Bulbophyllum reticulatum	1
			Flickingeria biostata JJSm	1
			Bulbophyllum anceps rolfe	1
			Bulbophyllum anceps rolfe	1
			Acriopsis densiflora Lindl	1
Balawan Merah	<i>Tristaniopsis obovata</i> (Benn)wilson & Waterhouse	5	Bulbophyllum dentiferum Ridtl	1
			Flickingeria biostata JJSm	1
			Bulbophyllum vaginatum (Lindi) Rchbf	1
Regas	<i>Gluta renghas</i>	4	Flickingeria biostata JJSm	3
			Bulbophyllum dentiferum Ridtl	1

Tabel (Table) 6. Sebaran Vertikal Anggrek Hutan Rawa Gambut di KHDTK Mungku Baru
(Vertical distribution of orchids in the peat swamp forest of KHDTK Mungku Baru)

Nama Ilmiah (Scientific name)	Zona Tumbuh Anggrek (Orchid growth zones)						Jumlah (Number)
	1	2	3	4	5	6	
<i>Bulbophyllum Patens</i> King		3					3
<i>Thrixspermum Centipeda</i>		1					1
<i>Bulbophyllum vaginatum</i> (Lind) Rchbf		7					7
<i>Eria lobata</i>		2					2
<i>Flickingeria bicostata</i> JJSm	1	2				1	2
<i>Bulbophyllum Anceps</i> rolfe		2					2
<i>Coleogyne peltastes</i> Rchdf		1					1
<i>Eria Junghuni</i> jjsm		2					2
<i>Bulbophyllum dentiferum</i> Ridtl		6					6
<i>Broomhedia reinwardtiana</i>	4						4
	72					72	
<i>Grammatophyllum</i> Sp		1					1
<i>Acriopsis densiflora</i> Lindl		1					1
<i>Bulbophyllum reticulatum</i>		1					1

Hasil pengamatan sebaran anggrek epifit di pohon inang hutan rawa gambut menunjukkan sebaran yang bervariasi. Anggrek yang paling banyak ditemukan di lokasi plot penelitian yaitu *Broomhedia reinwardtiana*, memiliki daerah sebaran vertikal terluas, mulai dari zona 1. Hal ini menunjukkan bahwa anggrek *Broomhedia reinwardtiana* ini mempunyai kemampuan beradaptasi pada kondisi intensitas cahaya dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Kemampuan adaptasi anggrek pada zona vertikal pohon inang yang luas, dapat mendukung kelimpahan anggrek tersebut.

Zona yang paling banyak ditemukan anggrek yaitu pada zona 1 yaitu 472 individu, sedangkan zona yang paling sedikit ditemukan anggrek yaitu pada zona 2 sebanyak 48 individu. Zona 3 (batang percabangan pertama), zona 4 (basal batang besar), zona 5 (Tengah cabang besar) dan zona 6 (bagian luar percabangan) di lokasi plot penelitian pada keempat zona tersebut

tidak ditemukan anggrek. Anggrek banyak tumbuh pada zona 1 dan zona 2. Pada beberapa penelitian mengenai sebaran vertikal anggrek, juga menemukan pertumbuhan anggrek Terrestrial lebih banyak pada zona 1 dari pada zona 2. Hal ini diduga berhubungan dengan seberapa banyak cahaya matahari, asupan air, dan nutrisi yang diterima sesuai dengan kebutuhan anggrek untuk tumbuh (Tagentju et al., 2020). Hasil pengamatan di lapangan, pada zona 3, 4, 5 dan 6 tidak ditemukan anggrek. Pada zona ini umumnya memiliki tingkat gangguan yang lebih tinggi dari pada zona-zona yang lain. Bentuk gangguannya yaitu seperti intensitas cahaya matahari penuh, mudah diterpa angin, dan fluktuasi suhu yang besar. Faktor-faktor gangguan seperti ini yang dapat menyulitkan anggrek epifit untuk dapat tumbuh pada zona 6 (Sadili, 2013).

Tabel (Table) 7. Hasil Fisik Lingkungan Plot Penelitian Anggrek Hutan Rawa Gambut di KHDTK Mungku Baru (*Physical environmental conditions of orchid research plots in the peat swamp forest of KHDTK Mungku Baru*)

Faktor Fisik (<i>Physical factors</i>)	Data Komposisi (<i>Composition data</i>)		
	Pagi (<i>Morning</i>) (08.00-10.00Wib)	Siang (<i>Afternoon</i>) (11.00-14.00Wib)	Sore (<i>Evening</i>) (1500-17.00Wib)
Suhu Batang (C°)	27	27	27
Kelembaban (%)	87.36	88.40	87.80
Suhu Tanah (C°)	25	27	26
Suhu Udara (C°)	28	30	29
Intensitas Cahaya (Lux Meter x100)	25	27	26

Kondisi lingkungan tipe hutan rawa gambut menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan antar waktu pengamatan baik waktu pagi, siang dan sore. Nilai faktor fisik bagian suhu batang pada pohon inang berkisar 27 °C, 27 °C, dan 27 °C. kelembaban berkisar 87.36%, 88.40%, dan 87.80%. Suhu Tanah berkisar 25 °C, 27 °C, dan 26 °C. Suhu Udara berkisar 28°C, 30°C, dan 29°C. Intensitas Cahaya (Lux Meter x100) berkisar 25lux, 27lux, dan 26lux. Walaupun demikian, komposisi anggrek pada penelitian ini tidak terlalu berbeda signifikan dilihat dari hasil kondisi lingkungan yang dapat dilihat pada tabel 7. Hal ini sesuai hasil penelitian dari ketinggian tempat ditemukannya anggrek pada hutan rawa gambut yaitu 58-94 mdpl. Kemudian dilihat dari kondisi kelembabannya kisaran 87-88%, ini sedikit lebih lembab dari yang dibutuhkan anggrek, namun tidak menghambat pertumbuhan anggrek. Kondisi kelembaban yang dapat menghambat pertumbuhan anggrek adalah jika kelembaban terlalu rendah di bawah batas minimal yang dibutuhkan anggrek. Kelembaban rendah menjadikan udara kering yang dapat mengurangi asupan air bagi anggrek sehingga anggrek kesulitan untuk tumbuh. Intensitas cahaya di hutan rawa gambut tergolong tidak berlebihan sehingga dapat mendukung pertumbuhan anggrek. Karena kondisi anggrek saat ditemukan tidak terdapat kerusakan pada daun atau bagian jaringan tumbuhan

lainnya. Apabila intensitas cahaya yang didapatkan anggrek lebih besar dari kebutuhannya, akan menimbulkan kerusakan pada daun atau seluruh bagian jaringan tumbuhan. Seperti gejala terbakar akan terlihat terutama pada daun-daun yang terkena cahaya matahari secara langsung. Biasanya gejala itu ditandai dengan munculnya warna cokelat kemerahan pada permukaan daunnya. Selain itu, jika anggrek kekurangan cahaya akan mengakibatkan pertumbuhannya tidak baik, daunnya akan layu, kuning, pucat dan rontok. Jika keadaan ini terjadi maka anggrek akan sulit tumbuh dan berkembang (Tagentju et al., 2020).

1. Kesimpulan

Keanekaragaman anggrek epifit dan terrestrial di hutan rawa gambut KHDTK Mungku Baru berjumlah 13 jenis. Jenis yang paling melimpah adalah *Bromheadia reinwardtiana* dengan kerapatan mencapai 88,6%. Sebaran anggrek epifit ditemukan pada seluruh zona batang pohon inang, tetapi mayoritas tumbuh pada zona pertama atau bagian bawah batang, karena area tersebut memiliki kelembapan dan suhu mikro yang lebih stabil. Sementara itu, anggrek terrestrial tumbuh pada permukaan tanah yang lembab dan tertutup vegetasi rapat. Hasil pemetaan NDVI menunjukkan nilai pada kategori tinggi, yang menandakan bahwa tutupan vegetasi di lokasi penelitian masih baik dan sehat.

Vegetasi yang rapat membuat kelembapan terjaga dan intensitas cahaya terfilter, sehingga kondisi ini mendukung pertumbuhan anggrek. Hal ini juga sejalan dengan nilai LST yang berada pada kategori rendah, menunjukkan suhu permukaan yang sejuk dan stabil. Kombinasi NDVI tinggi dan LST rendah menunjukkan bahwa KHDTK Mungku Baru memiliki habitat yang sesuai untuk pertumbuhan anggrek, sehingga berpengaruh terhadap keberadaan dan pola sebarannya di lapangan. Hasil penelitian ini memberikan gambaran awal tentang kondisi habitat anggrek di KHDTK Mungku Baru dan dapat menjadi acuan dalam upaya konservasi. Informasi mengenai jenis anggrek, sebaran, dan karakteristik habitat dapat digunakan sebagai dasar pelestarian serta pengembangan kawasan. Penelitian lanjutan masih diperlukan, terutama di bagian selatan KHDTK Mungku Baru yang belum dieksplorasi, agar data keanekaragaman anggrek semakin lengkap. Selain itu, pemantauan habitat dengan NDVI dan LST dapat dimanfaatkan untuk memantau perubahan tutupan lahan yang berpotensi mempengaruhi keberadaan anggrek di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Albarkati, K., Indriyanto, I. & Yusnita, Y. (2017). The condition of population and distribution patterns of *Eria* spp. Orchids at Balik Bukit Resort on Bukit Barisan Selatan National Park. *Jurnal Sylva Lestari*, 5(1), 1–13.
- Amalia, R., Lovadi, I., & Linda, R. (2015). Kekayaan jenis anggrek di Hutan Alam Desa Beginjan Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau. *Protobiont*, 4(1), 170–177.
- Ariyanti, E. E., & Pa'i. (2008). Inventarisasi anggrek di Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat. *Biodiversitas*, 9(1), 21–24.
- Aulia, A. N., & Hakim, L. (2019). Technique for sustainable development Along Trisula Waterfall Ranu-Pani, Bromo Tengger Semeru National Park: A case of epiphytic orchid conservation. *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology JEEST*, 06(01), 16–22.
- Azhali, F. M., & Jaelani, L. M. (2020). Analisis pola distribusi dan pola perubahan suhu permukaan tanah di kota surabaya menggunakan citra landsat 8 dan stasiun cuaca otomatis. *Geoid*, 15(2), 264–273.
- Cahyanto, T., Paujiah, E., & Yuliandiana, V. (2018). Anggrek epifit di kawasan konservasi Cagar Alam Gunung Tilu, Jawa Barat: Komposisi spesies dan jenis pohon inangnya. *Jurnal Bioma*, 7(1).
- Damanik, A.J., Masitoh, S & Prayogo, H. (2018). Studi keanekaragaman jenis anggrek berdasarkan ketinggian tempat di Bukit Wangkang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Hutan Lestari*, 6(3), 447–455.
- Filippa, G., Cremonese, E., Migliavacca, M., Galvagno, M., Sonnentag, O., Humphreys, E., & Richardson, A. D. (2018). NDVI derived from near-infrared-enabled digital cameras: Applicability across different plant functional types. *Agricultural and Forest Meteorology*, 249, 275–285.
- Gerry, Y., Permatasari, F., & Dewi, R. K. (2020). Keanekaragaman anggrek di Taman Anggrek Badak LNG. Surabaya: ITS Press.
- Govaerts, R., Bernet, P., Kratochvil, K., Gerlach, G., Carr, G., Alrich, P., Pridgeon, A. M., Pfahl, J., Camppacci, M. A., Baptista, D. H., Tigges, H., Shaw, J., Cribb, P., George, A., Kreut, K., & Wood, J. (2019). Word checklist of Orchidaceae. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet.
- Kaliappan, S. B., Gunasekaran, Y., Smyrna, R., & Meena, R. S. (2019). Soil and

- environmental management. In *Sustainable Management of Soil and Environment* (pp. 1–27). Springer Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-8832-3_1
- LIPI. (2016). Berita Biologi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*, 15 (3), 275-283.
- Marlina, D. (2022). Klasifikasi tutupan lahan pada citra sentinel-2 Kabupaten Kuningan dengan NDVI dan algoritme random forest. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 7(1), 41–49.
- Maimunah, S & Syahbudin, A. (2020). *Anggrek Hutan Kerangas Kalimantan Tengah*. Friends of Borneo.
- Melissa WI, & Ackerman JD. (2015). Terrestrial orchids in a tropical forest: Best sites for abundance differ from those for reproduction. *Ecology*, 96(3), 693–704.
- Murtiningsih, I., Sri, N., & Muslimin. (2016). Karakteristik pohon inang anggrek di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu (Studi Kasus Desa Mataue, Kecamatan Kulawi, Kabupaten Sigi. *Jurnal Warta Rimba*, 4(2), 32–39.
- Nurfadilah, S. (2015). Diversity of epiphytic orchids and host trees (Phorophytes) in Secondary Forest of Coban Trisula, Malang Regency, East Java, Indonesia. *Biotropia*, 22(2), 120–128.
- O’Byrne, P. (2016). Trixsperrum in Borneo; 24 New and Old Spesies. *Malesian Orchid Journal*, 18, 74.
- O’Malley, K. (2009). Patterns of abundance and diversity in epiphytic orchids on *Parashorea malaanonan* trees in Danum Valley, Sabah. *The Plymouth Student Scientist*, 2(2), 38–58
- Paramitha, I. G. A. A. P., I. Gede., P. A., & Made, P. (2010). Keanekaragaman Anggrek Epifit di Kawasan Taman Wisata Alam Danau Buyan-Tamblingan. *Jurnal Metamorfosa*, 1(1), 11–16.
- Puspaningtyas D.M. (2005). Studi keragaman anggrek di Cagar Alam Gunung Simpang, Jawa Barat. *Biodiversitas*, 6(21), 103–107.
- Richard Evans Schultes, & Arthur Stanley Pease. (1963). *Generic names of orchids: their origin and meaning*. Statement of responsibility. Academic Press.
- Rikardus, P. H., & Ardian, H. (2017). Analisis keanekaragaman jenis anggrek alam (*Orchidaceae*) pada Hutan Lindung Gunung Semahung Desa Saham Kecamatan Sengah Temila Kabupaten Landak. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2), 292–299.
- Sadili, A. (2013). Jenis anggrek (*Orchidaceae*) di Tau Lumbis, Nunukan, Propinsi Kalimantan Timur: Sebagai indikator terhadap kondisi kawasan hutan. *Jurnal Biologi Indonesia*, 9(1), 63–71.
- Saidi, R., Nur’adqiah, N., Muzri, Y., Pahlawan, R., Sugandi, D., & Ridwana, R. (2020). Pemanfaatan citra landsat 8 untuk identifikasi sebaran vegetasi di Kecamatan Pangandaran. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 7(1), 1–14.
- Siregar, C. (2008). Exploration and inventory of native orchid germplasm in West Borneo, Indonesia. *HortScience*, 43(2). 554-557.
- Sudarso, D., Astiani, D., & Ekamawanti, H. A. (2020). Keanekaragaman jenis anggrek alam epifit pada berbagai tutupan tajuk hutan di Desa Balai Sebut Kabupaten Sanggau. *Jurnal Hutan Lestari*, 8(1), 180–192.
- Sugiyarto, L., Umniyatie, S., & Henuhili, V. (2016). Keanekaragaman anggrek alam dan keberadaan mikoriza anggrek di Dusun Turgo Pakem, Sleman Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar* 5(2), 71–80.
- Sujalu, A. P. (2008). Analisis vegetasi keanekaragaman anggrek epifit di hutan bekas tebangan, Hutan

- Penelitian Malinau (MRF)-Cifor. *Media Konservasi*, 13(3), 1–9.
- Tahier, S. S., Haryani, T. S., & Wiedarti, S. (2018). Keanekaragaman anggrek di cagar alam dan taman wisata alam Telaga Warna, Puncak, Bogor. *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup* 18(2), 83–93.
- Tagentju, R., Toknok, B., & Korja, I. N. (2020). Kondisi Lingkungan Fisik Habitat Anggrek Terestrial di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Desa Mataue Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi. *Jurnal Warta Rimba*, 8(1), 58–63.
- Teoh, Eng Soon. (2021). *Bromheadia Lindl. Orchid Species from Himalaya and Southeast Asia Vol 1 (A-E)*. Springer Nature Switzerland AG
- Wigunanti, R., Muhammad, R., Rahmansyah, R., A'yun, Q., Oktaviana, A. K., Haikal, D., Ihsan, M., Sultan, N., & Riau, S. K. (2024). Pengaruh kerapatan vegetasi terhadap kenaikan land surface temperature (LST) di Area Gunung Parang, Kecamatan Tegalwaru, Kabupaten Purwakarta. *El-Jughrafiyah*, 4(1), 136–151
- Wood, J. J., & Cribb, P. J. (1994). *A Checklist of The Orchids of Borneo*. Royal Botanic Garden. KEW. United Kingdom.
- Wulanesa, W. O. S., Soegianto, A., & Basuki, N. (2017). Eksplorasi dan Karakterisasi Anggrek Epifit di Hutan Coban Trisula Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(1), 125–131.
- Wulffraat, S. (2012). *The Environmental Status of the Heart of Borneo The Heart of Borneo Declaration*. WWF's HoB Initiative.
- Xue J., Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. *Journal of Sensors*, 2017, 1–17.
- Yulia, N. D. (2007). Keragaman Anggrek epifit di kawasan hutan alam Desa Petarikan, Kabupaten Kota Waringin Barat-Kalimantan Tengah. *Buletin Kebun Raya Indonesia*, 10(2), 46–50.

The Impact of Mangrove Vegetation on Fish Species Diversity in Batu Ampar Village (Dampak Vegetasi Mangrove terhadap Keanekaragaman Spesies Ikan di Desa Batu Ampar)

Muhammad Sofwan Anwari*, Yoga, Farah Diba, Siva Devi Azahra, dan/and Marwanto

Faculty of Forestry, Tanjungpura University, Jl. Prof. Hadari Nawawi, Pontianak 78121, West Kalimantan, Indonesia

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: Fish, Mangrove Forest, Mangrove Vegetation	<i>Mangrove forests a habitat for fish to breed and grow, providing numerous benefits such as conserving flora and fauna, sequestering carbon, and supporting human socio-economic activities. Therefore, this study aimed to examine the variations in fish species associated with different types of mangrove vegetation in the Batu Ampar Village region, Kubu Raya, West Kalimantan. The experiment was conducted in November 2023 at three observation stations according to the types of mangrove forest dominants, specifically <i>Rhizophora stylosa</i> Griff., <i>Nypa fruticans</i> Wurm.: vegetation, and their combination. Fish samples were collected using purposive sampling. A range of fishing gear was used for this process, such as nets, longlines or rods, ancau gear, and trawls. The results showed that the type of mangrove forest vegetation influenced the species of fish found. A total of twenty-eight fish species were identified; Stations I, II, and III contained 11, 13, and 15 species each, respectively. A total of three fish species were found in three observation locations, namely <i>Setipinna melanochir</i> Bleeker, <i>Paratherina wolterecki</i> Aurich, <i>Arius maculatus</i> Thunberg, <i>Leiognathus equula</i> Forsskal, and <i>Zenarchopterus buffonis</i> Valenciennes. There were two species of fish with high market value, namely <i>Pomadasys argenteus</i> Forsskal and <i>Sphyraena barracuda</i> Edwards, as well as <i>Xenopterus naritus</i> Richardson, which had ornamental value. The muddy environmental factors and salinity levels led to an increase in the number of fish found. Stations I and III exhibit muddy characteristics, with 80 and 62 fish, respectively.</i>
Kata kunci:	ABSTRAK
Hutan Mangrove, Ikan, Vegetasi Mangrove	Hutan mangrove merupakan habitat bagi ikan untuk berkembang biak dan tumbuh, memberikan banyak keuntungan seperti konservasi flora dan fauna, penyerapan karbon, dan dukungan bagi kegiatan sosial ekonomi manusia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variasi spesies ikan yang berasosiasi dengan berbagai jenis vegetasi mangrove di wilayah Desa Batu Ampar, Kubu Raya, Kalimantan Barat. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2023 di tiga stasiun pengamatan sesuai dengan jenis vegetasi dominan hutan mangrove, yaitu vegetasi <i>Rhizophora stylosa</i> Griff., <i>Nypa fruticans</i> Wurm., dan kombinasinya. Pengambilan sampel ikan menggunakan metode <i>purposive sampling</i> dengan alat tangkap seperti jaring, longline/pancing, ancau, dan pukat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis vegetasi hutan mangrove mempengaruhi spesies ikan yang ditemukan. Terdapat 28 spesies ikan yang ditemukan, dengan stasiun I, II, dan III masing-masing terdiri dari 11, 13, dan 15 spesies. Sebanyak tiga jenis ikan ditemukan di tiga lokasi pengamatan, yaitu <i>Setipinna melanochir</i> Bleeker, <i>Paratherina wolterecki</i> Aurich, <i>Arius maculatus</i> Thunberg, <i>Leiognathus equula</i> Forsskal, dan <i>Zenarchopterus buffonis</i> Valenciennes. Terdapat dua jenis ikan yang memiliki nilai jual tinggi, yaitu <i>Pomadasys argenteus</i> Forsskal dan <i>Sphyraena barracuda</i> Edwards, termasuk

Korespondensi penulis: Muhammad Sofwan Anwari* (E-mail: sofwan@fahutan.untan.ac.id)

Kontribusi penulis: **YO:** Investigation, Formal Analysis, writing– Original draft; **FD:** Supervision, Conceptualization, Writing - Review & Editing; **SA:** Project administration, Data curation, Validation, and **MM:** Writing - Review & Editing, Data curation, Validation.

