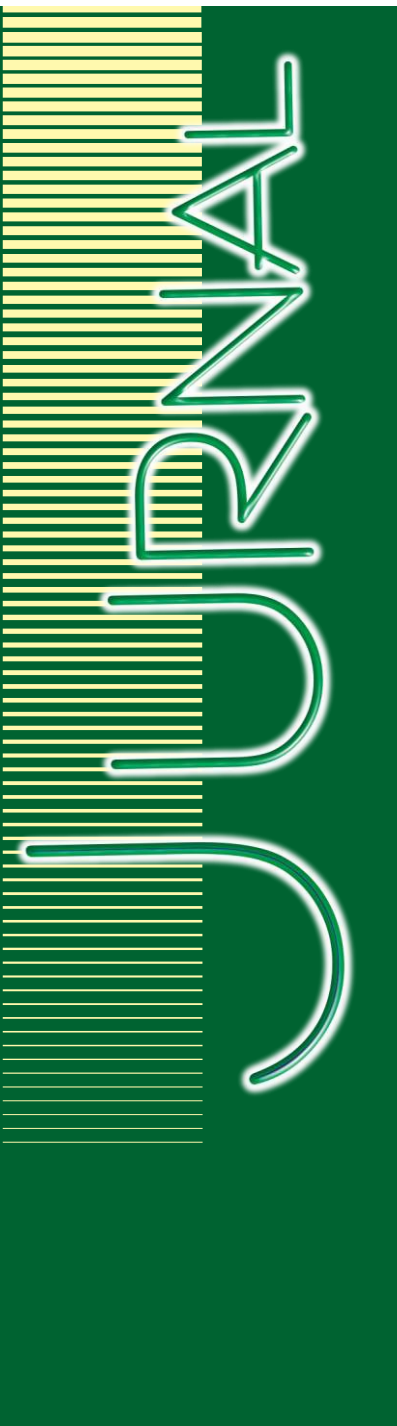




penelitian **HUTAN** tanaman

ISSN : 1829-6327
E-ISSN : 2442-8930

Vol. 22 No. 1, Juni 2025

103°30'0"E 104°0'0"E

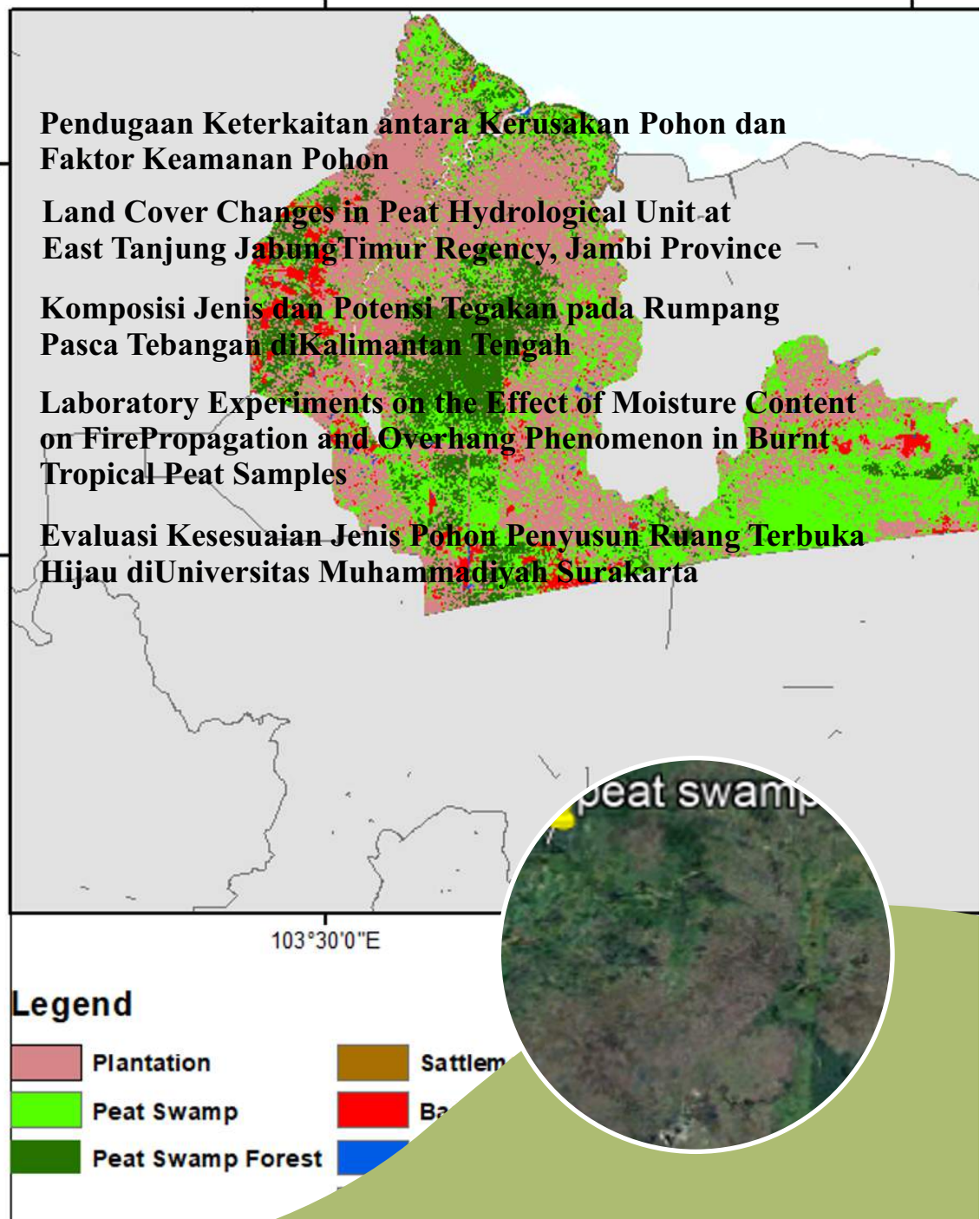
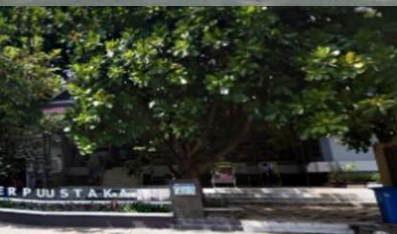
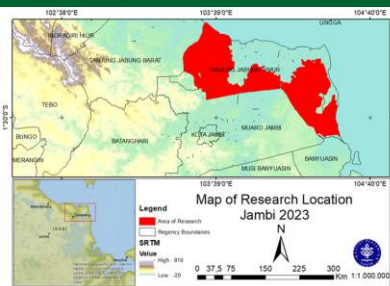
Pendugaan Keterkaitan antara Kerusakan Pohon dan Faktor Keamanan Pohon

Land Cover Changes in Peat Hydrological Unit-at East Tanjung Jabung Timur Regency, Jambi Province

Komposisi Jenis dan Potensi Tegakan pada Rumpang Pasca Tebangan di Kalimantan Tengah

Laboratory Experiments on the Effect of Moisture Content on Fire Propagation and Overhang Phenomenon in Burnt Tropical Peat Samples

Evaluasi Kesesuaian Jenis Pohon Penyusun Ruang Terbuka Hijau di Universitas Muhammadiyah Surakarta



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 TANAMAN

Vol. 22 No. 1, Juni 2025

DAFTAR ISI

1. **Pendugaan Keterkaitan antara Kerusakan Pohon dan Faktor Keamanan Pohon**
(Assessing Relationship between Tree Damage and Safety Factors of Trees)
Safira Nabawiah, Erianto Indra Putra, Elis Nina Herliyana dan/and Arief Noor Rachmadiyanto _____ **1-15**
2. **Land Cover Changes in Peat Hydrological Unit at East Tanjung Jabung Timur Regency, Jambi Province**
(Perubahan Penutupan Lahan di Kawasan Kesatuan Hidrologi Gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi)
Salsa Fauziyyah Adni, Erianto Indra Putra, dan/and Yudi Setiawan _____ **16-27**
3. **Komposisi Jenis dan Potensi Tegakan pada Rumpang Pasca Tebangan di Kalimantan Tengah**
(Species composition and standing potential in gaps of log-over area in Central Kalimantan)
Rosita Dewi, Prijanto Pamoengkas, Darwo, dan/and Ika Heriansyah _____ **28-46**
4. **Laboratory Experiments on the Effect of Moisture Content on Fire Propagation and Overhang Phenomenon in Burnt Tropical Peat Samples**
(Uji Laboratorium Pengaruh Kadar Air terhadap Penyebaran Api dan Fenomena Overhang pada Sampel Gambut Tropika Terbakar)
Erianto Indra Putra, Madda Dariah Sujati, dan/and Yulianto Sulistyo Nugroho _____ **47-58**
5. **Evaluasi Kesesuaian Jenis Pohon Penyusun Ruang Terbuka Hijau di Universitas Muhammadiyah Surakarta**
(Evaluation of the Suitability of Tree Species in the Green Open Space at Universitas Muhammadiyah Surakarta)
Aziz Akbar Mukasyaf dan/and Wilda Maulina _____ **59-76**

**Pendugaan Keterkaitan antara Kerusakan Pohon
dan Faktor Keamanan Pohon**
(*Assessing Relationship between Tree Damage and Safety Factors of Trees*)

**Safira Nabawiah¹, Erianto Indra Putra^{2*}, Elis Nina Herliyana³ dan/and
Arief Noor Rachmadiyanto⁴**

¹Program Studi Silvikultur Tropika, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Gedung Sekolah Pascasarjana IPB, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, safiranabawiahsafira@apps.ipb.ac.id

²Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Jl. Ulin Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, eriantopu@apps.ipb.ac.id

³Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Jl. Ulin Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, elishe@apps.ipb.ac.id

⁴Pusat Riset Botani Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Kawasan Sains dan Teknologi Ir. Soekarno, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong Bogor 16911, arie040@brin.go.

*E-mail : eriantopu@apps.ipb.ac.id

Tanggal diterima: 25 Maret 2025; Tanggal disetujui: 25 April 2025; Tanggal direvisi: 12 Mei 2025

Abstract

Trees play a vital role in maintaining ecosystem balance. Internal and external factors can damage trees, ultimately affecting their structural stability. The Bogor Botanical Garden (BBG), recognized as the oldest botanical garden in Southeast Asia, attracts many visitors daily. Tree damage caused by biotic and abiotic factors may increase the risk of hazards to visitors. Therefore, preventive measures to mitigate the risk of a fallen tree are essential. Therefore, analyzing the correlation between tree damage and safety factors is necessary to predict potential risks. Observations were conducted on trees within four clusters to determine the tree damage index, based on recorded data including location, type, and severity of damage, resulting in four categories of damage. Sixteen selected target trees were further analyzed to assess their safety factor values. The result indicated that the majority of trees were categorized as healthy. The correlation between the damage index and the safety factor was 0.6, suggesting a moderately strong relationship; however, additional influencing factors should be considered. This study recommends further research on crown density for each tree species and improvement of the Forest Health Monitoring (FHM) methodology used to estimate tree damage index values.