Riwayat artikel:

Tanggal diterima:

10 Mei 2025;

Tanggal disetujui:

31 Desember 2025.

Xenopterus naritus Richardson yang memiliki nilai hias. Faktor lingkungan berlumpur dan tingkat salinitas menunjukkan adanya peningkatan jumlah ikan yang ditemukan. Stasiun I dan III memiliki karakteristik berlumpur, dengan jumlah total ikan masing-masing 80 dan 62 ekor.

1. Introduction

Indonesia has mangrove forests covering approximately 18-23% of the world's mangrove forest area (Marlianingrum *et al.*, 2021) and 59.9% in Southeast Asia (Darmawan *et al.*, 2020). Kalimantan Island has the third-largest mangrove area in Indonesia after Papua and Sumatra. This indicates the importance of mangrove forests in Kalimantan in maintaining the stability of the natural ecosystem.

The proximity to residential areas makes the mangrove forest an important economic area (Hagger *et al.*, 2022). The existence of mangrove forest can provide plants as medicines (Darmadi *et al.*, 2021), fish producers (Rahman *et al.*, 2024), crabs (Arisekar *et al.*, 2021), shrimp (Boyd *et al.*, 2022), bivalves (Yahya *et al.*, 2020), and gastropods (Hong *et al.*, 2020) that can be consumed. Furthermore, mangrove forest can also be used as conservation area migratory birds and breeding fish (Arceo-Carranza *et al.*, 2021), (Mancini *et al.*, 2023).

The composition of animals such as fish in mangroves depends on the condition of the ecosystem (Nanjo *et al.*, 2014) and the type of habitat (Du *et al.*, 2020; Dunne *et al.*, 2023). Dunne *et al.*, (2023) and Du *et al.*, (2020) stated that coral, macroalgae, seagrass, and mangrove habitats host unique fish species. Generally, mangrove ecosystems have smaller fish than macroalgae and seagrass, as well as coral reef (Dunne *et al.*, 2023). Mangrove areas are often considered areas for fish breeding

(Beh *et al.*, 2023). Dunne *et al.*, (2023) showed that juvenile fish dominated mangrove areas, while subadult and adult fish were found in macroalgae areas. However, other studies reported that mangrove areas had more fish species than seagrass or coral reef areas (Du *et al.*, 2020) due to differences in the ecosystem and sea tides (Dunne *et al.*, 2023). Areas dominated by *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh trees in the Red Sea have smaller interstitial spaces, stems, and root structures than those of other mangroves. The limited water depth at low tide resulted in a small number of fish species (Dunne *et al.*, 2023). This showed that the number of species and individual fish found in mangrove areas with different vegetation types varied significantly (Du *et al.*, 2020; Dunne *et al.*, 2023).

Fish are animals with the potential to boost an area's economy, with varying resistance to environmental change, particularly in mangrove forests, where they serve as a bioindicator species (Ellis and Bell 2013). Research by Middleton *et al.*, (2025) shows that communities around mangroves, especially in Batu Ampar Village, Kubu Raya Regency, depend heavily on fish as a food source, especially during the dry season. The community relies on fish as a source of meat. However, the composition of mangrove vegetation in the Gunung Keruing, Teluk Air, and Sungai Limau hamlets in Batu Ampar Village differs (Sisriany *et al.*, 2021). This study aims to analyze fish diversity in mangrove vegetation in the Batu Ampar Village region, Kubu Raya, West Kalimantan.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area

We conducted this study at the Mangrove Forest Ecosystem in Batu Ampar Village, Batu Ampar District, Kubu Raya Regency, in November 2023 (Figure 1). Several tools were used in this study including maps, cameras, longlines/fishing rods, trawls (with mesh sizes of 2 cm, 4 cm, and 6 cm), nets, pH meters, buckets, boats, rulers, black cloth, measuring tape and knives or scissors to remove fish hooks and Kottelat Identification Book to identify fish species (Kottelat, 2013).

2.2. Data Collection

Data collection was conducted using purposive sampling method. We conducted direct observation method at observation points based on the local community's information and experience (purposive sampling), following fishermen as they explored the catchment area. The study was conducted at Station I in Sungai Limau Hamlet, Station II in Gunung Keruing Hamlet, and Station III in Teluk Air Hamlet, which describe three different types of vegetation.

The fisherman used fishing gear such as nets, longlines/fishing rods, ancau, and trawls to collect fish sample. The following are the steps in collecting fish at each observation station. The nets were initially baited and spread 10 times at each station for fish to gather and produce numerous catches. There was one longline thread comprising 150 hooks (size of no. 12), which were separated by one meter. Before deployment, each hook was individually baited, and the long line was set at the designated station. One seine line (mesh size 2 cm, 4 cm, and 6 cm) with a length of 20 m, and the installation of the seine was used to collect fish samples at high and low tide in each station, with two repetitions.

Each sampling point was determined along 100 m to adjust the size of installed seine and longline. At each station, the data was recorded on the species and number of fish samples. For each fish, we measured total length from the tip of the snout to the end of the tail fin using a measuring board, recorded standard dimensions according to FishBase protocols. Then photographed each specimen and identified its species using the FishBase website (<https://www.fishbase.se>) and the Kottelat Identification Book (Kottelat, 2013). Environmental parameters were measured as follows: water current was measured with a flow meter, brightness with a light sensor, temperature and pH using portable meters, and salinity with a refractometer. Soil substrate was assessed visually, and sea tides were recorded based on local tide charts.

2.3. Data Analysis

We analyze the diversity, dominance index, species evenness, species richness, and species similarity for each observation station. The dominance of fish species at each observation station was observed using the Simpson Dominance Index with the following formula (Simpson, 1949):

$$C = \sum_{S=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Where C : *Simpson's Dominance Index*, S : Total number of species (or categories), n_i : Number of individuals in species i . N : Total number of individuals across all species. There are two categories, namely high diversity (more even distribution or no species of fish dominates) ($0 < C \leq 0.5$) and low diversity (one species dominates or the one species of fish that dominates) ($0.5 < C \leq 1$).

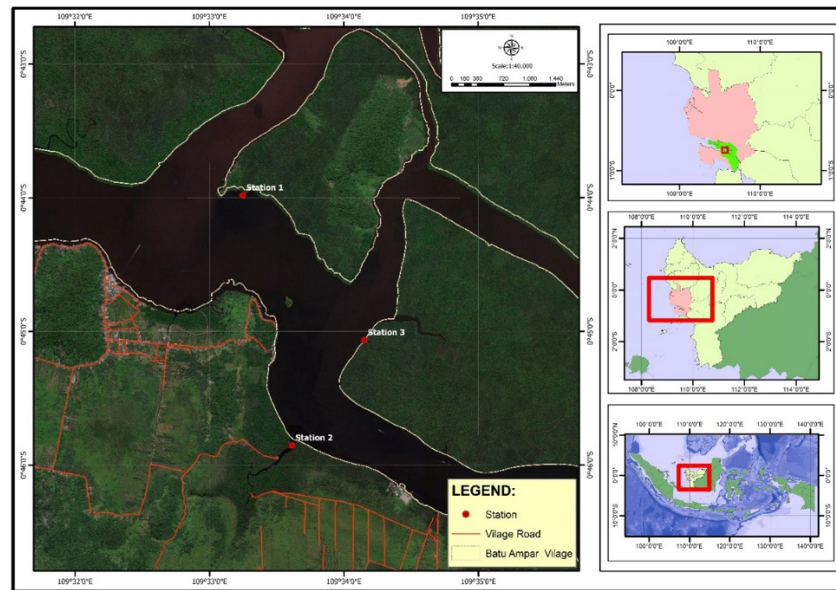


Figure 1. Study site: The main figure illustrates three observation stations (A). The right-hand panels, from top to bottom, depict inset maps of Batu Ampar Sub-district (B), Kubu Raya Regency (C), and West Kalimantan Province, Indonesia (D).

Index of Diversity (H') is a quantitative measure that shows the type of fish present in a forest community or mangrove ecosystem. The calculation of H' uses the following formula (Shannon and Weaver, 1998):

$$H' = - \sum \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \times \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

Where H' : Shannon–Wiener Diversity Index (also written as Shannon Index or Shannon Entropy); n_i : Number of individuals of species I ; and N : Total number of individuals of all species. The diversity index criteria of a species are categorized as low when $H' < 1$, medium when $1 \leq H' \leq 3$, and high at $H' > 3$. The Index of Species Evenness (E) of fish species is the distribution of individual fish between different species and is analysed using the following formula (Pielou, 1966):

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Where E : Species Evenness Index, showing how evenly individuals are distributed among species; H' : Shannon–Wiener Diversity Index (Shannon Index); S : Total

number of species; $\ln(S)$: Natural logarithm of the number of species. The diversity index (E) categorizes fish population uniformity into low ($0 < E \leq 0.5$), medium ($0.5 < E \leq 0.75$), and high ($0.75 < E \leq 1$). The Species Richness Index (R) is the number of fish species present in mangrove water and is calculated using the following formula (Margalef, 1958):

$$R = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Where R : Species Richness Index, also known as Margalef's Richness Index; S : Total number of species observed in the community; N : Total number of individuals of all species combined; $\ln(N)$: Natural logarithm of the total number of individuals. The species richness index is divided into three categories, namely the low, medium, and high when $R < 3.5$, $R = 3.5-5$, and $R \geq 5$, respectively. Species similarity index (IS) is a comparison between the number of fish species that are the same as the observation stations being compared and the total number of fish species from each observation station. IS is

calculated using the Sorensen formula (Sorensen, 1948):

$$IS = \frac{2C}{A+B} \times 100\%$$

Where *IS*: Species Similarity Index (%) between two sampling sites or communities; *A*: Number of species found in community/site A; *B*: Number of species found in community/site B; *C*: Number of species shared (overlapping) between community A and community B; *2C*: Doubled shared species count—this emphasizes common species between sites. The criteria for the species similarity index are grouped into the same, different, and very different categories when *IS* = 80–100%; 50–80%; and <50%, respectively.

3. Results and Discussion

3.1. Environmental Factors

This study was conducted in a mangrove forest with different vegetation types. Station I in Sungai Limau Hamlet consisted of secondary forest with *Rhizophora stylosa* Griff, *Bruguiera cylindrica* (L.) Blume, *Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb, and *Xylocarpus moluccensis* (Lam.) M. Roem dominated the area. Environmental characteristics, including water currents, brightness, temperature, pH, salinity, soil substrate, and sea tides, are listed in Table 1. The type of soil was found to be muddy clay substrate, and the watercolor was bright (clear) at water current conditions ranging from 0.7 ms⁻¹ at a depth of 0.5 m. Station II in Gunung Keruing Hamlet had been dominated by *R. stylosa*, which lined the river coast. The type of soil substrate was found to be dusty and muddy clay with reddish watercolor (rather dark), alongside relatively calm current conditions around 0.3 ms⁻¹ at a depth of 0.5 m. Furthermore, Station III in Teluk Air Hamlet had a dominant vegetation *N. fruticans* on the

riverbank and *R. stylosa* behind *N. fruticans* on the expanse. The substrate type was found to be muddy clay, and the watercolor was bright (clear) at water current conditions ranging from 0.3 ms⁻¹ to a depth of 0.5 m.

Water currents are one of the environmental factors determining the species of fish found during observation. Station I have a high-water current (0.7 ms⁻¹) near the estuary, compared to stations II and III, which have water currents of 0.3 ms⁻¹. The type of soil substrate at each station are relatively same, which was found to be mud. However, Station II was dominated by a dusty mud substrate, affecting the lower brightness level compared to others, which was only 1.7 m. The brightness of the water was also directly affected by the height of the sea tide. The existence of stations with seawater affected the level of salinity of the water produced. Station I, close to the estuary, has a high salinity level (23.5%) compared to Stations II (12%) and III (20%). Observations showed that the water had a normal pH of 7 at every station.

3.2. Species of Fish in the Mangrove Forest Waters

Observations at three different stations found 28 species of fish, with 185 individuals belonging to 21 families (Table 2), as shown in Figures 3, 4, and 5. A total of 11 families of brackish water fish were found in observation station I which were dominated by Engraulidae, Ariidae, Melanotaeniidae, Sciaenidae, Sphyraenidae, Zenarchopteridae, Cyprinidae, Dorosomatidae, Haemulidae, Leiognathidae, and Tetraodontidae. Station II had 13 families of fish dominated by the Engraulidae, Aplocheilidae Toxotidae, Ariidae, Melanotaeniidae, Zenarchopteridae, Tetraodontidae, Ambassidae, Scorpaenidae, Muraenesocidae, Mugilidae, and

Leiognathidae families. Meanwhile, Station III had 15 families consisting of Ariidae, Ambassidae, Anguillidae, Dasyatidae, Engraulidae, Haemulidae, Leiognathidae,

Melanotaeniidae, Platycephalidae, Polynemidae, Sciaenidae, Scorpaenidae, Tetraodontidae, Toxotidae, and Zenarchopterida.

Table1. Characteristics of environmental factors at three observation stations

No	Parameter	Station I	Station II	Station III
1	Water Currents	0.7 ms ⁻¹	0.3 ms ⁻¹	0.3 ms ⁻¹
2	Water Brightness	2.2 m	1.7 m	1.9 m
3	Water Temperature	29.5°C	27.5°C	28°C
4	pH Water	7	7	7
5	Salinity	23.5‰	12‰	20‰
6	Soil Substrate	Muddy	Dusty muddy	Muddy
7	Sea Tides	1.85 m	1.5 m	1.75 m

Table 2. The fish species found at three observation stations

No	Family	Local Name	Scientific name	Station		
				I	II	III
1	<i>Ariidae</i>	Belukang	<i>Arius sagor</i> Hamilton, 1822	-	1	-
2	<i>Ariidae</i>	Duri	<i>Arius maculatus</i> Thunberg, 1792	4	3	7
3	<i>Ariidae</i>	Duri Moncong	<i>Arius truncates</i> Valenciennes, 1840	1	-	2
4	<i>Ambassidae</i>	Serinding	<i>Ambassis nalua</i> Hamilton, 1822	-	1	1
5	<i>Anguillidae</i>	Belut Laut	<i>Anguilla bicolor</i> McClelland, 1844	-	-	2
6	<i>Aplocheilidae</i>	Semangkah	<i>Apogon sangiensis</i> Bleeker 1857	-	8	-
7	<i>Cyprinidae</i>	Ikan Teri	<i>Rasbora argyrotaenia</i> Bleeker, 1849	1	-	-
		Kokang				
8	<i>Dasyatidae</i>	Pari	<i>Hypolophus sephen</i> Fabricius, 1775	-	-	1
9	<i>Dorosomatidae</i>	Selangat	<i>Anodontostoma chacunda</i> Hamilton, 1822	1	-	-
10	<i>Engraulidae</i>	Pemperang	<i>Setipinna breviceps</i> Cantor, 1849	-	1	-
		Merah				
11	<i>Engraulidae</i>	Pemperang	<i>Setipinna melanocheir</i> Bleeker, 1849	34	2	23
		Kuning				
12	<i>Engraulidae</i>	Runjing	<i>Coilia dussumieri</i> Valenciennes, 1848	-	4	-
13	<i>Engraulidae</i>	Bilis	<i>Stolephorus indicus</i> van Hasselt, 1823	6	-	-
14	<i>Haemulidae</i>	Gerot-Gerot	<i>Pomadasys argenteus</i> Forsskål, 1775	1	-	2
15	<i>Leiognathidae</i>	Kepetek	<i>Leiognathus equula</i> Forsskål, 1775	1	1	5
16	<i>Melanotaeniidae</i>	Ikan Besar Mata	<i>Paratherina wolterecki</i> Aurich, 1935	22	3	6
17	<i>Mugilidae</i>	Belanak	<i>Liza subviridis</i> Valenciennes, 1836	-	1	-
18	<i>Muraenesocidae</i>	Malung	<i>Congresox talabonoides</i> Bleeker, 1853	-	1	-
19	<i>Platycephalidae</i>	Baji-Baji	<i>Platycephalus indicus</i> Linnaeus, 1758	-	-	1
20	<i>Polynemidae</i>	Kurau	<i>Polydactylus plebejus</i> Broussonet, 1782	-	-	2
21	<i>Sciaenidae</i>	Gulama	<i>Johnius trachycephalus</i> Bleeker, 1851	-	4	3
22	<i>Sciaenidae</i>	Gulama Pendek	<i>Johnius coitor</i> Hamilton, 1822	4	-	-
23	<i>Scorpaenidae</i>	Lepu	<i>Leptosynanceia asteroblepa</i> Richardson, 1844	-	1	1
24	<i>Sphyrnaeidae</i>	Alu-Alu	<i>Sphyrna barracuda</i> Edwards, 1771	2	-	-
25	<i>Tetraodontidae</i>	Buntal	<i>Tetraodon nigroviridis</i> Marion de Procé, 1822	-	1	1
26	<i>Tetraodontidae</i>	Buntal Kuning	<i>Xenopterus naritus</i> Richardson, 1848	1	1	-
27	<i>Toxotidae</i>	Senyumpit	<i>Toxotes chaterus</i> Hamilton, 1822	-	8	1
28	<i>Zenarchopteridae</i>	Nyilung	<i>Zenarchopterus buffonis</i> Valenciennes, 1847	2	2	4
Total				80	43	62

In this study, several species of fish could be found in all stations, such as the *Arius maculatus* Thunberg (Figure 2.B), *Setipinna melanochir* Bleeker (Figure 2.G), *Paratherina wolterecki* Aurich (Figure 3.R), *Leiognathus equula* Forsskal (Figure 3.N), and *Zenarchopterus buffonis* Valenciennes (Figure 4.A1). Several

species of fish are found to have high selling value, such as *Pomadasys argenteus* Forsskal (Figure 3.O) and *Sphyraena barracuda* Edwards (Figure 4.W). During the study, a species *Xenopterus naritus* Richardson was also found, with the potential to be an ornamental fish (Figure 4.Z).



Figure 2. Species *Arius sagor* Hamilton (A), *Arius maculatus* Thunberg (B), *Arius truncatus* Valenciennes (C), *Ambassis Nalua* Hamilton (D), *Apogon Sangiensis* Bleeker (E), *Setipinna breviceps* Cantor (F), *Setipinna melanochir* Bleeker (G), *Coilia Dussumieri* Valenciennes (H), *Stolephorus indicus* van Hasselt (I), *Anguilla bicolor* McClelland (J), *Rasbora argyrotaenia* Bleeker (K).

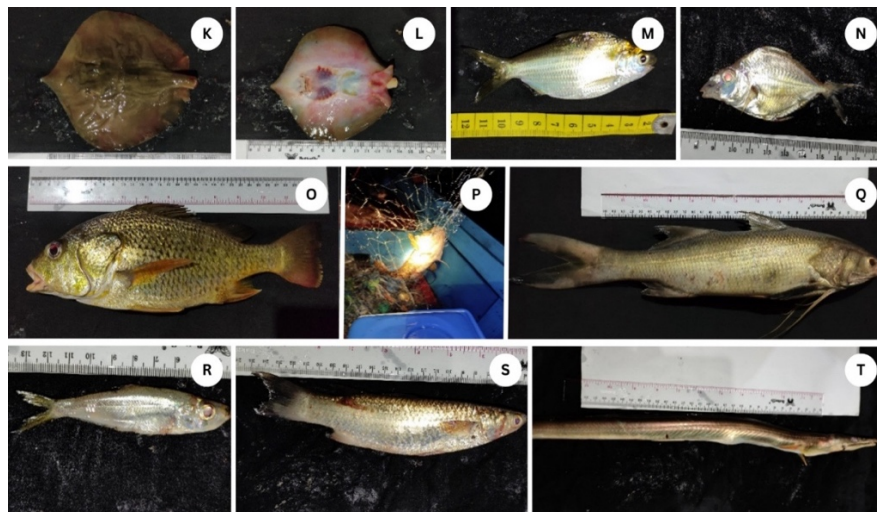


Figure 3. Species *Hypolophus sephen* Fabricius in upper side (K), *Hypolophus sephen* Fabricius in bellow side (L), *Anodontostoma chacunda* Hamilton (M), *Leiognathus equulus* Forsskal (N), *Pomadasys argenteus* Forsskal (O), *Leptosynanceia asteroblepa* Richardson (P), *Polydactylus plebejus* Broussonet (Q), *Paratherina wolterecki* Aurich (R), *Liza subviridis* Valenciennes (S), *Congresox talabonoides* Bleeker (T)

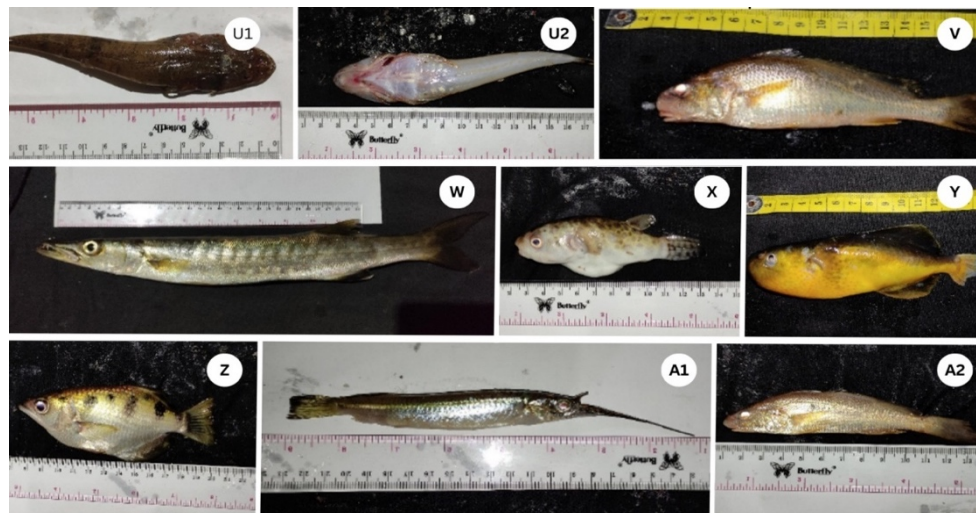


Figure 4. Species *Platycephalus indicus* Linnaeus in upper side (U1), *Platycephalus indicus* Linnaeus in bellow side (U2), *Johnius coitor* Hamilton (V), *Sphyræna barracuda* Edwards (W), *Tetraodon nigroviridis* Marion de Procé (X), *Xenopterus naritus* Richardson (Y), *Toxotes chaterus* Hamilton (Z), *Zenarchopterus buffonis* Valenciennes (A1), *Johnius trachycephalus* Bleeker (A2)

3.3. Biodiversity Indices of Fish Species in Mangrove Waters

The diversity of brackish water fish species found at the study location can be determined from the results of calculations of the dominance, species diversity, species evenness, and species richness indexes, as shown in Table 3. Based on dominance index calculation, fish showed varying abundances at different times and locations, with value (C) ranging from 0.11 to 0.27. The diversity index of fish species in the mangrove waters of Batu Ampar Village showed a moderate category. Furthermore, the species evenness index (E) of fish in this study was classified as moderate. Based on richness index (R) at Stations I, II, and III, a high value was obtained ranging from 6.16 to 7.18.

3.4. Similarity Index of Each Station in the Mangrove Waters

The species of brackish water fish at each station have similarities and significant differences. The level of similarity of brackish water fish species between stations is shown by the species similarity index, as presented in Table 4. Based on the calculation of the species similarity index at each station, the following values were obtained. Stations I and II had 40%, with criteria classified as low or significantly different. The species similarity index at Stations II and III was 60.6%, which was classified as moderate or different. The index of stations I and III was 48.3%, with criteria classified as low or considered significantly different.

Table 3. Biodiversity indice of fish species at three observation stations

No	Index	Station			Category
		Station I	Station II	Station III	
1	Dominance Index	0.27	0.11	0.18	Low
2	Species Diversity Index	1.73	2.51	2.21	Medium
3	Species Evenness Index	0.52	0.75	0.66	Medium
4	Species Richness Index	6.16	7.18	6.54	High

Table 4. Similarity index of species at each observation station

No	Station	Station 1	Station 2	Station 3
1	Station 1	-	40%	48.3%
2	Station 2	-	-	60.6%
3	Station 3	-	-	-

3.5. Discussion

Effect of Environmental Factors on the Diversity of Fish

Environmental factors are essential in the diversity of fish species in waters. This is shown by observations at Stations I and III which are greater than compared to II, as shown in Table 2. Station I had the strongest current (0.7 m/s), high brightness, a temperature of 29.5°C, a salinity of 23.5‰, and a muddy substrate, yielding 80 fish species across 15. Previous studies reported that muddy mangrove areas had higher digestible microphytobenthos as food for fish, showing potential for a greater number of fish (Sheaves *et al.*, 2016). Pelagic fish such as *Setipinna melanochir* and *Paratherina wolterecki* dominated due to the abundance of plankton and light, and the presence of euryhaline fish was driven by the ocean's salinity. The study area was affected by salinity levels, where higher values showed that the natural mangrove area could increase the fish species found (Seygita *et al.*, 2022).

Station II was calmer (current 0.3 m/s), low brightness, a temperature of 27.5°C, the lowest salinity (12‰), a dusty, muddy substrate, and dominated by *Rhizophora stylosa* vegetation. Forty-three individual fish across 18 species were found here, dominated by *Apogon sangiensis* and *Toxotes chaterus*. The low salinity supports a diverse range of estuarine species and small fish. Station III is transitional, with low current (0.3 m/s), 1.9 m clarity, 28°C temperature, 20‰ salinity, muddy substrate, and nipah palm vegetation. Sixty-two individuals of 17 species were found, including demersal and omnivorous species

(*Setipinna melanochir*, *Arius maculatus*, *Paratherina wolterecki*), as well as rare species such as *Hypolophus sephen* and *Anguilla bicolor*. This zone is tidally influenced and rich in detritus. Furthermore, the type of subtraction also influences the types of fish found. In low-water-clarity conditions, juvenile fish prefer microhabitats to avoid predators (Zhang *et al.*, 2019).

The water in Batu Ampar Village provided an abundance of fish species, which could increase in fishing seasons. Tarimo *et al.* (2022) showed that certain seasons could increase the number of fish species found. There are four fishing seasons in the Batu Ampar Village area, namely the North (February to April), South (May to August), Southwest (August to September), and West Season (September to January). Since the study was conducted in November 2023 during fishing season, it provided a general description of the types of fish before entering the water of Batu Ampar Village.

Species of Fish in the Mangrove Waters of Batu Ampar Village

Variations in fish abundance at the three observation stations demonstrate a close relationship with differences in mangrove vegetation structure. Station I, dominated by secondary vegetation consisting of *Rhizophora stylosa*, *Bruguiera cylindrica*, *Nypa fruticans*, and *Xylocarpus moluccensis*, recorded 80 individuals from 15 species. The dominant fish species in this vegetation are *Setipinna melanochir*, *Paratherina wolterecki*, and *Stolephorus indicus*. This high abundance

indicates that the complex vegetation combination creates numerous ecological niches for small pelagic fish. The presence of *Arius maculatus* and *Johnius coitor* further supports the productivity of Station I, supported by nutrient- and plankton-rich waters. This is in line with findings Zhang *et al.*, (2019) showing that the fish species diversity in *Sonneratia apetala* and *Avicennia marina* vegetation areas differs. This difference is due to differences in root types and pneumatophore densities (Zhang *et al.*, 2019). *Sonneratia* vegetation areas have a higher abundance of fish species because *Sonneratia* roots are large, cone-shaped compared to *Avicennia* roots, which are pencil-shaped. Furthermore, vegetated areas are dominated by small juvenile fish because they provide the best shelter from predators, thanks to their root structure that helps as a shelter (Zhang *et al.*, 2019).

The type of mangrove vegetation also influences the species of tropical fish that dominate (Zhang *et al.*, 2019). In contrast to Station I, Station II, dominated by *Rhizophora stylosa*, exhibited the fewest individuals (43) but the highest diversity (18 species). The dominant species, *Apogon sangiensis* and *Toxotes chaterus*, used the *Rhizophora* stilt roots for protection. Increased occurrences of *Coilia dussumieri* and *Johnius trachycephalus* were also recorded at this station. This low abundance but high diversity indicates a stable habitat with diverse microhabitats providing cover for juvenile fish and small carnivores.

In *Rhizophora*-dominated vegetation, the fish trophic type is predominantly herbivorous, with several omnivorous fish species (Utama *et al.*, 2022). However, in *Nypa* vegetation, the fish trophic type is dominated by carnivorous fish, although herbivorous tropical fish are still found due to the presence of *Rhizophora* vegetation. This indicates that the formed mangrove ecosystem is complementary. This is in line with research Utama *et al.*, (2022) which

shows that native mangrove vegetation is dominated by juvenile fish and herbivorous tropical species because it serves as a nursery ground and shelter.

Station III, which contained *Nypa fruticans* along the edge and *Rhizophora stylosa* in the back, yielded 62 individuals from 17 species. *Setipinna melanochir* remained the most dominant species, indicating flexibility across mangrove habitat types. The *S. melanochir* was found also in Malaysia (Abu Hena *et al.*, 2017). Fish from the genus *Setipinna* are often used for consumption (Mustafa *et al.*, 2023). High abundances were also recorded for *Arius maculatus*, *Paratherina wolterecki* and *Leiognathus equula* indicating the detritus-rich nature of Station III's habitat. *A. maculatus* species of fish can be found in the bottoms of rivers, estuaries, and coasts (Yang *et al.*, 2022). *A. maculatus* are easily found in subtropical and tropical water, and are widely distributed in the Indo-West Pacific (Chu *et al.*, 2011). *A. maculatus* are also closely related to *Arius*, *Netuma*, *Occidentarius*, and *Bagre* (Yang *et al.*, 2022). The presence of *Hypolophus sephen* and *Anguilla bicolor* indicates soft substrate and specific migration routes at these stations.

Several exclusive species were also found at each station: *Rasbora argyrotaenia*, *Anodontostoma chacunda*, and *Johnius coitor* at Station I; *Congresox talabonoides*, *Liza subviridis*, and *Setipinna breviceps* at Station II; and *Platycephalus indicus* and *Polydactylus plebejus* at Station III. The presence of these exclusive species confirms the separation of habitats based on mangrove vegetation structure. The *R. argyrotaenia* fish is found in the Asian Sea area and consumed by humans (Agustiana *et al.*, 2023). The species is also used as ornamental fish (Budi *et al.*, 2020), which contributes to further studies of breeding programs (Syafariyah *et al.*, 2023). Another species is *A. chacunda* fish, which lays eggs

for nine months, with the peak month in December (Hasan *et al.*, 2024). *A. chacunda* fish consume diatoms, radiolarians, mollusks, copepods, and crustaceans (Rainboth, 1996) are included in the category of least concern globally, with higher protein and calcium concentrate content (Agustiana *et al.*, 2023). The growth and mortality model of *A. chacunda* fish has also been conducted for breeding this species (Salim *et al.*, 2024).

At Stations I and III, *P. argenteus* was found. In the aquatic ecosystem, *P. argenteus* predominantly consumes crustaceans, mollusks, and parts of fish (Baaoom *et al.*, 2023). There are several species of fish from the *Pomadasys* species (Damadi *et al.*, 2021), while *S. barracuda* is very important for human consumption (Ahmadoon *et al.*, 2023). The quality of the chemical composition of meat from *Sphyraena barracuda* fish depends on the fishing season, size, and area (Ahmadoon *et al.*, 2023). However, the content of meat from the *S. barracuda* fish needs to be examined for body chemical content due to the potential to accumulate mercury (Ritonga *et al.*, 2023) and other dangerous chemical contents (Arencibia-Carballo *et al.*, 2022). Other species of fish are also used by the local community as raw materials for making crackers, such as *Arius maculatus* Thunberg, *Arius truncatus* Valenciennes, *Rasbora argyroteenia* Bleeker, *Anodontostoma chacunda* Hamilton, *Stolephorus indicus* van Hasselt, *S. melanochir*, *Leiognathus equulus* Forsskal, *P. wolterecki*, *Johnius coitor* Hamilton, and *Z. buffonis*.

The *S. indicus* is known as the Indian anchovies, which can be found in several areas in Indonesia (Hardianti *et al.*, 2021), (Fitri *et al.*, 2022). This species of fish has been consumed to fulfill human protein (Tiamsai *et al.*, 2022), although the content requires further investigation. Several studies have shown that *S. indicus* can

accumulate heavy metals (Alizada *et al.*, 2020) and microplastics (Gayathri *et al.*, 2024) in body tissue.

Other species of fish, such as *S. melanochir* and *L. equulus*, are used as processed cracker ingredients by the local community. *Leiognathus* species can be found in the Indo-Pacific area (Banu *et al.*, 2020), while *J. coitor* fish are predominant in India (Basumatary *et al.*, 2017; Verma *et al.*, 2018) and Indonesia (Yuniar *et al.*, 2007). However, this species of fish is a place for parasitic crustaceans to develop, particularly copepods, causing a significant reduction in the quality (Yuniar *et al.*, 2007). Another fish that is used as the basic ingredient for making crackers is the *Z. buffonis* fish, which is found in several countries, such as Bangladesh (Hanif *et al.*, 2017), China (Xiong *et al.*, 2018), (Tan *et al.*, 2019), Thailand (Ikejima *et al.*, 2003), India (Podder *et al.*, 2021), and Indonesia (Hernawati *et al.*, 2023). The *Z. buffonis* fish can be consumed (Hanif *et al.*, 2017) and grow to approximately 23 cm (Tan *et al.*, 2019).

Another species of fish that can be bred is the *X. naritus*, which is often consumed by humans (Ayub *et al.*, 2013). This fish also has a good appearance and can be used as an ornamental or for aquaculture (Nasir *et al.*, 2017), but the toxic tetrodotoxin content requires investigation (Park *et al.*, 2021). The toxin content in the tissue of this fish increases during the maturation period (Ayub *et al.*, 2013). However, excessive tetrodotoxin content when consumed by humans can cause fatal health problems (Park *et al.*, 2021).

Biodiversity Indices of Fish Species in the Mangrove Forest of Batu Ampar Village

The highest dominance index was observed at station I with a value of 0.27. This showed that there were no dominant species, given the absence of abundant fish,

suggesting a stable population. The phenomenon showed that from the three stations, there was no control of one species over another because the dominance index value obtained was not close to 1. In peat waters, the increase in fish species that can live depends on the dissolved oxygen (DO) and pH levels in the water (Rohim *et al.*, 2024). The higher the DO and pH of the water, the more fish can adapt (Thornton *et al.*, 2018). Although in mangrove, DO depends on the density of mangrove stands, because the litter produced will increase water nutrients causing an increase in fish species (Sihombing *et al.*, 2017). Dunne *et al.*, (2023) and Du *et al.*, (2020) showed that the fish species also depended on an ecosystem of coastal vegetation, such as coral reef ecosystems, seagrass meadows, macroalgae canopies, and mangroves. Several studies also reported that the dominance index in mangrove forests was included in the low category (Setiawan *et al.*, 2019; Manullang and Khairul, 2020; Dunne *et al.*, 2023)

The diversity index of fish species found depended on the location and environmental conditions (Wahyudewantoro, 2018). Several studies reported that various species of fish in mangrove areas were found in dominant numbers compared to others (Zagars *et al.*, 2013; Abu El-Regal and Ibrahim 2014). The species evenness index of fish found in the mangrove area depends on environmental conditions (Wahyudewantoro, 2018). Damaged mangrove forests can reduce the quality of the environment in mangrove water, thereby decreasing the evenness of species found (Abrogueña *et al.*, 2012). According to Setiawan *et al.*, (2019), mangrove of Karangsong Village was also included in the “high” category with a species richness index value of 5.882. The species richness of fish found could be because mangrove forests produced higher nutrients (Zagars *et*

al., 2013). Therefore, smaller fish and those included in the juvenile category were more diverse (Wahyudewantoro, 2018; Dunne *et al.*, 2023).

Stations I and II are classified as low or significantly different due to substantial variations in vegetation. Specifically, Station I dominates *R. stylosa* vegetation while Station II has *R. stylosa*, *B. cylindrica*, *N. fruticans*, and *X. moluccensis*. Moreover, Stations II and III have moderate criteria or are different because of the study location proximity. Stations I and III are considered significantly different due to several vegetation, predominantly covered with *N. frutican*. Differences in standing vegetation and mangrove environmental conditions will cause variations in the similarity of fish species (Sihombing *et al.*, 2017). The diversity of fish species found is also associated with high conductivity, water temperature, total dissolved solids (TDS), DO, pH, and water transparency (Rohim *et al.*, 2024).

4. Conclusions

In conclusion, we found 21 families of fish consisting of 28 species in the mangrove waters of Batu Ampar Village, Batu Ampar District, Kubu Raya Regency. The most common species were the *A. maculatus*, *S. melanocheir*, *P. woltereck*, *L. equula*, and *Z. buffonis*. The fish dominance index was low at all stations, ranging from 0.11 to 0.27. The species diversity index was moderate at all stations, ranging from 1.73 to 2.51. Species evenness indices for Stations I and II were 0.52 and 0.66, respectively, both falling within the mild category, while Station III showed a higher value of 0.75, which is categorized as high. The species richness index was high at all stations, ranging from 6.16 to 7.18. The species similarity index in these stations was relatively low, with Station I and II as

well as I and III being 40%-48.3%. Meanwhile, Stations II and III were included in the moderate category with a value of 60.6%. The biological index value at each station varied significantly, with a total value of 83, 107, and 77 at Stations I, II, and III, respectively.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Faculty of Forestry, Tanjungpura University, for funding the study through the Research DIPA scheme.

References

- Abrogueña, J.B.R., Bagarinao, T.U., & Chicharo, L. (2012). Fish habitats in a small, human-impacted Sibunag Mangrove Creek (Guimaras, Philippines): a basis for mangrove resource enhancement. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 12(4), 311–319. doi:10.2478/v10104-012-0025-z.
- Abu El-Regal, M.A., & Ibrahim, N.K. (2014). Role of mangroves as a nursery ground for juvenile reef fishes in the southern Egyptian Red Sea. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(1), 71–78. doi:10.1016/j.ejar.2014.01.001.
- Abu Hena, M.K., Idris, M.H., Rajae, A.H., & Siddique, M.A.M. (2017). Length–weight relationships of three fish species from a tropical mangrove estuary of Sarawak, Malaysia. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(4), 858–860. doi:10.1111/jai.13385.
- Agustiana, Budhi, S., Noorhalisah, F., Khadijah, S.T., & Brillyana, S. (2023). Protein and calcium concentrate quality of chacunda gizzard scad (*Anodontostoma chacunda*), silver rasbora (*Rasbora argyroteenia*), Bali sardinella (*Sardinella lemuru*). *Journal of Food and Nutrition Science*, 11(6), 161–165. doi:10.11648/j.jfns.20231106.11.
- Ahmadoon, H.G.A., Elawad, A.N., Alamin, A.M., & Babiker, A.A. (2023). Chemical composition of *Sphyraena barracuda* with different area, size and season, in Sudanese Red Sea Coast. *Journal of Food and Nutrition Science*, 14(05), 415–420. doi:10.4236/jfns.2023.145027.
- Alizada, N., Malik, S., & Muzaffar, S.b. (2020). Bioaccumulation of heavy metals in tissues of Indian anchovy (*Stolephorus indicus*) from the UAE coast, Arabian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 154(February), 154. doi:10.1016/j.marpolbul.2020.111033.
- Arceo-Carranza, D., Chiappa-Carrara, X., Chávez López, R., & Yáñez Arenas, C. (2021). Mangroves as Feeding and Breeding Grounds. in *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management*. Singapore: Springer. p. 63–95.
- Arencibia-Carballo, G., Mendoza, L.R.F., Ríos, A.A., & Cetina, J.A.T. (2022). Toxicidad por ciguatera en consumo de barracuda (*Sphyraena barracuda*) en la costa norte de La Habana, Cuba. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(2), 2454–2473. doi:10.34188/bjaerv5n2-082.
- Arisekar, U., Jeya Shakila, R., Shalini, R., Jeyasekaran, G., Sivaraman, B., & Surya, T. (2021). Heavy metal concentrations in the macroalgae, seagrasses, mangroves, and crabs collected from the Tuticorin coast (Hare Island), Gulf of Mannar, South India. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111971. doi:10.1016/j.marpolbul.2021.111971.
- Ayub, M.N.A., Mohamad, S., Mohammed, M., Othman, M., Imelda, R.R., Shabdin, M.L., & Ahmad, F.B. (2013). Tetrodotoxin in various tissues of yellow puffer fish, *Xenopterus naritus* (Richardson 1848) from Betong, Sarawak, Malaysia. *Asian Fisheries Science*, 26(3), 142–155. doi:10.33997/j.afs.2013.26.3.002.