Keywords: *Monitoring, tree health, risk, tree stability*

Abstrak

Pohon memiliki peran penting dalam keseimbangan ekosistem. Faktor internal dan faktor eksternal dapat menyebabkan kerusakan pohon yang pada akhirnya akan mengganggu kestabilan pohon. Kebun Raya Bogor (KRB) merupakan kebun raya tertua di Asia Tenggara yang menarik banyak wisatawan setiap harinya. Kerusakan yang terjadi pada pohon akibat faktor biotik maupun abiotik dapat meningkatkan resiko ancaman pada pengunjung. Hal ini menyebabkan perlunya dilakukan tindakan pencegahan tumbangnya pohon, oleh karena itu perlu dilakukan analisis hubungan antara kerusakan dengan faktor keamanan pohon untuk memprediksi risiko yang dapat ditimbulkan. Pengamatan dilakukan pada pohon-pohon di empat klaster untuk menentukan nilai indeks kerusakan pohon dengan mencatat lokasi, jenis, dan tingkat keparahan kerusakan pohon yang menghasilkan empat kategori kerusakan. Enam belas pohon target digunakan untuk menganalisis nilai faktor keamanan. Hasil penelitian menunjukkan mayoritas pohon berada dalam kategori sehat. Korelasi antara nilai indeks kerusakan dengan *safety factor* menunjukkan nilai 0,6 yang berarti korelasi antara keduanya cukup kuat, namun masih ada faktor lain yang memengaruhi yang harus dipertimbangkan. Penelitian ini menyarankan agar dilakukan pengembangan penelitian kerapatan tajuk pada pohon-pohon yang lebih spesifik dan perbaikan metode *Forest Health Monitoring* yang digunakan untuk mengestimasi nilai indeks kerusakan pohon.

Kata kunci: Pemantauan, kesehatan pohon, risiko, stabilitas pohon

1. Pendahuluan

Pohon merupakan elemen penting dalam keseimbangan ekosistem karena pohon dapat mengendalikan iklim mikro. Sebagai naungan, pohon dapat mengurangi suhu udara sekitar. Hal ini secara tidak langsung juga akan mencegah pemanasan global dan perubahan iklim (Safarudin et al., 2023).

Kebun raya adalah satu dari banyak tempat dengan berbagai jenis pohon di dalamnya. Kebun raya berperan sebagai kawasan konservasi tumbuhan *ex situ* yang ditujukan untuk konservasi, penelitian, pendidikan, wisata, dan jasa lingkungan. Kebun Raya Bogor (KRB) merupakan kebun raya tertua di Asia Tenggara yang dibangun pada tahun 1817, menjadikan KRB berumur 208 tahun pada Tahun 2025.

Pada tahun 2017, pohon tertua di KRB, yaitu *Litchi chinensis* yang ditanam pada tahun 1823 tumbang karena faktor usia serta beberapa kerusakan pada bagian pohon. Kerusakan pohon dapat terjadi seiring dengan bertambahnya usia pohon, yang dapat diakibatkan faktor eksternal seperti serangan hama, penyakit atau makhluk hidup lain dan atau faktor lingkungan sekitar pohon seperti bencana alam, suhu, dan angin (Abimanyu et al., 2019). Pohon yang busuk/lapuk, cabang mati, retakan, dan akar busuk menyebabkan batang atau sebagian batang menjadi berlubang, sehingga mengurangi stabilitas pohon (Kane, 2023).

Penilaian pohon dengan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) melihat kesehatan ekosistem hutan sebagai bagian dari keberlanjutan, metode ini mengukur indikator-indikator yang berkaitan dengan ekosistem yang sehat, keragaman struktur tegakan, ketahanan terhadap perubahan yang disebabkan oleh bencana, dan kemampuan untuk pulih kembali. Metode FHM menghasilkan keputusan yang komprehensif karena menggunakan indikator-indikator ekologis yang saling

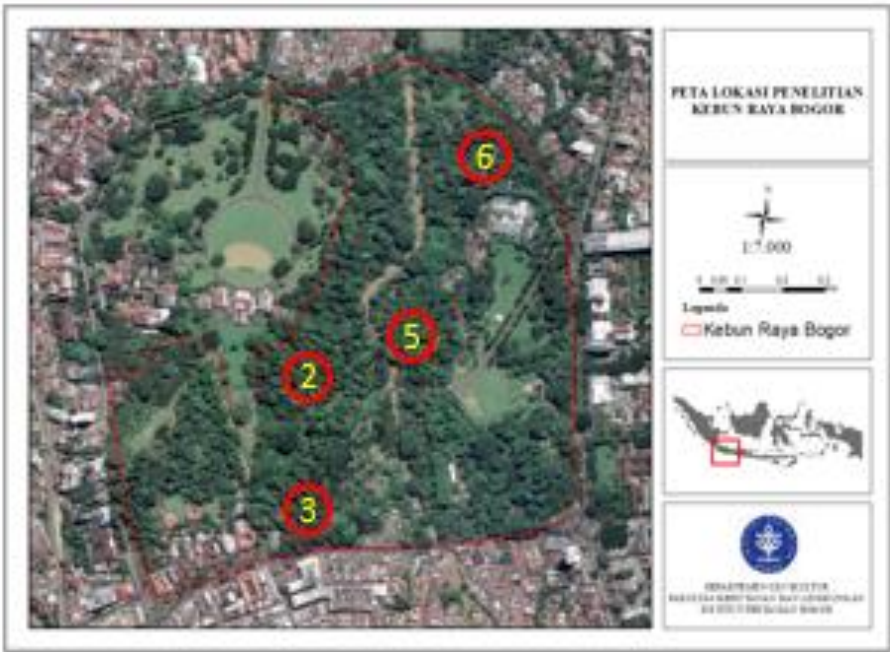
memengaruhi satu sama lain (Putri et al., 2016). Terdapat empat indikator yang sesuai untuk hutan tropis Indonesia, yaitu produksi, biodiversitas, kualitas tapak, serta vitalitas yang dibagi menjadi dua yaitu kualitas tajuk dan kerusakan pohon (Supriyanto & Iskandar, 2018).