- Baaoom, K.A., Salem, T.S., & Al-nawi, E.A. (2023). Stomach contents and feeding habits of *Diaramma pictum* and *Pomadasys argenteus* family of Haemulidae from coasts of Aden Governorate-Yemen. *Hadhramout University Journal of Natural and Applied Sciences*, 20(1), 15–23.
- Banu, F., Ramanadevi, V., Shalini, G., & Thangaraj, M. (2020). Molecular variation and phylogenetic status of ponyfish (Perciformes: Leiognathidae) in Karaikal, South India. *Notulae Scientia Biologicae*, 12(2), 251–257. doi:10.15835/nsb12210661.
- Basumatary, S., Jabeen, F., Dey, A., Choudhury, H., Talukdar, B., Kalita, H.K., & Sarma, D. (2017). Length-weight relationships of *Garra birostris* Nebeshwar & Vishwanath, 2013, *Garra annandalei* (Hora, 1921), *Johnius coitor* (Hamilton, 1822) and *Raiamas bola* (Hamilton, 1822) from the Brahmaputra River basin, Northeast India. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(6), 1242–1243, doi:10.1111/jai.13440.
- Boyd, C.E., Davis, R.P., & McNevin, A.A. (2022). Perspectives on the mangrove conundrum, land use, and benefits of yield intensification in farmed shrimp production: A review. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(1), 8–46. doi:10.1111/jwas.12841.
- Budi, D.S.D.S., Rizkian, I., & Prayogo, P. (2020). The effect of stocking density on the survival and growth of silver rasbora (*Rasbora argyrotaenia*) larvae. *Polish Journal of Natural Science*, 35(113), 87–95.
- Chu, W.S., Hou, Y.Y., Ueng, Y.T., Wang, J.P., & Chen, H.C. (2011). Estimates of age, growth and mortality of spotted catfish, *Arius maculatus* (Thunberg, 1792), off the coast of Yunlin, Southwestern Taiwan. *African Journal of Biotechnology*, 10(68), 15416–15421. doi:10.5897/AJB11.1552.
- Damadi, E., Moghaddam, F.Y., Ghassemzadeh, F., & Ghanbarifardi, M. (2021). Aspects of morphometry, distribution, and key identification of the genus *Pomadasys* (Perciformes: Haemulidae) from the Persian Gulf and Gulf of Oman with descriptions of new records. *Thalassas*, 37(2), 671–682. doi:10.1007/s41208-021-00308-1.
- Darmadi, J., Batubara, R.R., Himawan, S., Azizah, N.N., Audah, H.K., Arsianti, A., Kurniawaty, E., Ismail, I.S., Batubara, I., & Audah, K.A. (2021). Evaluation of Indonesian mangrove *Xylocarpus granatum* leaves ethyl acetate extract as potential anticancer drug. *Scientific Reports*, 11(1), 6080. doi:10.1038/s41598-021-85383-3.
- Darmawan, S., Sari, D.K., Wikantika, K., Tridawati, A., Hernawati, R., & Sedu, M.K. (2020). Identification before-after forest fire and prediction of mangrove forest based on Markov-cellular automata in part of Sembilang National Park, Banyuasin, South Sumatra, Indonesia. *Remote Sensing*, 12(22), 1–25. doi:10.3390/rs12223700.
- Du, J., Xie M., Wang, Y., Chen, Z., Liu, W., Liao, J., & Chen, B. (2020). Connectivity of fish assemblages along the mangrove-seagrass-coral reef continuum in Wenchang, China. *Acta Oceanologica Sinica*, 39(8), 43–52. doi:10.1007/s13131-019-1490-7.
- Dunne, A., Coker, D.J., Kattan, A., Tietbohl, M.D., Ellis, J.I., Jones, B., & Berumen, M. (2023). Importance of coastal vegetated habitats for tropical marine fishes in the Red Sea. *Marine Biology*, 170(7), 1–17. doi:10.1007/s00227-023-04234-z.
- Ellis, W.L., & Bell, S.S. (2013). Intertidal fish communities may make poor indicators of environmental quality: Lessons from a study of mangrove habitat modification. *Ecological*

- Indicator*, 24, 421–430.
doi:10.1016/j.ecolind.2012.07.008.
- Fitri, A.D.P., Hapsari, T.D., Sabdon, A., Adiyanto, F., & Fitriyani, A. (2022). Study on the effect of scoop net towards *Stolephorus indicus* and *Sardinella fimbriata* capture in Cilacap waters, *Indonesian Aquaculture and Aquatic Conservation Letters - Bioflux*, 15(2), 671–681.
- Gayathri, V., Pavithra, R., Thangal, S.H., Ganapathy, S., Gurusaravanan, P., Santhanam, P., Radhakrishnan, S., & Muralisankar, T. (2024). Incidence of microplastics in Indian anchovy *Stolephorus indicus* from Tuticorin, southeast coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, 202. doi:10.1016/j.marpolbul.2024.116406.
- Hagger, V., Worthington, T.A., Lovelock, C.E., Adame, M.F., Amano, T., Brown, B.M., Friess, D.A., Landis, E., Mumby, P.J., Morrison, T.H., *et al.* (2022). Drivers of global mangrove loss and gain in social-ecological systems. *Nature Communications*, 13(1), 6373. doi:10.1038/s41467-022-33962-x.
- Hanif, M.A., Siddik, M.A.B., Nahar, A., Chaklader, M.R., & Fotedar, R. (2017). A new distribution of the buffon's river garfish, *Zenarchopterus buffonis* (Valenciennes, 1847) in the southern coastal rivers of Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(6), 1211–1214. doi:10.1111/jai.13462.
- Hardianti, E., Wardhana, W., & Patria, M.P. (2021). Microplastic abundance in anchovy *Stolephorus indicus* (Van Hasselt, 1823) in the Lada Bay, Pandeglang, Banten. *Journal of Physics: Conference Series*, 1725(1). doi:10.1088/1742-6596/1725/1/012050.
- Hasan, M.R., Mawa, Z., & Hossain, M.Y. (2024). Some biological aspects of chacunda gizzard shad, *Anodontostoma chacunda* (Hamilton, 1822) from the Bay of Bengal, Bangladesh. *Heliyon*, 10(16), e36123. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e36123.
- Hernawat, R.T., Wahyudewantoro, G., Wibowo, K., & Rusdianto, R. (2023). Update on fish community in the mangrove ecosystems of Banyuasin Regency, South Sumatra, Indonesia, with the addition of the first record of the genus *Bostrychus*. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 1191(1):012005. doi:10.1088/1755-1315/1191/1/012005.
- Hong, A.H., Hargan, K.E., Williams, B., Nuangsaeng, B., Siri Wong, S., Tassawad, P., Chaiarn, C., & Los Huertos, M. (2020). Examining molluscs as bioindicators of shrimp aquaculture effluent contamination in a southeast Asian mangrove. *Ecological indicator*, 115, 106365. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106365.
- Ikejima K., Tongnunui P., Medej T., & Taniuchi T. (2003). Juvenile and small fishes in a mangrove estuary in Trang Province, Thailand: seasonal and habitat differences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(3–4), 447–457. doi:10.1016/S0272-7714(02)00194-4.
- Kottelat, M. (2013). The Fishes of the Inland Waters of Southeast Asia: a Catalogue and Core Bibliography of the Fishes Known to Occur in Freshwaters, Mangroves and Estuaries. *The Raffles Bulletin of Zoology*, Suppl. 27, 1-663
- Mancini, P.L., da Costa, T.V.V., Dias, .R.A., Silveira, L.F., & Schunck, F. (2023). Mangrove and salt marsh migratory and resident birds. in Schaeffer-Novelli Y, Abuchahla, GMdO, Cintron-Morelo, G (ed.). *Brazilian Mangroves and Salt Marshes*. Springer, Cham. pp. 233–280.
- Manullang, H.M., & Khairul. 2020. Monitoring biodiversitas ikan sebagai bioindikator kesehatan lingkungan di ekosistem sungai Belawan. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 11(2), 1–7.

- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *General Systems*, 3:36–71.
- Marlianingrum, P.R., Kusumastanto, T., Adrianto, L., & Fahrudin, A. (2021). Valuing habitat quality for managing mangrove ecosystem services in coastal Tangerang District, Indonesia. *Marine Policy*, 133. doi:10.1016/j.marpol.2021.104747.
- Middleton, L., Astuti, P., Nurokhmah, S., Brown, B.M., Thilsted, S., Brimblecombe, J., & Stacey, N. (2025). Seasonal nutrient contribution of mangrove aquatic foods to fisher households in West Kalimantan, Indonesia. *BMC Public Health*, 25(1764). doi.org/10.1186/s12889-025-21952-9
- Mustafa, M.G., Rajae, A.H., Hamli, H., & Rahim, K.A.A. (2023). Body indices and population dynamics of *Setipinna breviceps* (Cantor, 1849) from Batang Lassa estuary, Sarawak, Malaysia. *Borneo Journal of Resource Science and Technology*, 13(1), 120–131. doi:10.33736/bjrst.4943.2023.
- Beh, J.H.M., Sadio, O., Mbega J.D., Tchinga G., Tsinga F., Leboulanger C., Frida B.R.L., Luis T.d.M., & Loc'h F.L. (2023). Spatial and temporal structure of the fish assemblage in Akanda National Park (Gabon), an equatorial mangrove estuary. *Regional Studies in Marine Science*, 59, 10289. doi:10.1016/j.rsma.2022.102805.
- Nanjo, K., Kohno, H., Nakamura, Y., Horinouchi, M., & Sano, M. (2014). Effects of mangrove structure on fish distribution patterns and predation risks. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 46, 216–225. doi:10.1016/j.jembe.2014.08.014.
- Nasir, A.S.A., Mohamad, S., & Mohidin, M. (2017). The first reported artificial propagation of yellow puffer, *Xenopterus naritus* (Richardson, 1848) from Sarawak, Northwestern Borneo. *Aquaculture Research*, 48(8), 4582–4589. doi:10.1111/are.13103.
- Park B.K., Jang, W.J., Park, K-H., Lee, H-S., Lee, W-O, Choi, K-S., & Lee, J. (2021). Tetrodotoxin and its analogs: a review of analysis methods and levels in pufferfish. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 36(2), 105–117. doi:10.13103/jfhs.2021.36.2.105.
- Pielou, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13(C), 131–144. doi:10.1016/0022-5193(66)90013-0.
- Podder, A., Panja, S., Chaudhuri, A., Roy, A., Biswas, M., & Homechaudhuri, S. (2021). Patterns of morphological traits shaping the feeding guilds in the intertidal mudflat fishes of the Indian Sundarbans. *Journal of Fish Biology*, 99(3), 1010–1031. doi:10.1111/jfb.14800.
- Rahman, Lokollo, F.F., Manuputty, G.D., Hukubun, R.D., Krisye, Maryono, Wawo, M., & Wardiatno, Y. (2024). A review on the biodiversity and conservation of mangrove ecosystems in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 33(3), 875–903. doi:10.1007/s10531-023-02767-9.
- Rainboth, W.J. (1996). *Fishes of the Cambodian Mekong*. FAO species identification field guide for fishery purposes. FAO. Rome. p. 265.
- Ritonga, I.R., Bureekul, S., Luadnakrob, P., & Sompongchaiyakul, P. (2023). Status level of total mercury (T-Hg) in barracuda (*Sphyraena putnamae*) from the Gulf of Thailand. *Trends in Sciences*, 20(8). 5353. doi:10.48048/tis.2023.5353.
- Rohim, N., Sulistiono, S., Yulianda, F., & Muhtadi, A. (2024). Diversity and ecological drivers of fish in Singkil Swamp Wildlife Reserve, Aceh, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(7), 2849-2856. doi:10.13057/biodiv/d250706.

- Salim, G., Indarjo, A., Mujiyanto, M., Sugianti, Y., Anggoro, S., Ransangan, J., Nawir, D., Meiryani, Hartinah, S., Nurjanah, *et al.* (2024). Growth and mortality model of Chacunda gizzard shad *Anodontostoma chacunda* (Bleeker, 1852) in Tarakan waters, North Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(2), 770–780. doi:10.13057/biodiv/d250237.
- Setiawan, H., Mursidin, Purbarani, D., & Wulandari, T.A. (2019). Keragaman ikan di perairan ekosistem mangrove Desa Karangsong, Kabupaten Indramayu. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan*, VI, 137–146.
- Seygita, V., Sulistiono, Kusmana, C., & Yulianto, G. (2022). Mangroves and the sustainability of longtail shad fish (*Tenualosa macroura*) in Riau Province Water, Indonesia. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* 12(5):1744–1755. doi:10.18517/ijaseit.12.5.17421.
- Shannon, C.E., & Weaver, W. (1998). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press.
- Sheaves, M., Dingle, L., & Mattone, C. (2016). Biotic hotspots in mangrove-dominated estuaries: macro-invertebrate aggregation in unvegetated lower intertidal flats. *Marine Ecology Progress Series*, 556, 31–43. doi:10.3354/meps11860
- Sihombing, V.S., Gunawan, H., & Sawitri, R. (2017). Diversity and community structure of fish, plankton and benthos in Karangsong Mangrove Conservation Areas, Indramayu, West Java, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 18(2), 601–608. doi:10.13057/biodiv/d180222.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688. doi:https://doi.org/10.1038/163688a0.
- Sisriany, S., Sulistyantara, B., & Budiarti, T. (2021). Multicriteria potential mapping for mangrove ecotourism in Batu Ampar, West Kalimantan. [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 879, The 5th International Symposium of Sustainable Landscape Development \(The 5th ISSLD\) 22nd-24th September 2020, Bogor City, Indonesia](#), 879, 12023. doi:10.1088/1755-1315/879/1/012023.
- Sorensen, T. (1948). *A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons*. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, V(4). Bianco Lunos Bogtrykkeri
- Syafariyah, N.K., Sulmartiwi, L., & Budi, D.S. (2023). Incubation temperature effects on some hatching parameters of silver rasbora (*Rasbora argyrotaenia*) egg. *Journal of Applied Aquaculture*, 35(1), 16–26. doi:10.1080/10454438.2021.1928580.
- Tan, W., Liu, J., Wang, Y., Liu, H., Ke, H., Fan, J., Fu, S., Luo, M., Liu, L., Chen, F., *et al.* (2019). Complete mitochondrial genome of Buffon's river garfish *Zenarchopterus buffonis* (Valenciennes, 1847). *Mitochondrial DNA Part B*, 4(1), 2001–2002. doi:10.1080/23802359.2019.1617087.
- Tarimo, B., Winder, M., Mtolera, M.S.P., Muhando, C.A., & Gullström, M. (2022). Seasonal distribution of fish larvae in mangrove-seagrass seascapes of Zanzibar (Tanzania). *Scientific Report*, 12, 4196. doi:10.1038/s41598-022-07931-9.
- Thornton, S.A., Dudin, Page, S.E., Upton, C., & Harrison, M.E. (2018). Peatland fish of Sebangau, Borneo: Diversity, monitoring and conservation. *Mires*

- Peat*, 22(04). 1–25. doi:10.19189/MaP.2017.OMB.313.
- Tiamsai, R., Waiprib, Y., Runglerdkriangkrai, J., & Somjit, K. (2022). Optimal level of added salt to minimize the risk of associated chemical hazards of small-sized anchovy (*Stolephorus indicus*) stored at ambient and refrigerated temperatures. *Agriculture and Natural Resources*, 56(1), 9–22. doi:10.34044/j.anres.2021.56.1.02.
- Utama, R.S., Renyaan, J., Nurdiansah, D., Makatipu, P.C., Suyadi, Hapsari B.W., Rahayu, E.M.D., Sugiharto, A., & Akbar, N. (2022). Diversity of reef fish species in presence of mangrove habitat in Ternate, North Maluku, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(10), 5184–5193. doi:10.13057/biodiv/d231026.
- Verma, H.O., Verma, S.K., Mishra, S.K., Alam, A., Das, S.C.S., Thakur, V., Kumar, J., Jha, D.N., Srivastava, R.S., & Das, B.K. (2018). Length-weight relationships of *Johnius coitor* (Hamilton, 1822), *Osteobrama cotio* (Hamilton, 1822), and *Gonialosa manmina* (Hamilton, 1822), from the River Ganga, India. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(6), 1361–1363. doi:10.1111/jai.13800.
- Wahyudewantoro, G. (2018). The fish diversity of mangrove waters in Lombok Island, West Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(1), 71–76. doi:10.13057/biodiv/d190112.
- Xiong, W., Zhu, G.P., Wang, Z.L., & Ye, N. (2018). Length-weight relationships of four fish species from mangrove of Zhanjiang, China. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(1), 167–168. doi:10.1111/jai.13516.
- Yahya, N., Idris, I., Rosli, N.S., & Bachok, Z. (2020). Mangrove-associated bivalves in Southeast Asia: a review. *Regional Studies in Marine Science*, 38, 101382. doi:10.1016/j.rsma.2020.101382.
- Yang, M., Yang, Z., Liu, C., Lee, X., & Zhu, K. (2022). Characterization of the complete mitochondrial genome of the spotted catfish *Arius maculatus* (Thunberg, 1792) and its phylogenetic implications. *Genes (Basel)*, 13(11). doi:10.3390/genes13112128.
- Yuniar, A.T., Palm, H.W., & Walter, T. (2007). Crustacean fish parasites from Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia. *Parasitology Research*, 100(6), 1193–1204. doi:10.1007/s00436-006-0391-9.
- Zagars, M., Ikejima, K., Kasai, A., Arai, N., & Tongnunui, P. (2013). Trophic characteristics of a mangrove fish community in Southwest Thailand: important mangrove contribution and intraspecies feeding variability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 119, 145–152. doi:10.1016/j.ecss.2013.01.005.
- Zhang, Y., Ding, Y., Wang, W., Li, Y., & Wang, M. (2019). Distribution of fish among *Avicennia* and *Sonneratia* microhabitats in a tropical mangrove ecosystem in South China. *Ecosphere*, 10(6), e02759. doi:https://doi.org/10.1002/ecs2.2759.

Performa Pertumbuhan dan Stok Karbon Manglid (*Magnolia sumatrana* var. *glauca* (Blume) Figlar & Noot) pada Area Rehabilitasi *Green Wall*, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango.

(*Growth Performance and Carbon Stock of Manglid (*Magnolia sumatrana* var. *glauca* (Blume) Figlar & Noot) at Green Wall Rehabilitation Area, Gunung Gede Pangrango National Park*)

Bintang Dewandaru, Prijanto Pamoengkas*, dan/and Adisti Permatasari Putri Hartoyo

Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: Carbon sequestration, conservation, planting, revegetation, secondary forest	<i>Manglid (<i>Magnolia sumatrana</i> var. <i>glauca</i>) is fast-growing tree species that used for revegetation in the Green Wall rehabilitation program of Gunung Gede Pangrango National Park. This research aims to analyze the performance of growth and carbon stock estimation of <i>M. sumatrana</i> var. <i>glauca</i> species in the Green Wall program of Gunung Gede Pangrango National Park rehabilitation areal. Observations were made using a purposive sampling method with 20 m x 20 m plots in the area of planting years 2008, 2009 and 2010, while the estimation of biomass and carbon stocks was carried out through non-destructive (trees, poles and saplings) and destructive (seedlings and understory) methods. The Green Wall rehabilitation areal is an area that was previously a production forest area managed by Perhutani. <i>M. sumatrana</i> var. <i>glauca</i> stands are a suitable species for land rehabilitation because they have good growth with a diameter increment value of 2,04 cm/year and a height increment of 1,00 m/year. Carbon stock of <i>M. sumatrana</i> var. <i>glauca</i> at Green Wall rehabilitation area were 7,69 tons C/ha.</i>
Kata kunci: Hutan sekunder, konservasi, penanaman, revegetasi, serapan karbon	ABSTRAK
	Tegakan manglid (<i>Magnolia sumatrana</i> var. <i>glauca</i>) merupakan jenis pohon cepat tumbuh yang digunakan untuk rehabilitasi pada program <i>Green Wall</i> , Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa pertumbuhan serta pendugaan stok karbon jenis <i>Magnolia sumatrana</i> var. <i>glauca</i> pada area rehabilitasi <i>Green Wall</i> TNGGP. Pengamatan dilakukan menggunakan metode <i>purposive sampling</i> dengan plot berukuran 20×20 m pada area tahun penanaman 2008, 2009 dan 2010, sedangkan pendugaan biomassa dan cadangan karbon dilakukan melalui metode non destruktif (pohon, tiang dan pancang) dan destruktif (semai dan tumbuhan bawah). Area rehabilitasi <i>Green Wall</i> merupakan area yang sebelumnya berstatus sebagai kawasan hutan produksi yang dikelola Perum Perhutani. Tegakan <i>M. sumatrana</i> var. <i>glauca</i> merupakan jenis yang cocok digunakan untuk rehabilitasi lahan karena memiliki pertumbuhan yang baik dengan nilai riap diameter sebesar 2,04 cm/tahun dan riap tinggi 1,00 m/tahun. Cadangan karbon jenis <i>M. sumatrana</i> var. <i>glauca</i> pada area rehabilitasi <i>Green Wall</i> rata-rata sebesar 7,69 ton C/ha.
Riwayat artikel: Tanggal diterima: 15 Juni 2025; Tanggal disetujui: 30 Desember 2025.	

Korespondensi penulis: Prijanto Pamoengkas * (E-mail: ppam@apps.ipb.ac.id)

Kontribusi penulis: **BD**: membuat konsep dan metodologi, pengambilan data, analisis data, menulis naskah; **PJP**: memberikan masukan dan bimbingan terkait konsep dan metodologi, mengarahkan analisis data dan review naskah; **APPH**: memberikan masukan dan bimbingan terkait metodologi, mengarahkan analisis data dan review naskah.

1. Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan salah satu ancaman serius yang dihadapi seluruh dunia. Perubahan iklim diakibatkan oleh peningkatan gas rumah kaca (GRK) yang berasal dari aktivitas manusia seperti pembangunan sektor kehutanan, pertanian, peternakan, pertambangan, industri dan lain-lain yang menghasilkan emisi gas rumah kaca (Julismin, 2013). Sektor kehutanan memiliki peran sebagai penghasil gas rumah kaca seperti karbon (carbon emission), sekaligus sebagai penyerap karbon (carbon sink). Hutan melepas karbon melalui berbagai proses seperti respirasi yang dilakukan oleh berbagai makhluk hidup dan proses dekomposisi bahan organik yang melepas karbon dalam bentuk CO₂ (Rossie et al., 2014). Hutan menyerap karbon dalam bentuk CO₂ sebagai bahan fotosintesis yang kemudian disimpan dalam bentuk biomassa tegakan yang tersedia di bawah tanah maupun di atas tanah (Rizki et al., 2016). Rehabilitasi hutan dan lahan pada lahan paska produksi merupakan upaya pemulihan kondisi hutan dan lahan yang terdegradasi untuk kembali berfungsi secara prima khususnya secara ekologis (Noormalinda et al., 2021). Penanaman pohon kembali merupakan salah satu tahap rehabilitasi untuk mempercepat pemulihan hutan dan lahan serta memperkaya keanekaragaman jenis tegakan (Anggana et al., 2019). Pemilihan jenis dalam penanaman kembali ditentukan berdasarkan tujuan dan kebutuhan lahan, umumnya jenis pohon untuk rehabilitasi lahan merupakan jenis lokal yang memiliki kemampuan tumbuh yang baik khususnya pada kondisi lahan yang kurang baik, sehingga meningkatkan persentase keberhasilan program rehabilitasi yang dilakukan (Wiryono dan Nurliana, 2023).

Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) merupakan salah satu taman nasional yang ditetapkan oleh Menteri Pertanian pada tanggal 6 Maret 1980. Taman Nasional Gunung Gede Pangrango membagi pengelolaan

wilayahnya menjadi zona inti, rimba, pemanfaatan, rehabilitasi, khusus, budaya dan tradisional (Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, 2021). Salah satu program rehabilitasi kawasan yang dilaksanakan adalah adopsi pohon untuk mempertahankan pohon dalam suatu ekosistem dan pengkayaan jenis melalui penanaman, salah satunya merupakan kerjasama antara TNGGP dengan Konservasi International Indonesia dan lembaga swadaya masyarakat (LSM) lokal. Program tersebut tergabung dalam konsorsium Gede Pahala dengan areal kerja 300 hektar dan telah ditanam sekitar 16.000 bibit pohon. Jenis yang diutamakan merupakan jenis lokal meliputi puspa, rasamala, manglid, suren, kiserium, salam, janitri dan pulai, serta tanaman buah yang berlokasi di Bidang II Sukabumi Wilayah Nagrak dengan nama program Green Wall yang telah berjalan selama 16 tahun sejak tahun 2008 (Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango 2023). Program rehabilitasi bertujuan untuk memperbaiki, mempertahankan dan meningkatkan peran dan fungsi hutan dan lahan dengan meningkatkan produktivitas, kapasitas dan kemampuan dalam daya dukung kehidupan di dalamnya (Mawazin et al., 2024).

Magnolia sumatrana var. *glauca* (Blume) Figlar & Noot atau lebih dikenal dengan manglid merupakan jenis pohon yang cepat tumbuh dan memiliki nilai fungsi kayu relatif beragam. Pohon manglid dapat tumbuh lurus dengan tajuk aktif yang sedikit sehingga memiliki nilai kayu yang tinggi secara ekonomi maupun estetika. Manglid sering digunakan dalam program rehabilitasi dikarenakan memiliki kemampuan adaptasi yang baik dan cepat tumbuh (Kumala et al., 2019). Selain jenis cepat tumbuh, manglid juga merupakan jenis yang memiliki toleransi untuk tumbuh pada tanah yang cenderung masam dan tahan cekaman (Jiang et al., 2019). Persebaran manglid di Indonesia cukup luas terutama di Jawa Barat khususnya pada daerah-daerah pegunungan atau dataran dengan ketinggian diatas 500 mdpl dengan

kondisi lingkungan yang relatif lembab, dingin dan bertanah liat (Sudomo et al., 2013). Jenis Manglid perlu dikaji kecocokannya sebagai jenis yang digunakan dalam program rehabilitasi Green Wall, khususnya pada performa pertumbuhan dan kemampuan dalam menyimpan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa pertumbuhan dan cadangan karbon tersimpan dari jenis *Magnolia sumatrana* var. *glauca* pada area rehabilitasi Green Wall, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Waktu / Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2023 hingga Maret 2024 di Area rehabilitasi *Green Wall* Resort Nagrak, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Secara geografis Taman Nasional Gunung Gede Pangrango terletak antara 106° 51'-107° 02'BT dan 6°41'-6°51'LS. Secara administratif TNGGP terletak pada Kabupaten Bogor, Cianjur dan Sukabumi dengan total area 24,270.80 ha (Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango 2023). Resort Nagrak terletak pada Kabupaten Sukabumi dengan ketinggian ± 600 mdpl. Peta Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

2.2. Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam pengambilan data penelitian ini adalah pita ukur, haga hypsometer, kamera, alat tulis, tallysheet, label, patok, tali rafia, kompas, avenza maps, golok, komputer, software Microsoft 2019, software Minitab 21.4.2. Objek yang digunakan yaitu sampel semai dan tumbuhan bawah, serta tegakan *Magnolia sumatrana* var. *glauca*. Inventarisasi data tegakan menggunakan teknik *purposive sampling* pada masing-masing tahun penanaman 2008 (umur 16 tahun), 2009 (umur 15 tahun) dan 2010

(umur 14 tahun). Plot penelitian berbentuk persegi dengan berukuran 20×20 m sebanyak 15 plot/tahun tanam dengan total area pengamatan 1,8 ha yang berada pada hutan tegakan campuran. Penentuan lokasi plot contoh berdasarkan tahun penanaman atau kelas umur tegakan, dan peletakkan plot berdasarkan ketersediaan jenis *M. sumatrana* var. *glauca*. Petak contoh penelitian yang berukuran 20×20 m untuk analisis tingkat pohon, 10×10 m untuk analisis tingkat tiang, 5×5 m untuk analisis tingkat pancang, dan 2×2 m untuk analisis tingkat semai dan tumbuhan bawah. Inventarisasi tegakan dilakukan untuk mengumpulkan data jenis dan jumlah individu serta pengukuran tinggi dan diameter untuk pancang tiang dan pohon (Soerianegara dan Indrawan, 1988).

Pendugaan biomassa tegakan (pohon, tiang dan pancang) menggunakan metode non-destruktif dengan rumus alometrik. Pendugaan biomassa semai dan tumbuhan bawah menggunakan metode destruktif dengan pemanenan sampel dan pengambilan data berat basah total pada sub plot 2×2 m, berat basah contoh sebanyak ± 300 g dan berat kering contoh setelah dilakukan pengeringan (Badan Standarisasi Nasional 2019).

2.3. Analisis Data

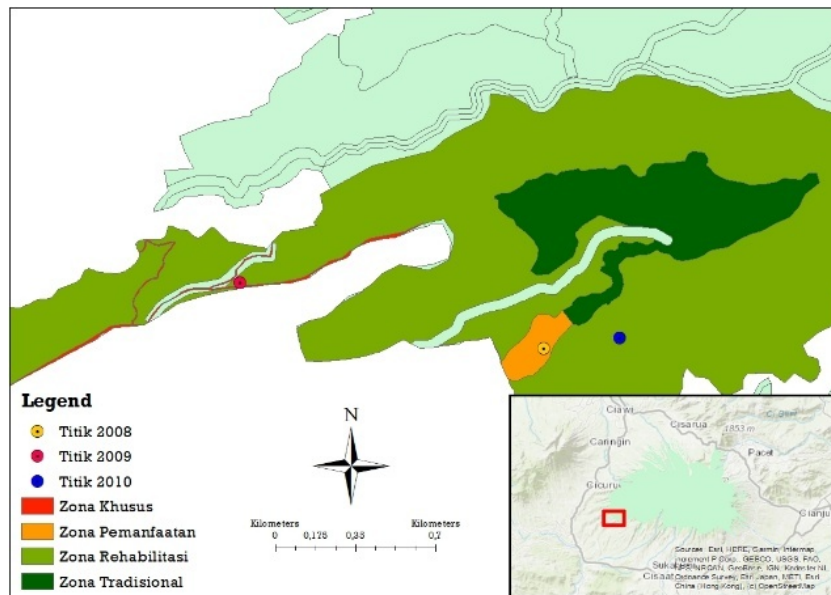
Perhitungan rata-rata diameter pohon dengan membagi total diameter pohon (cm) yang diamati dengan jumlah individu pohon yang diamati (ind). Riap pertumbuhan tegakan merupakan pertambahan volume tegakan dalam satuan waktu tertentu yang didasarkan pada rumus Mean Annual Increment (MAI) oleh Prodan (1968),

$$MAI = D_i/T$$

Keterangan:

D_i = Diameter Tahun ke- i

T = Umur Tegakan



Gambar (Figure) 1. Peta area penelitian (Research area map)

2.4. Analisis Data

Perhitungan rata-rata diameter pohon dengan membagi total diameter pohon (cm) yang diamati dengan jumlah individu pohon yang diamati (ind). Riap pertumbuhan tegakan merupakan penambahan volume tegakan dalam satuan waktu tertentu yang didasarkan pada rumus Mean Annual Increment (MAI) oleh Prodan (1968),

$$MAI = D_i/T$$

Keterangan:

D_i = Diameter Tahun ke- i

T = Umur Tegakan

Pembuatan grafik histogram sebaran diameter dengan kurva normal menggunakan software Minitab. Pengujian yang dilakukan dengan software Minitab 21 menggunakan uji statistik Kolmogorov-Smirnov pada taraf signifikansi 0,05 (Pamoengkas dan Prasetya, 2014).

Persamaan alometrik biomassa tegakan yang digunakan adalah rumus Chave et al. (2014) untuk hutan tropis lembab dengan jenis tegakan campuran yaitu,

$$AGB = 0,0673 \times (\rho \times D^2 \times H)^{0,976}$$

Keterangan:

AGB = Above Ground Biomass

P = Berat jenis kayu (g/cm^3)

D = Diameter at Breast Height (cm)

H = Tinggi (m)

Pendugaan biomassa semai dan tumbuhan bawah menggunakan rumus Badan Standarisasi Nasional (2019) yaitu,

$$Botb = Bks \times Bbt/Bbs$$

Keterangan:

$Botb$ = Biomassa tumbuhan bawah

BKs = Biomassa kering sampel

BBt = Biomassa basah total

BBs = Biomassa basah sampel

Pendugaan simpanan karbon diperoleh dari pengkalian total biomassa dengan nilai persentase kandungan karbon dalam bahan organik yaitu sebesar 47% (Badan Standarisasi Nasional, 2019) dengan menggunakan rumus

$$C = B \times \% C \text{ Organik}$$

Keterangan:

C = Karbon

B = Biomassa

$\% C \text{ Organik} = 0,47$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Performa pertumbuhan *Magnolia sumatrana* var. *glauc*

Pertumbuhan diameter dan tinggi tegakan *M. sumatrana* var. *glauc* dapat diketahui melalui pengukuran riap diameter dan tinggi atau MAI (*Mean Annual Increment*). Hasil pengukuran riap pertumbuhan pohon manglid dapat dilihat pada Tabel 1.

Rata-rata diameter terbesar terdapat pada plot pengamatan tahun 2009 sebesar 30,63 cm dengan riap pertumbuhan diameter sebesar 2,04 cm/tahun. Rata-rata tinggi tertinggi terdapat pada plot pengamatan 2008 setinggi 16,03 m dengan riap pertumbuhan tinggi sebesar 1,00 m/tahun.

3.1.2. Distribusi frekuensi diameter

Tanaman *M. sumatrana* var. *glauc* yang ditemukan dikategorikan sebagai tegakan seumur pada masing-masing tahun penanaman dikarenakan ditanam pada tahun yang sama per tahun penanaman. Hasil pengamatan sebaran diameter *M. sumatrana* var. *glauc* dan kurva normal dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan sebaran diameter paling banyak pada tahun pengamatan 2008 berada pada kelas diameter 12-16 cm. Pada tahun pengamatan 2009 dan 2010 sebaran diameter tertinggi berada pada kelas diameter 20–30 cm. Distribusi frekuensi *M. sumatrana* var.

glauc dapat diketahui menyebar secara normal dengan melakukan uji normalitas.

3.1.3. Cadangan karbon dan biomassa *Magnolia sumatrana* var. *glauc*

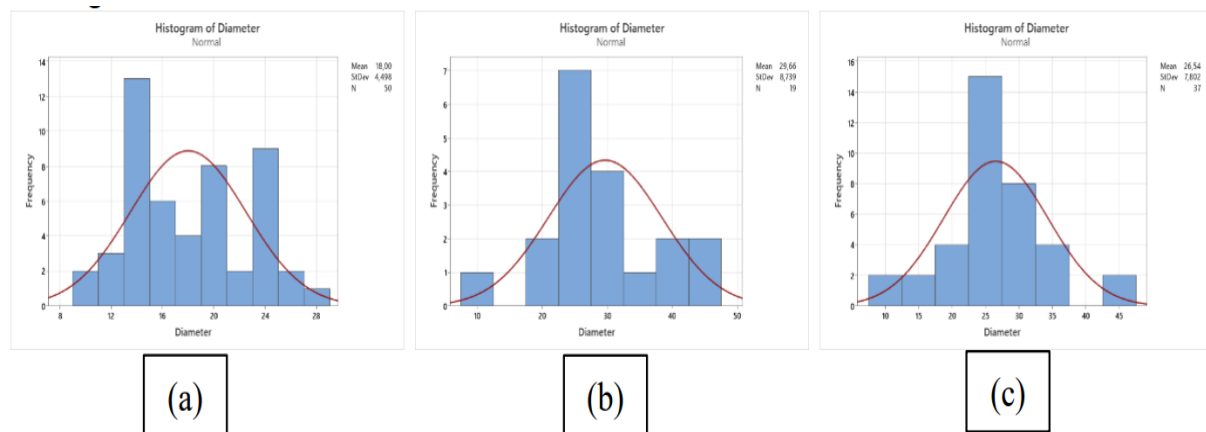
Biomassa merupakan berat materi total dalam bentuk berat kering bahan organik yang berada dari organisme hidup baik yang masih hidup maupun yang sudah mati. Nilai biomassa dapat diukur melalui metode destruktif maupun non destruktif. Data biomassa pada suatu ekosistem dapat menjadi indikator atau evaluasi pola produktivitas dari ekosistem tersebut (Samsoedin *et al.*, 2016). Hasil pendugaan biomassa dan cadangan karbon jenis *M. sumatrana* var. *glauc* di area rehabilitasi *Green Wall* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan nilai dugaan biomassa dan cadangan karbon manglid pada tingkat pertumbuhan yang bervariasi pada masing-masing tahun penanaman. Pada area rehabilitasi *Green Wall* TNGGP biomassa dan cadangan karbon manglid tertinggi dimiliki oleh area dengan tahun penanaman tahun 2008 yaitu dengan nilai biomassa sebesar 22,11 ton/ha dan cadangan karbon (C) sebesar 10,41 ton C/ha. Tahun penanaman 2009 memiliki nilai biomassa dan cadangan karbon manglid terendah dibandingkan tahun penanaman lainnya dengan nilai biomassa sebesar 9,46,35 ton/ha dan cadangan karbon (C) sebesar 4,44 ton C/ha. Kemampuan area rehabilitasi *Green Wall* dalam simpanan karbon memiliki rata-rata 7,69 ton C/ha.

Tabel (Table) 1. Pertumbuhan manglid (*Magnolia sumatrana* var. *glauc*) (*Growth of manglid (Magnolia sumatrana* var. *glauc*))

Tahun tanam (<i>Year of planting</i>)	Kerapatan (Densities) (ind/ha)		Diameter* (Diameter)(cm)		Tinggi (Height) (m)		Σ Sampel (<i>Sample</i>)
	Total (<i>Total</i>)	Manglid	Rata-rata (<i>Average</i>)	Riap (MAI)	Rata-rata (<i>Average</i>)	Riap (MAI)	
2008	1100	96,67	22,64	1,42	16,03	1,00	20
2009	475	18,33	30,63	2,04	11,47	0,76	18
2010	925	43,3	28,52	2,04	12,87	0,92	32

(*) Pengukuran dilakukan pada tingkat pertumbuhan pohon (diameter > 20 cm)



Gambar (Figure) 2. Distribusi frekuensi diameter dan kurva normal *M. sumatrana* var. *glauca*. (a) tahun 2008, (b) tahun 2009, (c) tahun 2010 (*Diameter frequency distribution and normal curve of M. sumatrana* var. *glauca*: (a) year 2008, (b) year 2009, (c) year 2010)

Tabel (Table) 2. Data biomassa dan cadangan karbon *M. sumatrana* var. *glauca* (*Biomass and carbon stock data of M. sumatrana* var. *glauca*)

Tahun penanaman (Year of planting)	Tingkat pertumbuhan (Growth rate)	Biomassa (Biomass) (ton/ha)	Cadangan karbon total (Total carbon stock) (ton C/ha)	S-dev
2008	Pohon	6,99	3,29	7,16
	Tiang	15,08	7,09	
	Pancang	0,07	0,03	
	Semai	0,00	0,00	
Total		22,14	10,41	
2009	Pohon	9,30	4,37	4,62
	Tiang	0,15	0,07	
	Pancang	0,00	0,00	
	Semai	0,00	0,00	
Total		9,46	4,44	
2010	Pohon	15,09	7,09	7,22
	Tiang	2,11	0,99	
	Pancang	0,00	0,04	
	Semai	0,22	0,10	
Total		17,42	8,23	
Rata-rata total		16,34	7,69	

3.2. Pembahasan

Rata-rata diameter terbesar berada pada plot pengamatan tahun 2009 sebesar 30,63 cm dengan riap pertumbuhan diameter sebesar 2,04 cm/tahun, sedangkan rata-rata tinggi tertinggi terdapat pada plot pengamatan tahun 2008 setinggi 16,03 m

dengan riap pertumbuhan tinggi sebesar 1,00 m/tahun. Nilai tersebut lebih baik daripada hasil penelitian yang telah dilakukan Widiarti (2013) di Hutan Penelitian Carita, yaitu nilai riap diameter manglid sebesar 1,2 cm/tahun dan riap tinggi sebesar 1 m/tahun. Pertumbuhan

yang cukup baik diasumsikan dikarenakan kebutuhan pertumbuhan tegakan yang terpenuhi dengan baik meliputi ketersediaan nutrisi, intensitas cahaya matahari, dan genetik pohon (Istomo dan Susanti, 2023). Laju pertumbuhan yang berbeda pada jenis yang sama dapat terjadi akibat beberapa faktor seperti kondisi geografi dan karakteristik lokasi seperti ketinggian tempat, jenis tanah, curah hujan dan persaingan dengan tumbuhan lain (Pudjiono, 2021). Perbedaan umur tegakan, intensitas cahaya matahari dan ketersediaan nutrisi memicu kompetisi antar tumbuhan (Mutia dan Pamoengkas, 2014). Jenis *M. sumatrana* var. *glauc* pada plot pengamatan 2008 memiliki nilai riap diameter yang paling rendah dan riap tinggi terbesar dibandingkan dengan tahun lainnya. Hal ini diasumsikan terjadi akibat pertambahan umur tegakan dan kondisi lingkungan. Suhartati *et al.* (2013) menyatakan bahwa penurunan nilai riap tegakan dapat terjadi seiring dengan usia tegakan yang semakin tua akibat stabilitas kelangsungan hidup tanaman tersebut menurun dan tanaman akan meningkatkan reproduksi. Umur dan ukuran tegakan yang semakin besar juga mempengaruhi kebutuhan energi hasil fotointesis yang digunakan dalam proses metabolisme seperti respirasi, translokasi maupun menyerap hara dan air sehingga energi yang dapat digunakan untuk pertumbuhan akan berkurang dan semakin terbatas sehingga nilai riap pertumbuhan semakin menurun. Nilai riap pertumbuhan ini dapat menjadi indikator produktivitas suatu tegakan (Murtinah *et al.*, 2015). Pertumbuhan tinggi tanaman juga dipengaruhi berbagai faktor seperti ketinggian tempat dan ketersediaan nutrisi. Jenis manglid di Vietnam yang merupakan salah satu habitat aslinya, ketinggian terbaik untuk pertumbuhan manglid adalah ± 550 mdpl. Fosfor dan nitrogen merupakan nutrisi yang mempengaruhi pertumbuhan ketinggian manglid (Li-Hua *et al.*, 2014). Selain faktor ketinggian tempat dan nutrisi, jarak tanam juga mempengaruhi

pertumbuhan tinggi tanaman manglid (Sudomo dan Mindawati, 2011). Pertumbuhan manglid pada area rehabilitasi *Green Wall* menunjukkan performa yang baik, tetapi kondisi tersebut dapat ditingkatkan untuk meningkatkan tingkat kesuksesan program rehabilitasi yang dilakukan dengan penerapan teknik silvikultur seperti pemangkasan tajuk tidak produktif, jarak tanam, pendangiran, dll (Sudomo dan Hani, 2014). Keberadaan manglid pada suatu ekosistem membawa dampak baik khususnya berkaitan dengan peningkatan aktivitas enzimatik pada tapak hutan, mengurangi pengasaman tanah dan meningkatkan fungsi ekologi tanah, hal tersebut dapat meningkatkan keberhasilan dalam program rehabilitasi (Wang *et al.*, 2023).