Biomekanika pohon merupakan salah satu pendekatan untuk menghitung faktor keamanan pohon (*safety factor*, *Sf*). Salah satu metode yang digunakan untuk menilai stabilitas pohon adalah menganalisis *Sf*, yang menggambarkan tingkat keamanan pohon dalam menghadapi beban tertentu. Hasil analisis biomekanika pohon, diharapkan dapat memprediksi risiko yang dapat disebabkan oleh sebuah pohon (Rachmadiyanto, 2024). Pada penelitian yang dilakukan Rachmadiyanto (2024), pohon berukuran besar dan tua yang ada di KRB berada pada kategori sehat dengan kerusakan ringan. Analisis biomekanika yang dilakukan menghasilkan kesimpulan bahwa pohon tersebut memiliki stabilitas yang tinggi terhadap faktor eksternal. Oleh karena itu, analisis mengenai hubungan antara tingkat kerusakan pohon dengan "*safety factor*" penting untuk mengidentifikasi lebih lanjut apakah pohon yang memiliki kerusakan juga memiliki stabilitas yang rendah.

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada klaster 2, 3, 5, dan 6 di Kebun Raya Bogor (KRB), Bogor, Jawa Barat. Ke empat klaster dibangun berdasarkan famili pohon yang dominan didalamnya. Klaster 2 didominasi oleh famili *Dilleniaceae*, *Sapotaceae*, *Apocynaceae*, *Magnoliaceae*, dan *Rubiaceae*; klaster 3 didominasi oleh famili *Fabaceae*; klaster 5 terdiri dari berbagai macam famili dan merupakan tempat koleksi liana; dan klaster 6 didominasi oleh famili *Rutaceae*.



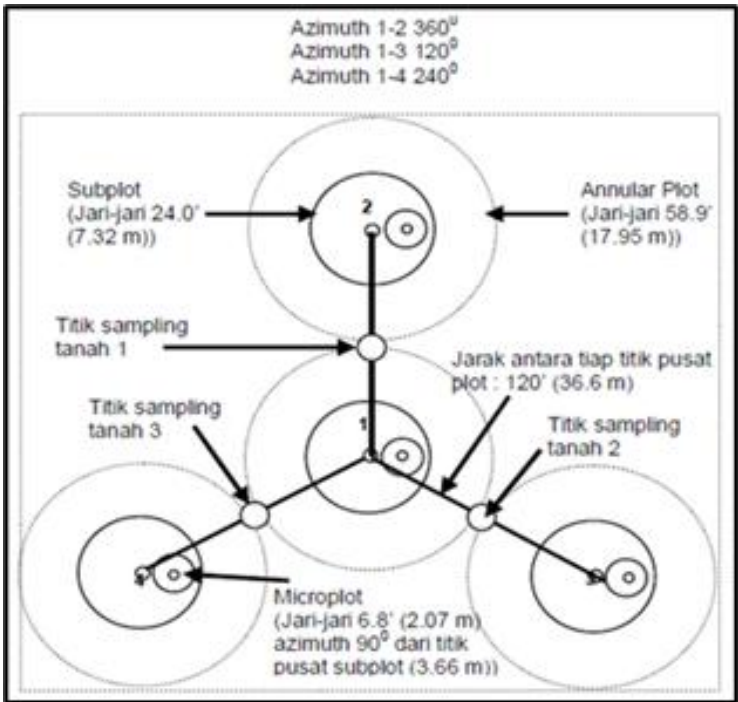
Gambar (Fig.) 1. Peta Kebun Raya Bogor dan letak kluster (*Map of Bogor Botanical Garden and the position of the clusters*)

2.2. Metode

2.2.1. Pengambilan data kerusakan pohon dengan metode Forest Health Monitoring

Kluster plot Forest Health Monitoring (FHM) terdiri dari 4 annular

plot berbentuk lingkaran berjari-jari 17,95 m yang didalamnya terdapat sub plot berjari-jari 7,32 m (Gambar 2). Pada subplot, data yang diambil adalah pada tingkat tiang dan pohon sementara pada annular plot hanya pada tingkat pohon.



Gambar (Fig.) 2. Desain kluster plot FHM (*FHM cluster-plot design*)

Data yang digunakan untuk mengetahui indikator kerusakan pohon

adalah lokasi. Lokasi yaitu menunjukkan bagian dari pohon yang mengalami

kerusakan, jenis kerusakan, dan kelas keparahan. Pengamatan lokasi pohon dilakukan pada seluruh sisi dengan kode 1-9 (Tabel 1). Jenis kerusakan disesuaikan dengan kode yang berada pada Tabel 2. Kelas keparahan kerusakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel (Table) 1. Kode lokasi kerusakan yang menunjukkan bagian dari pohon yang mengalami kerusakan (Damage location code indicating the part of the tree that was damaged)

Kode (Code)	Deskripsi (Description)
0	Tidak ada kerusakan (No damage)
1	Akar terbuka dan “stump” (12 inch (30 cm) di atas permukaan tanah) (Exposed roots and "stump" (12 inches (30 cm) above ground level))
2	Kerusakan pada akar dan antara akar dan batang bagian bawah (Damage to roots and the area between the roots and the lower trunk)
3	Kerusakan pada batang bagian bawah (di bawah pertengahan antara “stump” dan dasar tajuk (Damage to the lower trunk (below the midpoint between the "stump" and the base of the canopy))
4	Kerusakan pada batang bagian bawah yang terdapat pula pada batang bagian atas (Damage to the lower trunk that also affects the upper trunk)
5	Kerusakan pada batang bagian atas (di atas pertengahan antara “stump” dan dasar tajuk) (Damage to the upper trunk (above the midpoint between the "stump" and the base of the canopy))
6	Kerusakan pada dahan utama yang terdapat pada bagian tajuk, di atas dasar tajuk (Damage to primary branches located in the canopy, above the canopy base)
7	Kerusakan pada ranting (dahan-dahan kecil dan dahan lain selain dahan utama) (Damage to twigs (small branches and other branches except for primary branches))
8	Kerusakan pada daun muda dan pucuk daun (Damage to young leaves and leaf tips)
9	Kerusakan pada tajuk (Damage to the canopy)