Sebaran diameter *M. sumatrana* var. *glauc* pada setiap plot pengamatan mencirikan sebaran normal, dengan frekuensi terbanyak berada pada sekitar nilai tengah (*mean*) diameter pada tegakan dan menurun pada diameter yang lebih besar maupun lebih kecil dari nilai tengahnya. Sebaran diameter yang divisualisasikan dalam bentuk grafik tersebut mengindikasikan bentuk distribusi kelas diameter yang sesuai dengan bentuk kurva sebaran normal, yaitu kurva berbentuk lonceng (Gambar 2). Menurut Pamoengkas dan Prayogi (2011) tegakan seumur cenderung memiliki frekuensi paling banyak pada nilai diantara nilai tengah tegakan, sebaliknya pada diameter tinggi maupun rendah terjadi penurunan frekuensi sehingga bentuk grafik akan seperti bentuk lonceng. Kurva normal ada sebaran diameter merupakan indikator suatu tegakan dalam area penanaman dalam kondisi normal dan sehat (Tuah *et al.*, 2017).

Berdasarkan hasil tersebut, jenis *M. sumatrana* var. *glauc* mampu beradaptasi dan tumbuh baik pada area rehabilitasi *Green Wall*. Menurut Sudomo *et al.* (2010) *M. sumatrana* var. *glauc* merupakan jenis *fast growing species* yang dapat tumbuh 4–5 m dalam waktu 5 tahun yang cocok untuk

ditanam sebagai tanaman budidaya, agroforestri maupun sebagai jenis untuk rehabilitasi. Jenis ini dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan dengan baik dan mempertahankan pertumbuhannya. Manglid merupakan spesies selalu hijau atau *evergreen* dengan pertumbuhan batang yang lurus sehingga memiliki nilai estetika yang baik (Ruizhe *et al.*, 2019). Pertumbuhan *M. sumatrana* var. *glauc*a pada area rehabilitasi *Green Wall* termasuk dalam kondisi baik walaupun tanpa dilakukan teknik silvikultur. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pohon terdiri dari faktor internal dan eksternal. Meliputi genetik setiap jenis, ketersediaan hara dan air, serta intensitas cahaya matahari. Faktor-faktor tersebut berinteraksi satu sama lain mempengaruhi proses fisiologis pohon sehingga terjadi perubahan pada pohon seperti pertumbuhan (Pamoengkas dan Prayogi, 2011). Performa pertumbuhan yang baik menunjukkan jenis ini cocok digunakan dalam rehabilitasi program seperti revegetasi maupun reforestasi, dan dengan kemampuan serta kecepatan manglid untuk tumbuh, jenis manglid juga memiliki kemampuan yang baik dalam sekuestrasi karbon yang sangat cocok dan mendukung program yang berkaitan dengan perubahan iklim. Sebagai jenis cepat tumbuh dengan daur yang pendek yaitu kurang dari 10 tahun, manglid memiliki berbagai nilai ekonomis dengan kayunya yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal, mengingat kayu manglid termasuk dalam kelas kuat III (tiga) dan kelas awet II (dua) (Pudjiono *et al.*, 2021).

Kondisi tutupan lahan menghasilkan penyerapan dan penyimpanan karbon yang berbeda (Tuah *et al.*, 2017). Jumlah simpanan karbon tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis penyusun vegetasi, kerapatan vegetasi, umur vegetasi hingga faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan. *Above ground biomass* atau biomassa di atas permukaan tanah pada hutan dengan tanah mineral memiliki kontribusi terbesar terhadap simpanan karbon total dibandingkan dengan *pool*

karbon lainnya khususnya pada hutan teresterial dengan proporsi 80% yang terdistribusi ke cabang, tangkai, daun dan yang terbesar terdapat di batang. Sehingga nilai biomassa dan karbon sangat dipengaruhi diameter pepohonan dalam suatu hutan (Pratiwi *et al.*, 2021). Sebagai salah satu jenis penyusun tegakan pada area rehabilitasi *Green Wall*, *M. sumatrana* var. *glauc*a juga turut berkontribusi dalam penyerapan dan penyimpanan karbon. Variasi nilai biomassa dan cadangan karbon manglid dipengaruhi oleh jumlah individu dan rata-rata diameter tegakan pada masing-masing tahun penanaman. Tahun 2008 memiliki nilai cadangan karbon manglid tertinggi sebesar 10,41 ton C/ha dikarenakan jumlah individu tegakannya relatif lebih banyak dibandingkan dengan tahun penanaman lainnya terutama tahun 2009 yang memiliki nilai cadangan karbon manglid terendah sebesar 4,44 ton C/ha dikarenakan jumlah individunya yang sedikit, pada tabel 1 menunjukkan manglid pada tahun 2008 memiliki kerapatan 96,67 ind/ha, sedangkan pada tahun 2009 memiliki kerapatan 18,33 ind/ha. Jenis manglid pada area rehabilitasi *Green Wall* berkontribusi terhadap cadangan karbon dengan rata-rata 7,69 ton C/ha. Nilai tersebut lebih tinggi daripada jenis lain yang terdapat pada area tersebut, seperti jenis dominan lain yaitu puspa. Penelitian yang dilaksanakan di Cagar Alam Telaga Bodas Garut menunjukkan tegakan puspa memiliki rata-rata cadangan karbon sebesar 4,98 ton C/ha (Amalia *et al.*, 2019). Hal ini menunjukkan jenis manglid memiliki potensi besar dalam mitigasi perubahan iklim khususnya dalam penyerapan dan penyimpanan karbon.

4. Kesimpulan

Jenis tegakan manglid (*M. sumatrana* var. *glauc*a (Blume) Figlar & Noot) merupakan jenis yang cocok digunakan sebagai tanaman revegetasi pada area rehabilitasi TNGGP dikarenakan memiliki pertumbuhan yang baik dengan nilai riap diameter mencapai 2,04 cm/tahun dan riap

tinggi mencapai 1,00 m/tahun. Jenis manglid berkontribusi terhadap biomassa dan cadangan karbon di atas permukaan tanah area rehabilitasi *Green Wall* dengan rata-rata cadangan karbon sebesar 7,69 ton C/ha. Biomassa dan cadangan karbon di atas permukaan tanah dipengaruhi oleh jumlah individu dan pertumbuhan tegakan.

Ucapan Terima Kasih

Penghargaan dan ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango yang telah memberikan izin dan membantu proses pengambilan data penelitian, kepada beasiswa SIGMORE yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Amalia, L., Fadilaty, H., Putri, D.I., Mulyani, L.S., Hernawati. (2019). Analysis of biomass estimation and carbon stock on puspa (*Schima wallichii* korth.) in Telaga Bodas Nature Reserve Garut. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280 (2).
- Anggana, A., Cahyono, A., & Lastiantoro Y. (2019). Keanekaragaman hayati di lahan rehabilitasi Taman Nasional Meru Betiri dan implikasi kebijakannya: Kasus Desa Wonoasri. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 283–290.
- Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. (2021). Revised: Zonation System on Mount Gede Pangrango National Park. Cipanas-Cianjur: Departemen Kehutanan.
- Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. (2023). Statistic Main Station of Mount Gede Pangrango National Park by 2022. Cibodas: Main Station Gunung Gede Pangrango Natinal Park.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Measurement and Calculation of Carbon Stocks-Field Measurements for Estimating Forest Carbon Stocks. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia.
- Chave, J., Mechain, M.J., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Yrizar, A.M., Mugasha, W.A., Landau, H.C.M., Mecucinni, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Malavassi, E.O., Pelissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177–3190.
- Istomo, I. & Susanti, C. (2023). The influence of growing site quality on the growth cemara udang (*Casuarina equisetifolia* L.) on the Tuban Cypress Beach. *Journal of Hutan Tropika*, 18(2), 236–243.
- Jiang, J., Lu, Y., Wang, L., Liu, X., Cai, D., Jia, H., Ming, A. & Chen, B. (2019). Facilitation by tree species in variable retention harvesting for the restoration of monoculture plantations in Southern China. *Tropical Conservation Science*, 12, 1–12.
- Julismin. (2013). Impact and climate change in Indonesia. *Journal of Geografi*, 5(1), 39–46.
- Kumala, S., Miftahurrohman, N., Abdillah, S. & Andiani, D. (2019). Antibacterial activity of endophytic fungi isolated from twig of manglid plant (*Manglietia glauca* Bl.). *Journal of Chemistry and Environment*, 23(7), 131–136.
- Li-Hua, L., Nong, R, H. & Li, Z, G. (2014). Responses of *Manglietia glauca* growth to soil nutrients and climatic factors. *Ying Yong Shengtai Xuebao*, 25(4), 961–966.
- Mawazin, Pamoengkas, P., Darwo & Heiansyah, I. (2024). A case study on the growth and restoration of native plant species in formerly utilized areas: the Gunung Gede Pangrango

- National Park. *BIO Web of Conferences*, 123, 01048.
- Murtinah, V., Ruchaemi, A. & Ruhayat, D. (2015). Growth of *Tectona grandis* Linn.f Forest in East Kalimantan. *Journal of AGRIFOR*, 14(2), 287–292.
- Mutia, L. & Pamoengkas, P. (2014). Hubungan lebar jalur tanam dengan pertumbuhan meranti merah (*Shorea leprosula* Miq.) dalam sistem silvikultur tebang pilih tanam jalur. *Jurnal Silviculture Tropika*, 5(2), 131–136.
- Noormalinda, Budi, S., & Rudy, S. (2021). Persepsi masyarakat desa Hamak Timur terhadap rencana kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan di kawasan hutan lindung Gunung Mantiut Kabupaten Hulu Sungai Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(4), 637–645.
- Pamoengkas, P. & Prasetya, R. (2014). Pertumbuhan meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) dalam sistem tebang pilih tanam jalur di areal IUPHHK-HA PT. Sarpatim, Kalimantan Tengah. *Jurnal Silviculture Tropika*, 5(3), 174–180.
- Pamoengkas, P. & Prayogi, J. (2011). Pertumbuhan meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) dalam sistem silvikultur tebang pilih tanam jalur (Studi kasus di areal IUPHHK-HA PT. Sari Bumi Kusuma, Kalimantan Tengah). *Journal of Silviculture Tropika*, 2(1), 9–13.
- Pratiwi, G., Sasmito, B. & Bashit, N. (2021). Predictive analysis of aboveground biomass values for rubber trees using imagery sentinel 1-A to stand age. *Journal ELIPSOIDA*, 4(1), 27–33.
- Prodan, M. (1968). *Forest Biometrics*. Oxford: Pergamon Press.
- Pudjiono, S., Susanto, M., Mashudi, Setiadi, D., Suaelaman, M., Hartati, R, A., Rahmadi, T. & Wibowo, A. (2021). The manglid (*Manglietia glauca* Bl.) growth variations at age of 42 months in Candirotto Temanggung Central Java. *Advances in Biological Sciences Research*, 86–93.
- Pudjiono, Mashudi, Susanto, Baskorowati, Setiadi, Sulaeman, Hartati & Wibowo. (2021). Growth of manglid (*Manglietia glauca* Bl.) from three provenances until 4.5 years at Candirotto Temanggung Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 914, 012020
- Rizki, G.M., Bintoro, A. & Hilmanto, R. (2016). Comparison of carbon emissions with carbon stored in the community forests of Buana Sakti Village, Batanghari District, East Lampung Regency. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(1), 89–96.
- Rossie, W.N., Sudarmadji, Djohan, T.S., Haryono, E. (2014). Soil emissions of CO₂ due to land use change of peat swamp forest at West Kalimantan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(3), 268–276.
- Ruizhe, H., Liping, N., Ruihong, N., Song, L., Yungsi, L. & Hongying, T. (2019). Chemical constituents of the essential oil extracted from *Manglietia glauca*. *Chemistry of Natural Compounds*, 55(6), 1133–1134.
- Samsoedin, I., Sukiman, H., Wardani, M. & Hariyanto. (2016). Estimation of biomass and carbon content of Kayu Afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) in Sukabumi Regency, West Java. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(1), 73–81
- Soerianegara, I. & Indrawan, A. (1988). *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB.
- Sudomo, A. & Hani, A. (2014). The influence of agroforestry silviculture on productivity and quality of *Canna edulis* Ker on private forest land. *Journal of Degraded and Mining Land Management*, 1(3), 137–142.
- Sudomo, A., Rachman, E. & Mindawati, N. (2010). Quality of manglid seeds (*Manglietia glauca* BL) on seven types

- of weaning media. *Journal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(5), 265–272.
- Sudomo, A., Rohandi, A. & Mindawati, N. (2013). Use of rootone-f growth regulator on manglid shoot cuttings (*Manglieta glauca* BL). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(2), 57–63.
- Sudomo, A. & Mindawati. (2011). Pertumbuhan *Manglietia glauca* pada tiga jarak tanam dantiga jenis pupuk di Tasikmalaya, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 3(3), 111–118.
- Suhartati, S., Aprianis, Y., Pribadi, A. & Rochmayanto, Y. (2013). Study of the impact of decreasing *Acacia crassicarpa* A. Cunn's plant cycle on production and social values. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(2), 109–117.
- Safitri, B. & Wahyudi, W. (2020). Distribution of diameter of *Paraserianthes falcataria* as an indicator of normal growth. *Jurnal Hutan Tropika*, 15(1), 43–50.
- Tuah, N., Sulaeman, R., Yoza, D. & Widya, J.B. (2017). Penghitungan biomassa dan karbon di atas permukaan tanah di hutan larangan adat rumbio Kab Kampar. *JOM Faperta*, 4(1), 1–10
- Wang, Z., Xu, Y., He, C., Wang, Zh., Zhu, W., Wang, Zhe., Chen, L., Wu, L. & Du, A. (2023). Impact of native tree species introduction on soil nutrient and bacterial community in Eucalyptus plantations. *European Journal of Forest Research*, 142(6), 1369–1383.
- Widiarti, A. (2013). Forest restoration with community participation. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 10(2), 215–228.
- Wiryono, & Nurliana, S. (2023). Keragaman dan komposisi jenis bibit untuk rehabilitasi hutan dan lahan di daerah aliran Sungai Kapuas. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 12(2), 115–121.

Karakteristik Tapak pada Berbagai Tutupan Lahan di Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi

Site Characteristics under Various Land Covers in Mount Walat, Sukabumi Regency

Maulana Zaki^{1*}, Basuki Wasis¹, dan/and Diana Prameswari²

¹Program Studi Silvikultur Tropika, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Dramaga, Bogor, 16680, Indonesia

²Pusat Riset Botani Terapan, BRIN, Jl. Raya Bogor KM. 46, Cibinong, Bogor, 16991, Indonesia

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: Canopy density, mining land, Mount Walat, puspa plantation forest, soil, vegetation	<i>Land cover changes in the Mount Walat landscape, Sukabumi Regency, from natural shrubland to a man-made education forest of Mount Walat and PT Gunung Walat Perkasa have significantly affected soil quality. This study aimed to analyze the differences in physical, chemical, and biological soil properties across three land cover types: puspa plantation forest, shrubland, and quartz sand mining land. The research applied purposive sampling, including soil collection at a topsoil depth of 0 to 10 centimeters, laboratory analysis, and statistical testing using the Honest Significant Difference test at a five percent significance level. The results showed that the puspa plantation forest had the best soil quality, indicated by the lowest bulk density (0.72 g/cm³), highest porosity (72.82%), high soil moisture content (40.33%), near-neutral pH (5.42), and high organic carbon content (12.16%). In contrast, the mining site exhibited degraded soil quality, with high bulk density (1.49 g/cm³), low porosity (43.92%), very low soil moisture and microbial respiration, and strongly acidic pH (4.34). Vegetation analysis revealed that the puspa plantation forest had a tree density of 300 stems/ha, a sapling density of 2,000 stems/ha, and an undergrowth/seedling density of 237,500 stems/ha. The mining site, however, showed vegetation density only at the undergrowth or seedling level, with 32,500 stems/ha. Canopy cover in the puspa plantation forest reached 81.31 %, whereas the mining area showed no measurable canopy cover.</i>
Kata kunci:	ABSTRAK
Gunung Walat, hutan tanaman puspa, kerapatan tajuk, lahan tambang, tanah, vegetasi	Perubahan tutupan lahan di kawasan Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi, dari semak belukar menjadi ekosistem hutan buatan Hutan Penelitian Gunung Walat dan PT Gunung Walat Perkasa telah memengaruhi kualitas tanah secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah pada berbagai tutupan lahan, yaitu hutan tanaman puspa, semak belukar, dan lahan tambang pasir kuarsa. Metode yang digunakan adalah <i>purposive sampling</i> , yang meliputi pengambilan sampel tanah pada kedalaman <i>topsoil</i> (0 - 20 cm), analisis laboratorium, dan uji statistik Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki kualitas tanah terbaik, ditunjukkan oleh nilai <i>bulk density</i> terendah (0,72 g/cm ³), porositas tertinggi (72,82%), kadar air tanah tinggi (40,33%), pH mendekati normal (5,42), dan kandungan C-organik yang tinggi (12,16%). Sebaliknya, lahan tambang menunjukkan degradasi kualitas tanah, dengan <i>bulk density</i> tinggi (1,49 g/cm ³), porositas rendah (43,92%), kadar air dan respirasi mikroba sangat rendah, serta pH tanah sangat masam (4,34). Hasil analisis vegetasi didapatkan nilai kerapatan vegetasi hutan tanaman puspa memiliki 300 batang/ha untuk tingkat pohon, 2000 batang/ha untuk tingkat pancang, dan 237.500 batang/ha untuk tingkat tanaman bawah dan semai. Kerapatan vegetasi lahan tambang hanya pada tingkat tanaman bawah atau semai dengan nilai 32.500 batang/ha. Kerapatan tajuk hutan tanaman puspa memiliki nilai terbesar dengan persentase kerapatan tajuk 81,31%, sedangkan tidak ada kerapatan tajuk di lahan tambang.
Riwayat artikel:	
Tanggal diterima: 9 Juni 2025; Tanggal disetujui: 30 Desember 2025.	

Korespondensi penulis: Maulana Zaki * (E-mail: zaki_maulana@apps.ipb.ac.id)

Kontribusi penulis: **MZ**: Pengambilan data, analisis data, penulisan dan revisi naskah; **BW**: memberikan masukan dan saran penelitian, mengarahkan pengambilan data, revisi naskah; **DP**: memberikan bimbingan penelitian, analisis data, revisi naskah.

1. Pendahuluan

Persebaran potensi pertambangan bahan galian kuarsa di Kabupaten Sukabumi memiliki potensi yang besar. Data Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukabumi (2025) menunjukkan bahwa produksi bahan galian per Izin Usaha Pertambangan (IUP) di Kabupaten Sukabumi untuk kuarsa mencapai 236.694 ton pada tahun 2023 dan 159.759 ton pada tahun 2024. Salah satu pertambangan kuarsa yang berada di Sukabumi adalah PT Gunung Walat Perkasa (GWP), sebuah perusahaan yang berfokus pada produksi pasir kuarsa sebagai bahan baku utama untuk keperluan konstruksi bangunan (Falah dan Muzaki, 2020). PT GWP berlokasi di Desa Karang Tengah, Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat.

Wilayah IUP dari PT Gunung Walat Perkasa berada pada satu Kecamatan dengan kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW). Hutan Pendidikan Gunung Walat merupakan Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) yang secara langsung dikelola oleh Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University (Kosmaryandi, 2014). Tegakan pohon di HPGW yang ditanam pada tahun 1970-an sebagian besar melebihi daur umurnya dan struktur dan komposisi tegakan dipengaruhi oleh suksesi alami (Kusmana dan Susanti, 2015; Nugroho et al. 2017).

Perbedaan sistem pengelolaan lahan antara dua lokasi di kawasan Gunung Walat menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kualitas lingkungan setempat. Kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat yang dikelola sebagai KHDTK, memperlihatkan karakteristik ekosistem yang relatif utuh, ditandai dengan tingginya kerapatan vegetasi serta keberadaan berbagai jenis fauna. Namun, kegiatan eksploitasi mineral yang dilakukan secara berkelanjutan oleh PT Gunung Walat Perkasa (PT GWP), khususnya dalam bentuk penambangan pasir kuarsa, telah berdampak terhadap kualitas air dan tanah dan kondisi iklim mikro. Menurut (Islani et

al., 2025), PT GWP mengandung konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) 25 mg/L yang terklasifikasi ke dalam cemaran air sangat berat pada pointsource aliran Sungai Cimahi. Selain itu, isu krusial lainnya yang timbul dari aktivitas pertambangan adalah degradasi tanah (Pratiwi dan Nurcholis, 2023). Kondisi ini menuntut adanya intervensi dan strategi pengelolaan lingkungan yang adaptif untuk meminimalkan dampak ekologis jangka panjang. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah pada ekosistem hutan tanaman pusa, semak belukar, dan lahan tambang untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan di antara tutupan lahan di Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *global positioning system* (GPS), pita ukur, *tally sheet*, tongkat ukur, golok, kompas, kamera, laptop, bor tanah, botol sampel dan plastik sampel. Alat yang digunakan dalam pengolahan dan analisis data, antara lain seperangkat komputer, perangkat lunak ArcGis 10.8, perangkat lunak *Microsoft word*, dan perangkat lunak *Microsoft excel*. Bahan yang digunakan adalah sampel tanah, air, kertas label, tisu, kantong plastik, kertas aluminium, serta aquades. Obyek yang digunakan adalah vegetasi dan tanah di ekosistem hutan tanaman pusa di KHDTK Hutan Pendidikan Gunung Walat, semak belukar, dan lahan tambang PT Gunung Walat Perkasa, Kabupaten Sukabumi.

2.1. Waktu / Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan dari Desember 2024 hingga Februari 2025. Pengambilan contoh tanah dan analisis vegetasi pada tiga lokasi, yaitu Hutan Pendidikan Gunung Walat, semak belukar, dan lahan pertambangan pasir kuarsa di PT Gunung Walat Perkasa yang telah beroperasi sejak tahun 2008 (Gambar 1), sedangkan persiapan contoh atau sampel

tanah dan tanaman sebelum dianalisis dilakukan di Laboratorium Pengaruh, Hutan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor (FAHUTAN IPB), Kecamatan Dramaga,

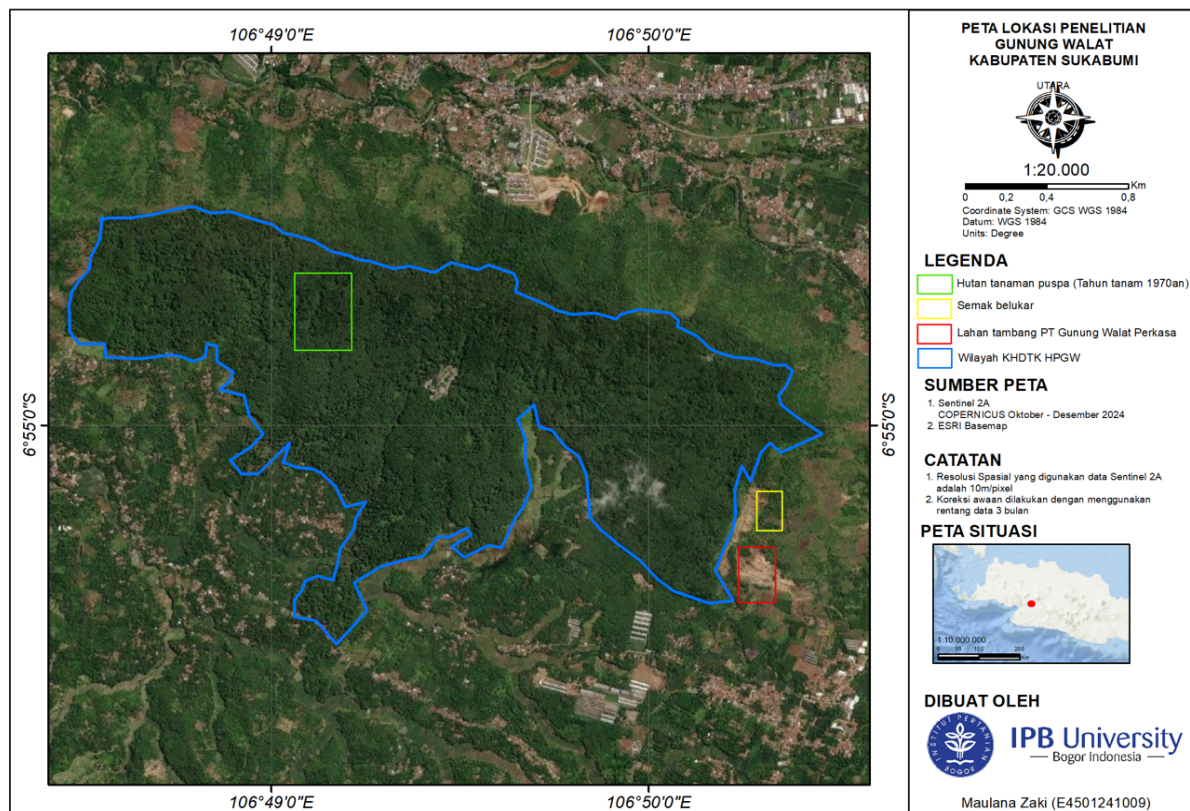
2.2. Metode Penelitian

Pembuatan Plot contoh dan Pengambilan Contoh Data

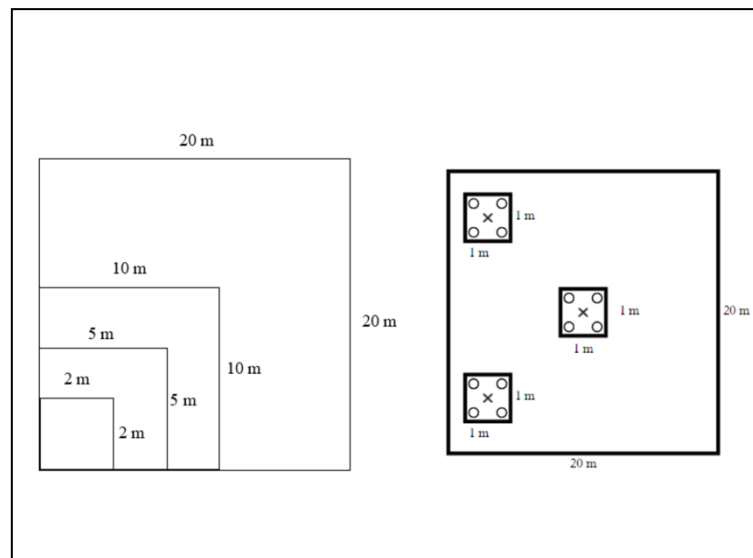
Plot contoh dibuat dengan ukuran 20 m × 20 m dengan metode *purposive sampling* pada masing-masing lokasi untuk menganalisis vegetasi pada lokasi yang telah ditentukan (Wasis et al. 2019). Plot 20 m × 20 m untuk tingkat pohon juga meliputi plot 10 m × 10 m untuk tingkat tiang, plot 5 m × 5 m untuk tingkat pancang, dan 2 m × 2 m untuk tingkat tanaman bawah dan semai (Gambar 2). Pengambilan plot

Kabupaten Bogor dan Laboratorium Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology (ICBB), Kecamatan Bogor Barat, Kabupaten Bogor.

vegetasi dengan ukuran 20 m × 20 m pada tiap lokasi sebanyak satu kali ulangan untuk melihat identifikasi jenis vegetasi dan kerapatan pada tiap tingkat vegetasi secara umum. Plot 20 m × 20 m juga berisikan sub plot ukuran 1 m × 1 m untuk pengambilan contoh tanah secara *purposive sampling* dengan ulangan tiga kali. Contoh tanah diambil dengan dua metode: (1) tanah terganggu (*disturbed soil*) menggunakan bor tanah hingga kedalaman 20 cm, diberi tanda (○) dan (2) tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*) menggunakan ring tanah hingga kedalaman 7 cm, diberi tanda (×) (Gambar 2).



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian di Gunung Walat (Research site at Mount Walat)



Gambar (Figure) 2. Plot contoh penelitian untuk analisis vegetasi dan pengambilan contoh tanah (*Research sample plot for vegetation analysis and soil sampling*)

Pengukuran Solum dan Horizon O Tanah

Ketebalan solum dan horizon O tanah menunjukkan berapa tebal tanah diukur dari permukaan sampai ke batuan induk dan mengidentifikasi kondisi ketebalan horizon O tanah. Pengukuran solum tanah dengan metode bor tanah dan diukur dengan pita ukur. Satuan yang digunakan pada ketebalan solum tanah adalah centimeter (cm).

Persentase Tutupan Tajuk

Tutupan tajuk merupakan indikator penting untuk menilai kondisi hutan, yang diukur menggunakan *Spherical Densiometer* (SD). Alat ini memiliki 25 kotak, dan persentase tutupan dihitung berdasarkan jumlah kotak yang tertutup bayangan tajuk. SD diletakkan 30 cm dari tenaga pengukur dengan jarak alat hingga permukaan tanah setinggi 130 cm dan diamati dari empat arah mata angin, lalu dirata-ratakan. Klasifikasi tutupan berkisar dari 0% (tidak tertutup) hingga 100% (tertutup penuh), dan hasilnya dianalisis menggunakan rumus di bawah ini (Supriyanto & Kasno, 2001).

$$\text{Tutupan Tajuk} = \sum \frac{\text{Persegi tertutup kanopi}}{\text{Total Persegi SD}} \times 100\%$$

2.3. Analisis Data

pH Tanah

Pengukuran pH tanah menggunakan pH meter setelah sampel tanah dilarutkan ke dalam akuades selama 5 menit.

Warna Tanah

Identifikasi warna tanah menggunakan metode pengamatan langsung dengan pedoman buku Munsell Soil Color (Munsell, 2009).

Suhu Tanah

Suhu tanah diukur menggunakan termometer dengan cara menancapkan termometer ke dalam tanah. Pengukuran suhu tanah dilakukan 5 titik dalam satu hari dari pukul 8 pagi hingga 12 siang dengan kondisi musim hujan pada tiap plot pengamatan.

Respirasi Tanah

Uji respirasi tanah dilakukan di Laboratorium Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor

dengan metode titrasi setelah tanah dikompositkan dari sampel tanah terusik dengan bobot 100 g dan larutan KOH 0,2 N diinkubasi selama 5 hari. Titrasi menggunakan larutan HCl setelah dilakukan pewarnaan dengan phenolphthalein pada titrasi pertama, lalu dilakukan titrasi kedua dengan larutan HCl setelah pewarnaan dengan metil jingga.

Bulk density dan Porositas

Bulk density dan porositas dianalisis dengan menggunakan sampel tanah tidak terusik dengan *ring* tanah. Perhitungan *Bulk density* menggunakan proses penimbangan dan pengovenan 105 °C selama 24 jam.

C-Organik dan Kadar Air Tanah

Pengukuran kadar C-organik menggunakan metode pengabuan (Sulaeman et al. 2005). Kadar air tanah menggunakan metode pengovenan 105 °C selama 24 jam kemudian dilakukan penimbangan untuk mengetahui persentase kadar air. Tanah yang telah kehilangan kadar air kemudian dilanjutkan dengan pengovenan tanur pada suhu 500 °C selama 3 jam.

Struktur Tanah

Metode dalam menentukan struktur tanah dapat dilihat dari bentuk bongkahan-bongkahan tanah yang terbentuk dari proses pengambilan sampel tanah. Ada berkisar enam jenis struktur tanah yang diklasifikasikan, yaitu prisma, kolom, balok bersudut (*angular blocky*), balok ber sub-sudut (*sub-angular blocky*), lempeng (*platy*), dan butiran (*crumb*) (Fiantis, 2017).

Tekstur Tanah

Penentuan fraksi tiga tekstur tanah menggunakan metode pipet untuk melihat persentase dari liat (*clay*), pasir (*sand*), dan debu (*silt*). Setelah itu, fraksi tekstur tanah dicocokkan dengan segitiga tekstur tanah.

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

KTK merupakan jumlah total kation yang dapat dipertukarkan (*cation exchangeable*) pada permukaan koloid yang bermuatan negatif. Satuan hasil pengukuran KTK adalah milliequivalen kation dalam 100 g tanah atau me kation 100 g⁻¹ tanah. Penentuan KTK menggunakan metode perkolasi dari sampel tanah yang diambil secara komposit.

Bobot Serasah Kering dan Basah

Kadar air serasah dihitung untuk melihat bobot kering serasah pada ketiga lokasi penelitian. Serasah diambil dari lapang pada plot 1 m × 1 m pada tiga kali ulangan di tiap plot pada waktu sebelum pengambilan sampel tanah di musim hujan, kemudian dipisahkan untuk serasah daun dan serasah batang. Serasah tersebut akan ditimbang sebagai nilai bobot basah serasah. Serasah yang telah diambil dari lapangan akan dikeringkan dengan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam (Wulansari et al. 2020). Serasah yang telah dioven langsung ditimbang untuk pengukuran bobot kering.

Kerapatan Jenis dan Relatif

Analisis vegetasi dilakukan dengan menghitung nilai kerapatan pada setiap tingkat pertumbuhan (semai, pancang, tiang, dan pohon). Kerapatan jenis dan relatif merupakan kerapatan vegetasi yang menggambarkan bagaimana kondisi dari lokasi yang diteliti.

Uji Beda Nyata Jujur

Data yang telah dikumpulkan dianalisis dengan uji beda nyata jujur (BNJ). Uji beda nyata jujur (BNJ) atau uji Tukey merupakan jenis uji melihat perbedaan pada data-data yang telah dikumpulkan. Penelitian ini menggunakan uji BNJ untuk melihat signifikansi perbedaan data parameter yang telah dikumpulkan pada masing-masing lokasi. Persentase taraf (α) yang digunakan sebesar 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Tabel (Table) 1. Rekapitulasi jumlah individu, kerapatan individu, dan kerapatan relatif pada tiap lokasi penelitian (*Recapitulation of the number of individuals, individual density, and relative density at each research locations*)

Lokasi (Location)	Plot (Plot)	Nama jenis (Species)	Strata (Stratum)	Jumlah individu (batang)	Kerapatan Individu (Individual density) (Batang/ha) (Stems/ha)	Kerapatan Relatif (Relative density) (%)
Hutan Pendidikan Gunung Walat (Mount Walat Education Forest)		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pohon (Tree)	12	300	0,13
		Kayu Afrika (<i>Maesopsis eminii</i>)	Pancang (Sapling)	1	400	0,17
		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pancang (Sapling)	4	1600	0,67
		Teki (<i>Cyporus rotundus</i>)	Tanaman bawah/semai (Undergrowth/seedling)	32	80000	33,36
	Hutan Tanaman Puspa (Puspa Plantation Forest)	Wedellia (<i>Sphagneticola tribolata</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	43	107500	44,83
		Paku rane (<i>Selaginella plana</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	13	32500	13,55
		Harendong (<i>Clidemia hirta</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	3	7500	3,13
		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	4	10000	4,17
PT Gunung Walat Perkasa (Gunung Walat Perkasa, Ltd.)	Semak Belukar (Shrubland)	Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pohon (Tree)	1	25	0,06
		Pinus (<i>Pinus merkusii</i>)	Pohon (Tree)	1	25	0,06
		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pancang (Sapling)	7	2800	6,17
		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	4	10000	22,05
		Paku terrestrial (<i>Polypodium vulgare</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	6	15000	33,08
		Harendong (<i>Clidemia hirta</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	7	17500	38,59
	Lahan Tambang (Mining land)	Arthraxon (<i>Arthraxon prionodes</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	23	32500	100

Tabel (Table) 2. Hasil pengamatan kerapatan tajuk pada tiap lokasi penelitian (*Observation Results of Canopy Density at Each Research Site*)

Tutupan Lahan (Land covers)	Plot (plot)	Arah Mata Angin (Compass Direction)				Rata-rata Kerapatan tajuk (Mean of canopy density) (%)	Rata-rata Keseluruhan (Mean of canopy density within each site) (%)
		Utara (North)	Timur (East)	Selatan (South)	Barat (West)		
Hutan Tanaman	1	75	82	87	62	76,5	81,31
Puspa	2	81	84	93	69	81,75	
(Puspa Plantation forest)	3	76	76	92	94	84,5	
	4	85	82	81	82	82,5	
Semak Belukar	1	83	77	82	86	82	78,38
(Shrubland)	2	73	84	80	64	75,25	
	3	85	90	83	71	82,25	
	4	64	75	74	83	74	
Lahan Tambang	1	0	0	0	0	0	0
(Mining land)	2	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	

Tabel (Table) 3. Hasil pengamatan profil tanah dan serasah (Observation results on soil profile and litterfall)

Tutupan Lahan (Land Covers)	Solum Tanah (Soil solum) (cm)	Horizon O (Horizon O) (cm)	Warna Tanah (Soil color)	Serasah Basah (Wet litter) (gram)		Serasah Kering (Dry litter) (gram)	
				Daun (Leaf)	Batang (Trunk)	Daun (Leaf)	Batang (Trunk)
Hutan Tanaman Puspa (Puspa Plantation forest)	> 100	10,33 ^a	Very Dark Brown (10YR 2/2)	1350,7 ^a	75,67 ^a	488,33 ^a	23 ^a
Semak Belukar (Shrubland)	> 100	2,67 ^b	Dark Yellowish Brown (10YR 4/6)	414 ^b	60,67 ^a	169,33 ^b	21,33 ^a
Lahan Tambang (Mining land)	33,67	0 ^b	Dark Grayish Brown (10YR 4/2)	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^b

Catatan (Notes): Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut Uji BNJ ($\alpha = 0,05$) (Values followed by different letters indicate significant differences at the 5% level according to the HSD test ($\alpha = 0.05$))

Tabel (Table) 4. Sifat fisik tanah pada lokasi penelitian (*Characteristics of soil physics on research site*)

Tutupan Lahan (Land cover)	Berat isi (Bulk density) (g/cm ³)	Porositas (Porosity) (%)	Suhu Tanah (Soil temperature) (°C)	Kadar Air Tanah (Water soil content) (%)	Struktur Tanah (Soil structure)	Tekstur Tanah (Soil texture) (%)			Kelas Tekstur (Texture class)
						Pasir (Sand)	Debu (Silt)	Liat (Clay)	
Hutan Tanaman Puspa (Plantation forest)	0,72 ^a	72,82 ^a	23,92 ^a	40,33 ^a	Remah (Crumb)	27,8	19,6	52,6	Liat (Clay)
Semak Belukar (Shrubs)	1,04 ^b	60,56 ^b	24,80 ^b	27,67 ^b	Gumpal membulat (Sub-angular Blocky)	45,5	17,3	37,2	Liat Berpasir (Sandy clay)
Lahan Tambang (Mining land)	1,49 ^c	43,92 ^c	26,33 ^c	13,67 ^c	Prismatik (Prismatic)	45,9	36,3	17,8	Lempung (Loamy)

Catatan (Notes): Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut Uji BNJ ($\alpha = 0,05$) (Values followed by different letters indicate significant differences at the 5% level according to the HSD test ($\alpha = 0.05$))

Tabel (Table) 5. Sifat kimia dan biologi tanah pada lokasi penelitian (*Chemistry and biology soil characteristics at research sites*)

Tutupan Lahan (<i>land cover</i>)	pH	Kapasitas tukar kation (<i>Cation exvhang capacity</i>) (cmol(+)/Kg)	C-organik (<i>C-organic</i>) (%)	Respirasi Tanah (<i>Soil respiration</i>) (g CO ₂ /m ² /hari) (g CO ₂ /m ² /day)
Hutan Tanaman (<i>Plantationforest</i>)	5,42 ^a	15,51 ^a	7,05 ^a	8,37 ^a
Semak Belukar (<i>Shrubs</i>)	5,03 ^b	9,35 ^b	3,18 ^b	3,68 ^b
Lahan Tambang (<i>Mining land</i>)	4,34 ^c	5,85 ^c	1,36 ^c	1,49 ^c

Catatan (Notes): Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut Uji BNJ ($\alpha = 0,05$) (Values followed by different letters indicate significant differences at the 5% level according to the HSD test ($\alpha = 0.05$))

3.2 Pembahasan

Analisis vegetasi pada ketiga lokasi menunjukkan adanya perbedaan jumlah individu, kerapatan individu, dan kerapatan relatif (Tabel 1). Vegetasi pada hutan tanaman puspa yang ditemukan terdiri atas tingkat pohon sebanyak 1 jenis, tingkat pancang sebanyak 2 jenis, dan tingkat semai/tanaman bawah sebanyak 5 jenis (Tabel 1). Vegetasi semak belukar terdiri atas tingkat pohon sebanyak 2 jenis, tingkat pancang sebanyak 1 jenis, dan tingkat semai atau tanaman bawah sebanyak 3 jenis (Tabel 1). Vegetasi lahan tambang hanya ditemukan 1 jenis tingkat semai atau tanaman bawah. Hasil analisis vegetasi terkait jumlah individu, kerapatan individu, dan jumlah jenis disajikan pada Tabel 1. Vegetasi tingkat pohon pada hutan tanaman puspa ditemukan jenis puspa yang ditanam bersamaan dengan jenis pinus dan kayu afrika pada periode penanaman 1969-1971 (Kosmaryandi, 2014).

Wilayah semak belukar yang berada di kawasan IUP PT Gunung Walat Perkasa merupakan ekosistem yang belum ada pengelolaan pertambangan. Hasil analisis vegetasi pada ekosistem semak belukar ditemukan dua jenis pohon yaitu pinus dan puspa. Kondisi lahan tambang pasir kuarsa yang telah dibuka hanya ditemukan satu jenis tanaman bawah yang tumbuh secara sporadis/bergerombol, yaitu *Arthraxon prionodes*. Lahan tambang pasir kuarsa PT Gunung Walat Perkasa di Kecamatan Cicantayan, Kabupaten Sukabumi berada pada kondisi non aktif sejak 2024. Salah

satu dampak pertambangan PT Gunung Walat Perkasa adalah konsentrasi cemaran air yang diindikasikan dari *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang sangat tinggi (Islani et al. 2025).