Sumber (source): Mangold (1997)

Tabel (Table) 2. Kode jenis kerusakan dan nilai ambang keparahan (Damage type codes and severity threshold)

Kode (Code)	Definisi (Definition)	Nilai ambang keparahan (Severity threshold value) (10% - 99%)
1	Kanker, gol (Cancer, gall)	≥ 20% dari titik pengamatan (≥ 20% from the observation point)
2	Konk, tubuh buah (badan buah), dan indikator lain tentang lapuk lanjut (Conk, fruiting body (fruit body), and other indicators of advanced decay)	Tidak ada, kecuali ≥ 20% pada akar > 3 feet (0.91 m) dari batang (None, unless ≥ 20% on roots > 3 feet (0.91 m) from the trunk)
3	Luka terbuka (Open Wound)	≥ 20% dari titik pengamatan (≥ 20% from the observation point)
4	Resinosis/gummosis (Resinosis/gummosis)	≥ 20% dari titik pengamatan (≥ 20% from the observation point)
5	Batang pecah, retak, dan terkelupas (Cracked, broken, and peeling bark)	Tidak ada (None)

Tabel (Table) 2. Lanjutan (Continued)

Kode (Code)	Definisi (Definition)	Nilai ambang keparahan (Severity threshold value) (10% - 99%)
6	Sarang Rayap (<i>Termite nests</i>)	≥ 20% dari titik pengamatan (≥ <i>20% from the observation point</i>)
7	Liana pada batang (<i>Liana on trunk</i>)	≥ 20% dari titik pengamatan (≥ <i>20% from the observation point</i>)
11	Batang atau akar patah kurang dari 3 feet (0.91 m) dari batang (<i>Broken trunk or root less than 3 feet (0.91 m) from the trunk</i>)	Tidak ada (<i>None</i>)
12	Brum pada akar atau batang (<i>Brooming on roots or trunk</i>)	Tidak ada (<i>None</i>)
13	Akar patah atau mati > 3 feet (0.91 m) dari batang (<i>Broken or dead roots > 3 feet (0.91 m) from the trunk</i>)	≥ 20% pada akar (≥ <i>20% on the roots</i>)
20	Liana pada tajuk (<i>Liana in the canopy</i>)	≥ 20% dari tajuk terpengaruh (≥ <i>20% of the canopy affected</i>)
21	Hilangnya ujung dominan, mati ujung (<i>Loss of apical dominance, dieback</i>)	≥ 1% pada dahan pada tajuk (≥ <i>1% on branches in the canopy</i>)
22	Cabang patah atau mati (<i>Broken or dead branches</i>)	≥ 20% pada ranting atau pucuk (≥ <i>20% on twigs or tips</i>)
23	Percabangan atau brum yang berlebihan (<i>Excessive branching or brooming</i>)	≥ 20% pada ranting atau pucuk (≥ <i>20% on twigs or tips</i>)
24	Daun, kuncup atau tunas rusak (<i>Damaged leaves, buds, or shoots</i>)	≥ 30% dedaunan penutupan tajuk (≥ <i>30% of canopy leaf coverage</i>)
25	Daun berubah warna (tidak hijau) (<i>Leaves changing color (non-green)</i>)	≥ 30% dedaunan penutupan tajuk (≥ <i>30% of canopy leaf coverage</i>)
31	Lain-lain (<i>Other</i>)	-

Sumber (source): Rachmadiyanto (2024)

Tabel (Table) 3. Kode kelas keparahan kerusakan (Severity class codes)

Kode (Code)	Kelas keparahan (Severity class) (%)
0	01 – 09
1	10 – 19
2	20 – 29
3	30 – 39
4	40 – 49
5	50 – 59
6	60 – 69
7	70 – 79
8	80 – 89
9	90 – 99

Sumber (source): Mangold (1997)

Nilai indeks kerusakan pohon (NIK) dihitung dengan menggunakan bobot dari setiap kode lokasi (Tabel 1), kode jenis dan nilai ambang keparahan (Tabel 2) kerusakan (Tabel 2), dan kode keparahan (Tabel 3).

Perhitungan NIK menggunakan

rumus berikut:

NIK = lokasi kerusakan x tipe jenis sesuai dengan nilai ambang keparahan x kelas keparahan

Pada setiap individu pohon yang diamati, diambil tiga kerusakan terparah, sehingga diperoleh tiga NIK, yaitu NIK1

(Nilai Indeks Kerusakan pertama), NIK2 (Nilai Indeks Kerusakan kedua), dan NIK3 (Nilai Indeks Kerusakan ketiga).

Ketiga kerusakan tersebut dijumlahkan untuk menghasilkan *Tree Level Index* (TLI) sebagai berikut:

$TLI (Tree Level Index) = NIK1 + NIK2 +$

NIK3
Kelas kerusakan pohon kemudian dibagi menjadi empat kelas, yaitu kelas sehat (< 5), kelas kerusakan ringan (5-9,99), kelas kerusakan sedang (10-14,99), dan kelas kerusakan berat (≥ 15) (Rachmadiyanto et al., 2021).

Tabel (Table) 4. Nilai pembobotan untuk setiap kode lokasi, kerusakan, dan tingkat keparahan (*Weighting value for location, damage type and severity codes*)

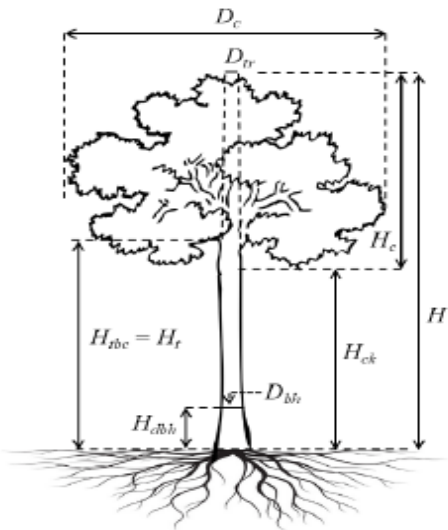
Kode lokasi (Location codes)	Nilai (Value)	Kode kerusakan (Damage type codes)	Nilai (Value)	Kode keparahan (Severity codes)	Nilai (Value)
0	0	11	2,0	1	1,1
1, 2	2,0	1	1,9	2	1,2
3, 4	1,8	2, 6	1,7	3	1,3
5	1,6	12	1,6	4	1,4
6	1,2	3, 4, 5, 13	1,5	5	1,5
7, 8, 9	1,0	7, 20, 21	1,3	6	1,6
		22, 23, 24, 25, 31	1,0	7	1,7
-	-	-	-	8	1,8
-	-	-	-	9	1,9

Sumber (source): Rachmadiyanto et al. (2021)

2.2.2. Faktor keamanan (Safety factor, Sf)

Pohon sasaran dipilih berdasarkan kategori indeks kerusakan pohon dari setiap klaster. Masing-masing kategori diambil sejumlah 1 individu pohon, sehingga dari setiap klaster didapatkan 4 pohon. Total seluruh pohon sasaran adalah 16 pohon.

Visualisasi dari parameter-parameter yang diamati disajikan pada Gambar 3. Dendrometri pohon dianalisis dengan menggunakan diameter setinggi dada (D_{bh}) (m), diameter ujung (D_{tr}) (cm), tinggi total pohon (H) (m), tinggi tajuk terendah (H_{ck}) (m), diameter tajuk terpanjang (d_1) (m), diameter tajuk terpendek (d_2) (m) (Rachmadiyanto, 2024).



Gambar (Fig.) 3. Sketsa morfometri pohon (Sketch of tree morphometry)

Kerapatan kayu pada pohon berdiri didapatkan melalui pengujian menggunakan sampel kecil kayu yang diambil menggunakan *hollow punch*. Kerapatan kayu (gram/liter) dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\rho = \frac{Ba}{V} \times 1.000 \quad (1)$$

Sampel ditimbang untuk memperoleh berat awal (Ba). Volume diperoleh dengan mencelupkan sampel ke dalam gelas ukur menggunakan jarum *archimedes*. Volume air sesudah dan sebelum sampel dicelupkan dicatat dan selisihnya disebut dengan volume sampel (V) (Aini et al., 2024).

Untuk mengukur modulus elastisitas (E) dilakukan pengujian non-destruktif berbasis gelombang bunyi menggunakan alat *FAKOPP Microsecond Timer* (Kadir, 2022). Alat ini menggunakan dua *tranduser* yang ditancapkan ke batang kayu. *Tranduser*

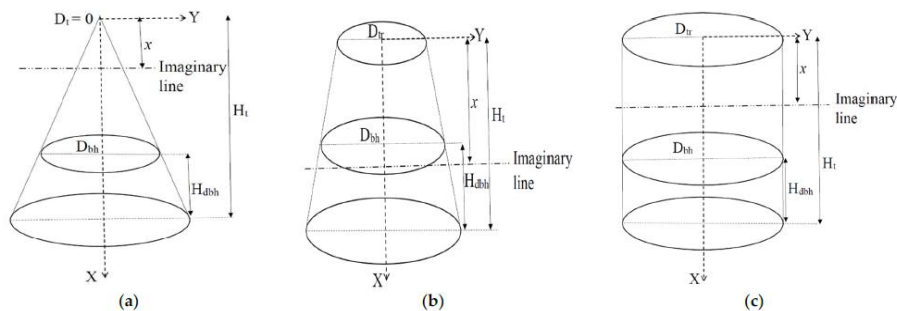
satu berjarak 80 cm di atas permukaan tanah, *tranduser* dua berjarak 1 m (s). Dilakukan 10 kali pengulangan, data yang diperoleh berupa waktu rambatan gelombang bunyi (t) yang kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan gelombang bunyi (S_{wvT}) yang dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$S_{wvT} = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Diperolehnya kecepatan gelombang bunyi (S_{wvT}), dapat dihasilkan static modulus of elasticity (E_s) dengan Persamaan 3.

$$E_s = 0,004S_{wvT} - 6,127 \quad (3)$$

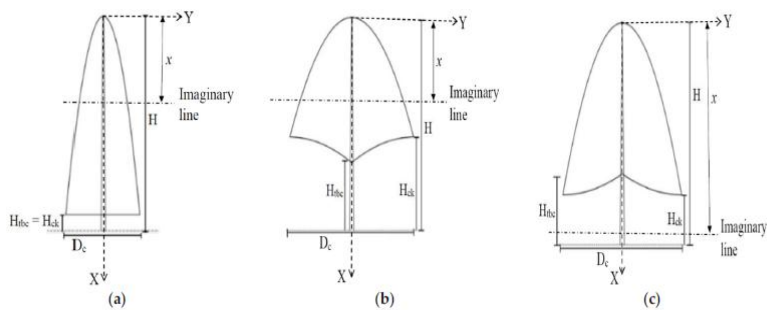
Menurut Kadir (2022), volume batang dapat ditentukan dengan melihat tiga bentuk geometri, yaitu kerucut ($D_{tr} = 0$), kerucut terpancung ($0 < D_{tr} < D_{bh}$), dan silinder ($D_{tr} \geq D_{bh}$) (Gambar 4).