Kondisi vegetasi pada tutupan lahan sangat berkaitan dengan kondisi tutupan tajuk yang berperan penting dalam ekosistem. Tajuk pohon merupakan bagian pohon yang memiliki fungsi fisiologis dan erat kaitannya dengan produksi biomassa. Kerapatan tajuk (*crown density/Cden*) merupakan persentase cahaya matahari yang tertahan oleh tajuk sehingga tidak mencapai permukaan tanah (Putra et al. 2023). Hasil pengamatan kerapatan tajuk pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengukuran kerapatan tajuk pada ketiga lokasi menunjukkan bahwa lokasi hutan tanaman puspa memiliki persentase terbesar, yaitu 81,31% (Tabel 2). Ada beberapa faktor yang memengaruhi persentase dari kerapatan tajuk, yaitu jenis tanaman, arsitektural pohon, kondisi lingkungan, dan jarak antar pohon. Puspa sebagai jenis tanaman pohon yang mendominasi termasuk ke dalam jenis pohon berdaun lebar, sehingga kerapatan tajuk yang dihasilkan sangat lebat. Selain itu, pada hutan tanaman diketahui jarak antar pohon memiliki ukuran 3 m × 3 m. Jarak antar pohon ini juga berpengaruh terhadap arsitektur pohon dan tajuk hutan. Model arsitektur pohon adalah salah satu ciri morfologi tumbuhan yang penting artinya dalam pencarian masing-masing pohon. Hal ini didasari bahwa setiap pohon

memiliki ciri genetik yang berbeda tiap jenisnya. Jenis puspa dan pinus memiliki arsitektural pohon yang berbentuk rauh. Pohon model rauh memiliki ciri-ciri batang monopodial ortotropik adalah ciri yang dimiliki arsitektur pohon model rauh. Pertumbuhan ritmik mengakibatkan cabang tersusun dalam karangan, cabang juga bersifat ortotrop sumbu dapat tumbuh tidak terbatas (Rahmawati et al. 2022). Model arsitektur ini memungkinkan tebal dan lebarnya tajuk pada jenis pohon tersebut, sehingga intersepsi cahaya sangat kecil hingga ke lantai hutan.

Notasi huruf pada hasil uji Tukey menandakan perbedaan jika notasi kedua hasil berbeda satu sama lainnya. Hal ini menandakan pada lokasi penelitian memiliki nilai parameter yang berbeda pada satu sama lainnya. Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa ketebalan horizon O pada hutan tanaman puspa memiliki ketebalan yang berbeda nyata dibandingkan dengan semak belukar dan lahan tambang (Tabel 3). Keberadaan tajuk vegetasi memiliki peranan dalam meredam tumbukan air hujan serta aktivitas mikrobial dalam dekomposisi bahan organik (Sarminah et al. 2018). Wilayah kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat memiliki ketebalan tanah hingga 15 cm (Supriyanto dan Sayid, 2022). Sebaliknya, horizon O pada semak belukar tidak berbeda signifikan dengan lahan tambang. Hal ini ditandai dengan notasi uji Tukey dengan huruf yang sama. Selain itu, solum tanah di hutan tanaman dan semak belukar memiliki ketebalan dalam rentang yang sama (>100 cm), sedangkan lahan tambang memiliki solum yang jauh lebih tipis (33,67 cm) akibat aktivitas manusia dan penggunaan alat berat yang mengikis lapisan tanah hingga batuan induk. Aktivitas penambangan menyebabkan kerusakan berat pada tanah, hilangnya unsur hara, kerusakan infrastruktur, dan polusi udara (Yudhiman et al. 2023).

Warna tanah merupakan indikator penting dalam menilai kondisi tanah, yang dipengaruhi oleh kadar bahan organik,

batuan induk, dan faktor lingkungan. Di kawasan HPGW, tanah didominasi oleh jenis latosol dan podsolik merah kuning (Kosmaryandi, 2014), namun tiap lahan menunjukkan warna tanah yang berbeda. Hutan tanaman puspa memiliki warna tanah paling gelap (Tabel 3), menandakan kandungan organik tinggi (Widiastuti dan Rajamudin, 2016). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa nilai kandungan C-Organik pada hutan tanaman puspa memiliki persentase terbesar dibandingkan semak belukar dan lahan tambang. Tanah pada lokasi semak belukar memiliki warna gelap cokelat dan kekuningan. Sementara itu, tanah di lahan tambang berwarna keabu-abuan, menunjukkan kedangkalan tanah yang sudah mendekati batuan induk, serta minim bahan organik.

Lapisan serasah adalah lapisan permukaan tanah yang berasal dari guguran organik seperti daun, ranting, dan batang, yang mengalami dekomposisi dan berperan penting dalam menjaga kesuburan serta ketersediaan hara tanah, terutama di ekosistem hutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat serasah daun basah dan kering bervariasi signifikan antar lokasi, sedangkan serasah batang hanya berbeda signifikan di lahan tambang (Tabel 3). Hutan tanaman puspa memiliki jumlah serasah tertinggi, didominasi oleh dedaunan (70%) dan sisanya dari batang, bunga, atau buah. Banyaknya individu pohon di hutan tanaman puspa, terutama jenis berdaun lebar seperti puspa, meningkatkan volume dan kandungan air serasah karena daun lebar lebih efektif menyimpan air dibanding daun jarum. Meskipun serasah batang lebih sedikit, kandungannya penting sebagai penyimpan unsur hara, terutama karbon (Bhalawe et al., 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki nilai *Bulk Density* (BD) terendah dibandingkan semak belukar dan lahan kosong (Tabel 4), yang mengindikasikan kemampuan penyerapan air dan porositas yang lebih baik. Rendahnya BD pada hutan tanaman puspa disebabkan oleh struktur tanah yang remah

dan tekstur tanah berliat, yang keduanya meningkatkan porositas (Afrianti dan Purba, 2019). BD juga berhubungan erat dengan kandungan bahan organik tanah. Bahan organik tanah yang rendah akan memungkinkan nilai BD yang rendah juga.

Porositas merupakan ruang antar partikel tanah yang diisi oleh air dan udara, dan sangat berkaitan dengan nilai *Bulk density* (BD), karena porositas dihitung berdasarkan BD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki porositas tertinggi dibandingkan lokasi lain (Tabel 4). Vegetasi pohon dan serasah meningkatkan porositas melalui interaksi tanah dan dekomposisi bahan organik (Robinson et al. 2022). Alih fungsi lahan seperti pertanian atau penambangan dapat menurunkan porositas, namun pada awal pembukaan lahan tambang dari semak belukar, porositas bisa meningkat. Penanaman kembali vegetasi pohon, seperti di hutan tanaman puspa Gunung Walat, terbukti efektif dalam memperbaiki porositas tanah.

Vegetasi berperan besar dalam mengatur suhu tanah dan permukaan, di mana tutupan vegetasi yang rapat, seperti pada hutan tanaman puspa yang cenderung menurunkan suhu tanah dibandingkan lahan terbuka seperti lahan tambang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi hutan menjadi lahan tambang dapat meningkatkan suhu tanah secara nyata (Tabel 4). Hal ini disebabkan oleh vegetasi yang menyerap sebagian panas untuk transpirasi dan memantulkan sisanya (Assolihat et al. 2019). Jenis dan kerapatan vegetasi juga memengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap panas, sehingga penurunan kerapatan vegetasi dapat meningkatkan suhu tanah dan lingkungan (Tabel 4).

Struktur tanah merupakan parameter fisik tanah yang menggambarkan kondisi tanah secara kualitatif maupun secara semi-kualitatif (Briliawan et al. 2022). Penelitian menunjukkan bahwa tiap tutupan lahan memiliki karakteristik struktur dan tekstur tanah yang berbeda. Hutan tanaman puspa

memiliki struktur remah dan tekstur liat (Tabel 4). Semak belukar memiliki struktur tanah berbentuk gumpal membulat dengan tekstur liat berpasir (Tabel 4). Tidak adanya pengelolaan tanah memberikan dampak terhadap bahan organik dan KTK-nya rendah, namun masih potensial untuk pertanian (Tahir dan Marschner, 2016). Lahan tambang memiliki struktur prismatik yang terbentuk akibat aktivitas alat berat dan berada dekat batuan induk. Teksturnya berupa tanah lempung hasil sisa pertambangan (Tabel 4), yang cenderung padat dan kurang subur akibat minimnya vegetasi dan terpapar hujan secara langsung (Kostenko et al. 2023).

Kadar air tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti iklim, jenis tanah, dan vegetasi. Berdasarkan hasil penelitian, hutan tanaman puspa memiliki kadar air tanah tertinggi dibandingkan dengan tutupan lahan lainnya (Tabel 4). Hal ini disebabkan oleh keberadaan vegetasi yang mendukung proses transpirasi dan evapotranspirasi, serta meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Kadar air tanah mampu membantu penyerapan unsur hara pada tanah yang mengalami stress (Gadermaier et al. 2024; Guo, 2021). Semak belukar memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan hutan tanaman puspa karena kerapatan tajuk lebih kecil dibandingkan hutan tanaman puspa. Lahan tambang memiliki kadar air paling rendah karena minimnya tutupan vegetasi (Tabel 4). Oleh karena itu, upaya konservasi air dan pengelolaan hidrologi melalui penanaman vegetasi sangat penting untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam mempertahankan kadar air.

Tingkat keasaman tanah memengaruhi berpengaruh terhadap kondisi lahan. Hutan tanaman puspa memiliki pH yang masih tergolong masam, sama seperti semak belukar, yang dipengaruhi oleh tipe tanah. (Tabel 5) Tipe tanah pada Hutan Pendidikan Gunung Walat sangat kompleks, yaitu latosol merah kuning, latosol coklat, litosol, dan podsolik

merah kuning (Kosmaryandi, 2014). Tipe tanah hutan tanaman puspa adalah latosol merah kuning yang memiliki rentang pH tanah 5,4 – 5,9 (Supriyanto dan Sayid, 2022). Tanah masam luas tersebar di Indonesia, namun hanya sebagian yang potensial untuk pertanian karena tingginya kandungan Al dan Fe yang mengikat hara (Núñez-Delgado, 2024). Tanah masam umum di daerah tropis dengan curah hujan tinggi dan juga wilayah terdampak aktivitas manusia. Lokasi tambang memiliki pH paling rendah akibat tailing pasir kuarsa yang miskin hara dan bahan organik, sehingga tanahnya sangat tidak subur (Hilwan, 2015).

Kapasitas tukar kation (KTK) adalah sifat fisik-kimia tanah yang penting karena menunjukkan kemampuan tanah menahan dan menyediakan unsur hara, serta menjadi indikator kesuburan tanah (Yunan et al. 2018). Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki KTK tertinggi, diikuti semak belukar, dan lahan tambang (Tabel 5). Tingginya KTK pada hutan tanaman puspa dipengaruhi oleh tekstur tanah liat, kandungan mineral, dan bahan organik yang mendukung reaksi pertukaran kation seperti K^+ , Mg^{2+} , dan Ca^{2+} (Ciric et al. 2023).

Vegetasi memegang peran penting dalam meningkatkan kadar bahan organik tanah karena semakin rapat dan beragam vegetasi, semakin banyak serasah yang dihasilkan. Hutan tanaman puspa memiliki kandungan C-organik tanah tertinggi (Tabel 5), didukung oleh kerapatan vegetasi dan biomassa serasah yang besar (Nainawa et al. 2023). Semak belukar memiliki kandungan C-organik tanah lebih rendah karena vegetasi tingkat pohonnya lebih sedikit (Tabel 5). Lahan tambang menunjukkan C-organik terendah akibat minim vegetasi dan kerusakan struktur tanah, termasuk agregat tanah yang rusak selama proses pembukaan lahan (Tabel 5).

Mikroorganisme tanah berperan sebagai dekomposer yang menghasilkan CO_2 melalui respirasi tanah. Proses ini dipengaruhi oleh mikroba, sifat tanah,

iklim, dan vegetasi (Irving et al. 2024). Hutan tanaman puspa menunjukkan respirasi tanah tertinggi karena vegetasi yang rapat (Tabel 5). Semak belukar memiliki respirasi sedang, sedangkan lahan tambang paling rendah akibat minimnya bahan organik, tutupan tajuk, kerapatan vegetasi, suhu, dan sifat fisik (Tabel 5). Meskipun tambang bisa membentuk lapisan tanah baru, kurangnya vegetasi membatasi sumber karbon bagi mikroba (Moreno et al. 2019). Selain itu, suhu tanah yang terlalu tinggi menurunkan aktivitas mikroba.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Terdapat adanya perbedaan nyata kualitas tanah pada berbagai ekosistem di kawasan Gunung Walat. Hutan tanaman puspa memiliki kondisi lahan yang paling baik, ditunjukkan oleh nilai *bulk density* terendah ($0,72 \text{ g/cm}^3$), porositas tertinggi (72,82%), kadar air tertinggi (40,33%), pH tanah masam (5,42), kapasitas tukar kation ($15,51 \text{ me/100g}$), dan kandungan C-organik tinggi (12,16%). Sebaliknya, lahan tambang menunjukkan degradasi tanah paling parah dengan solum tanah yang dangkal (33,67 cm), tidak memiliki horizon O, *bulk density* tinggi ($1,49 \text{ g/cm}^3$), porositas rendah (43,92%), kadar air rendah (13,67%) dan respirasi mikroba sangat rendah (1,69), serta pH tanah sangat masam (4,34). Semak belukar berada di posisi antara kedua ekosistem tersebut. Perbedaan kondisi tanah ini berbanding lurus dengan kondisi vegetasi, di mana hutan tanaman puspa memiliki jumlah individu dan kerapatan tajuk tertinggi (81,31%), sementara lahan tambang sangat minim vegetasi dan tanpa tutupan tajuk.

4.2 Saran

Penelitian ini berfokus pada parameter-parameter umum pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga tidak mencakup analisis unsur hara. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penambahan parameter unsur hara dan parameter lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya untuk Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University yang telah memberikan kesempatan mengikuti Program Sinergi/Fast Track S1-S2 kepada penulis. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih juga terhadap pihak PT Gunung Walat Perkasa dan Gunung Walat University Forest yang telah memberikan perizinan untuk penulis dalam melakukan penelitian pada lokasi tersebut.

Daftar Pustaka

- Afrianti, S., & Purba, M. P. (2019). Karakteristik sifat fisika tanah pada berbagai kelas umur tegakan kelapa sawit di PT. PP. London Sumatera Indonesia, Tbk unit Sei Merah Estate. *Agroprimatech*, 2(2), 86–91.
- Assolihat, N. K., Karyati, K., & Syafrudin, M. (2019). Suhu dan kelembaban tanah pada tiga penggunaan lahan di Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 3(1), 41–49.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukabumi. (2025). *Kabupaten Sukabumi Dalam Angka 2025*. Badan Pusat Statistik.
- Bhalawe, S., Bisen, U., Pandre, B. P., & Ahirwar, R. (2023). An overview of leaf litter decomposition and nutrient dynamics of multipurpose tree species. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 41(12), 68–74. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2023/v41i122305>
- Briliawan, B. D., Wijayanto, N., & Wasis, B. (2022). Visual soil structure quality and its correlation to quantitative soil physical properties of upland rice site in Falcataria moluccana agroforestry system. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(4), 1894–1903. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230423>
- Ciric, V., Prekop, N., Seremesic, S., Vojnov, B., Pejic, B., Radovanovic, D., & Marinkovic, D. (2023). The implication of cation exchange capacity (CEC) assessment for soil quality management and improvement. *Agriculture and Forestry*, 69(4), 113–133. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.4.08>
- Falah, M. D., & Muzaki, M. (2020). Sumber daya mineral pasir kuarsa sebagai alternative pengembangan usaha pertambangan di daerah Kading Kabupaten Barru. *UNM Environmental Journals*, 3(2), 69–77. <https://doi.org/10.26858/uej.v3i2.15034>
- Fiantis, D. (2017). *Morfologi Dan Klasifikasi Tanah*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas. <https://doi.org/10.25077/car.4.2>
- Gadermaier, J., Vospernik, S., Grabner, M., Wächter, E., Keßler, D., Kessler, M., Lehner, F., Klebinder, K., & Katzensteiner, K. (2024). Soil water storage capacity and soil nutrients drive tree ring growth of six European tree species across a steep environmental gradient. *Forest Ecology and Management*, 554, 121599. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121599>
- Guo, Z. (2021). Soil water carrying capacity for vegetation. *Land Degradation & Development*, 32(14), 3801–3811. <https://doi.org/10.1002/ldr.3950>
- Hilwan, I. (2015). Respon pertumbuhan tiga jenis tanaman pada media tailing bekas penambangan pasir kuarsa di Kabupaten Belitung Timur. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 06(02), 126–131.
- Irving, D., Bakhshandeh, S., Tran, T. K. A., & McBratney, Alex. B. (2024). A cost-effective method for quantifying soil respiration. *Soil Security*, 16(1), 1–6.

- <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100162>
- Islani, R. R., Muharam, S., & Yuningsih, L. M. (2025). Penentuan kelas Sungai Cimahi Kabupaten Sukabumi dengan menggunakan software QUAL2KW. *SANTIKA: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 15(1), 32–46.
- Kosmaryandi, N. (2014). *Keanekaragaman Hayati Hutan Penelitian Gunung Walat*. Bogor: IPB Press.
- Kostenko, V., Bohomaz, O., Hlushko, I., Liashok, N., & Kostenko, T. (2023). Use of solid mining waste to improve water retention capacity of loamy soils. *Mining of Mineral Deposits*, 17(4), 29–34. <https://doi.org/10.33271/mining17.04.029>
- Kusmana, C., & Susanti, S. (2015). Komposisi dan struktur tegakan hutan alam di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi. *Jurnal Silviculture Tropika*, 5(3), 210–217.
- Liu, Z., Zhou, W., Shen, J., Li, S., & Ai, C. (2014). Soil quality assessment of yellow clayey paddy soils with different productivity. *Biology and Fertility of Soils*, 50(3), 537–548. <https://doi.org/10.1007/s00374-013-0864-9>
- Moreno, G. R., Quinto, H., Porras, L. V., & Ch, J. O. R. (2019). Temporary effect of mining on breathing and on the physicochemical conditions of soil. *Modern Environmental Science and Engineering*, 5(9), 837–848.
- Munsell, A. (2009). *Munsell Soil Color Book*. X-Rite.
- Nainawa, R. S., Rusdiana, O., & Mindawati, N. (2023). Potensi karbon tanah pada hutan tanaman tegakan campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium*. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 20(2), 115–129.
- Nugroho, A. F., Ichwandi, I., & Kosmaryandi, N. (2017). Analisa Pengelolaan Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (studi kasus Hutan Pendidikan dan Latihan Gunung Walat). *Journal of Env. Engineering & Waste Management*, 2(2), 51–59.
- Núñez-Delgado, A. (Ed.). (2024). *Planet Earth: Scientific Proposals to Solve Urgent Issues* (1st ed. 2024). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-53208-5>
- Pratiwi, D. I., & Nurcholis, M. (2023). Sifat kimia tanah pada tambang pasir kuarsa dalam kegiatan pra reklamasi Kepulauan Riau. *Intan : Jurnal Penelitian Tambang*, 6(1), 29–37.
- Putra, E. I., Nugraha, L. R., Helmanto, H., Rachmadiyah, A. N., Usman, U., Rusniarsyah, L., & Sukendro, A. (2023). Analisis kesehatan tajuk pohon pada Famili Fabaceae di Kebun Raya Bogor. *Journal of Tropical Silviculture*, 14(01), 9–14. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.14.01.9-14>
- Rahmawati, I., Adi Hendarso, S., Sulistiono, S., & Cintamulya, I. (2022). Arsitektur percabangan pohon Di Taman Kota Kediri. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya (JB&P)*, 9(2), 113–122. <https://doi.org/10.29407/jbp.v9i2.18857>
- Robinson, D. A., Thomas, A., Reinsch, S., Lebron, I., Feeney, C. J., Maskell, L. C., Wood, C. M., Seaton, F. M., Emmett, B. A., & Cosby, B. J. (2022). Analytical modelling of soil porosity and bulk density across the soil organic matter and land-use continuum. *Scientific Reports*, 12(1), 7085–7097. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11099-7>
- Sarminah, S., Prititania, F. S., & Karyati. (2018). Pengaruh keragaman vegetasi terhadap laju erosi. *Jurnal AGRIFOR*, 17(2), 355–368.
- Sulaeman, Suparto, & Eviati. (2005). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah.

- Supriyanto, & Kasno. (2001). *Spherical Densimeter Manual*. Bogor : Seameo Biotrop.
- Supriyanto, S., & Sayid, M. H. (2022). Kesesuaian lahan jenis tanaman kehutanan pada areal lahan terbuka di Kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 13(02), 103–110.
- Tahir, S., & Marschner, P. (2016). Clay addition to sandy soil: Effect of clay concentration and ped size on microbial biomass and nutrient dynamics after addition of low C/N ratio residue. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(4), 864–875. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000061>
- Wasis, B., Saharjo, B. H., & Putra, E. I. (2019). Impacts of peat fire on soil flora and fauna, soil properties and environmental damage in Riau Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(6), 1770–1775. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200639>
- Widiastuti, W., & Rajamudin, U. A. (2016). Studi kualitas tanah pada toposequen Sub DAS Poboya, Kota Palu. *J. Agrotekbis*, 4(5), 544–522.
- Wulansari, M., Rachmawati, N., & Susilawati, S. (2020). Analisis kadar air serasah kelakai (*Stenochlaena palustris* Burm. Bedd) terhadap peluang terjadinya kebakaran di kawasan ekowisata bekantan PT. Antang Gunung Meratus Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(4), 699–708. <https://doi.org/10.20527/jss.v3i4.2353>
- Yudhiman, E., Susanto, A., & Corsita, L. (2023). Analisis risiko dampak pembukaan lahan pada kegiatan pertambangan emas PT Meares Soputan Mining. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 7(1), 96. <https://doi.org/10.32522/ujht.v7i1.9905>
- Yunan, D., Xianliang, Q., & Xiaochen, W. (2018). Study on cation exchange capacity of agricultural soils. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 392(2), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/392/4/042039>

ISSN 0216-0439



s 770216 043979