Gambar (Fig.) 4. Bentuk geometri batang pohon: (a) kerucut, (b) kerucut terpancung, (c) silinder (*Geometric shapes of tree trunks: (a) cone, (b) truncated cone, (c) cylinder*)

Penentuan volume tajuk ditentukan berdasarkan bentuk geometri pohon, yaitu model *decurent* dan model *excurrent*. Model *excurrent* adalah ketika $H_{tbc} = H_{ck}$. Bentuk geometri *deccurent* digunakan model paraboloid duo di

mana $H_{tbc} \neq H_{ck}$ (Karlinasari et al., 2023). Model paraboloid duo dibagi menjadi dua yaitu tipe I ($H_{tbc} \leq H_{ck}$) dan tipe II ($H_{tbc} > H_{ck}$) (Gambar 5).



Gambar (Fig.) 5. Bentuk geometri tajuk: (a) *paraboloid* untuk *excurrent*, (b) *paraboloid duo tipe I*, (c) *Paraboloid duo tipe II* (Crown geometry shape: (a) *paraboloid for excurrent*, (b) *paraboloid duo type I* (c) *Paraboloid duo type II*)

Untuk menentukan keseluruhan berat yang harus ditopang oleh sebuah pohon dapat menggunakan Persamaan 4 untuk berat batang dan Persamaan 5 untuk berat tajuk. Konstanta gravitasi yang digunakan adalah 9,806 m/detik².

$$P_{bx} = \rho_b \, g \, V_{bx} \quad (4)$$

$$P_{cx} = \rho_c \, g \, V_{cx} \quad (5)$$

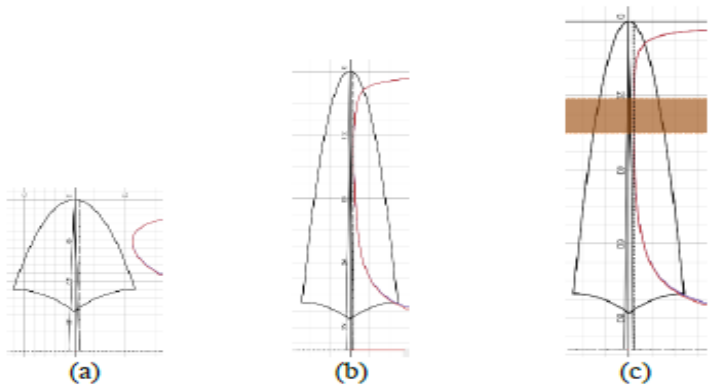
Menurut Burger (1939), untuk penentuan berat tajuk digunakan kerapatan tajuk sebesar 1,9 kg/m³ yang diperoleh dari nilai rata-rata tajuk pohon cemara. Dalam penelitian ini nilai tersebut digunakan untuk semua pohon sasaran.

Data yang telah di ambil di lapangan maupun melalui perhitungan, dianalisis menggunakan *Desmos Graphic Calculator*

(<https://www.desmos.com/calculator/othn9q0gke>). Analisis tersebut menghasilkan angka tinggi tekuk kritis (H_{cr}) yang ditentukan menggunakan metode tekuk Euler ($K(x)$) dan Ylinen ($M(x)$) dengan dua kurva (Gambar 6). Perbandingan antara tinggi tekuk kritis (H_{cr}) dengan tinggi pohon sesungguhnya (H) menghasilkan faktor keselamatan (S_f) yang dapat dilihat pada persamaan 6.

$$S_f = \frac{H_{cr}}{H} \quad (6)$$

Faktor keamanan kemudian dikategorikan menjadi tidak aman ($S_f < 1,00$), aman ($1,00 < S_f < 1,645$), dan sangat aman ($1,645 < S_f$) (Karlinasari et al., 2023).



Sumber: Rachmadiyanto (2024)

Gambar (Fig.) 6. Penentuan tinggi tekuk kritis menggunakan *Desmos Graphic Calculator*: (a) ketika pohon memiliki $S_f > 1$, (b) ketika pohon memiliki $S_f = 1$, dan (c) ketika pohon memiliki $S_f < 1$ (*Determination of critical buckling height using Desmos Graphic Calculator: (a) when the tree has $S_f > 1$, (b) when the tree has $S_f = 1$, and (c) when the tree has $S_f < 1$*)

2.2.3. Analisis data

Uji korelasi *Pearson* dilakukan untuk menentukan hubungan antara nilai indeks kerusakan pohon yang dihasilkan

dari metode FHM dan nilai safety factor. Rentang nilai korelasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel (Table) 5. Tingkat korelasi (*Correlation level*)

Interval koefisien (<i>Correlation interval</i>)	Korelasi (<i>Correlation</i>)
0,00 – 0,20	Sangat lemah (<i>Very weak</i>)
0,21 – 0,40	Lemah (<i>Weak</i>)
0,41 – 0,70	Sedang (<i>Moderate</i>)
0,71 – 0,90	Kuat (<i>Strong</i>)
0,91 – 0,99	Sangat kuat (<i>Very strong</i>)
1	Sempurna (<i>Perfect</i>)

Sumber (Source): Nugroho (2005)

Korelasi *Pearson* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Keterangan:

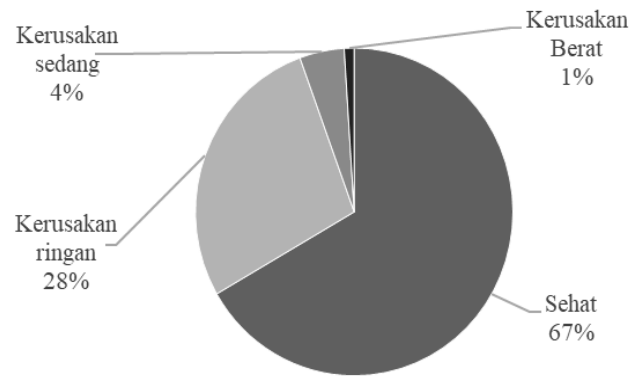
- r_{xy} : Korelasi antara x dan y
- n : Banyaknya sampel
- x_i : Nilai x ke-i
- y_i : Nilai y ke-i

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Pemantauan kesehatan pohon dilakukan pada empat klaster dengan 198 individu pohon, Gambar 7 menunjukkan

persentase masing-masing kategori kerusakan pohon: kategori sehat sebanyak 132 pohon, rusak ringan (55 pohon), rusak sedang (9 pohon), dan rusak berat (2 pohon).



Gambar (Fig.) 7. Persentase dari kategori nilai indeks kerusakan pohon (*Percentage of tree damage index categories*)

Selanjutnya adalah mengukur dan menghitung *Safety Factor* (*Sf*) dari pohon sasaran, untuk melihat hubungan keduanya. Pohon sasaran yang digunakan tidak semua pohon yang ada di klaster, pemilihan pohon dilakukan dengan *sampling*, sebanyak 1 pohon dari setiap

kategori NIK pada setiap klaster, didapatkan 16 pohon sasaran. Pada kenyataannya, klaster 2 dan 6 tidak memiliki kategori pohon dengan kerusakan berat, sehingga pohon contoh dengan kategori tersebut dicari dari lokasi yang berdekatan dengan lokasi klaster.

Tabel (Table) 6. *Safety factor* pada pohon sasaran (*Safety factor of the target trees*)

No. pohon (<i>Tree number</i>)	Nama pohon (<i>Tree name</i>)	Sf	Kategori (<i>Category</i>)
2.2.22	<i>Dillenia ovata</i>	1,16031	Aman (<i>Safe</i>)
2.3.35	<i>Michelia champaca</i>	2,78302	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
2.2.13	<i>Dillenia sp.</i>	1,41176	Aman (<i>Safe</i>)
2.4.45	<i>Magnolia pterocarpa</i>	4,06742	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
3.1.6	<i>Dendrolobium umbellatum</i>	0,68639	Tidak aman (<i>Unsafe</i>)
3.1.4	<i>Dalbergia sp.</i>	1,71318	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
3.3.22	<i>Bauhinia purpurea</i>	0,4591	Tidak aman (<i>Unsafe</i>)
3.1.1	<i>Samanea saman</i>	4,25269	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
5.2.22	<i>Myristica guatteria</i>	7,56034	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
5.1.5	<i>Canarium indicum</i>	2,58824	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
3.3.33	<i>Canarium indicum</i>	2,33456	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
3.3.39	<i>Firmiana malayana</i>	1,79121	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
6.1.10	<i>Diospyros sp.</i>	2,25714	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
6.1.11	<i>Garcinia xanthochymus</i>	1,74227	Sangat aman (<i>Very safe</i>)
6.1.3	<i>Diospyros macrophylla</i>	1,18431	Aman (<i>Safe</i>)
6.4.57	<i>Intsia sp.</i>	2,75916	Sangat aman (<i>Very safe</i>)

Pada Tabel 6 dapat dilihat hasil perhitungan *Sf* dari pohon sasaran. Terdapat 11 pohon dengan kategori sangat aman, 3 pohon dengan kategori aman, dan 2 pohon dengan kategori tidak aman.

Tabel (Table) 7. Korelasi antara Indeks Kerusakan Pohon dengan nilai *safety factor* (*Correltion between Tree Damage Index and safety factor value*)

Nomor pohon (<i>Tree number</i>)	Jenis (<i>Species</i>)	Sf	Kategori (<i>Category</i>)	NIK	Status kesehatan (<i>Health status</i>)
2.2.22	<i>Dillenia ovata</i>	1,16031	Aman (<i>Safe</i>)	7,2840	Ringan (<i>Light</i>)
2.3.35	<i>Michelia champaca</i>	2,78302	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	11,670	Sedang (<i>Moderate</i>)
2.2.13	<i>Dillenia sp.</i>	1,41176	Aman (<i>Safe</i>)	2,808	Sehat (<i>Health</i>)
2.4.45	<i>Magnolia pterocarpa</i>	4,06742	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	15,900	Berat (<i>Severe</i>)
3.1.6	<i>Dendrolobium umbellatum</i>	0,68639	Tidak aman (<i>Unsafe</i>)	6,8520	Ringan (<i>Light</i>)
3.1.4	<i>Dalbergia sp.</i>	1,71318	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	15,000	Berat (<i>Severe</i>)
3.3.22	<i>Bauhinia purpurea</i>	0,45910	Tidak aman (<i>Unsafe</i>)	1,5000	Sehat (<i>Health</i>)
3.1.1	<i>Samanea saman</i>	4,25269	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	10,510	Sedang (<i>Moderate</i>)
5.2.22	<i>Myristica guatteria</i>	7,56034	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	16,120	Sedang (<i>Moderate</i>)
5.1.5	<i>Canarium indicum</i>	2,58824	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	10,088	Berat (<i>Severe</i>)
5.3.33	<i>Canarium indicum</i>	2,33456	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	4,9400	Sehat (<i>Health</i>)
5.3.39	<i>Firmiana malayana</i>	1,79121	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	6,3440	Ringan (<i>Light</i>)
6.1.10	<i>Diospyros sp.</i>	2,25714	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	0,0000	Sehat (<i>Health</i>)
6.1.11	<i>Garcinia xanthochymus</i>	1,74227	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	11,860	Sedang (<i>Moderate</i>)
6.1.3	<i>Diospyros macrophylla</i>	1,18431	Aman (<i>Safe</i>)	7,3080	Ringan (<i>Light</i>)
6.4.57	<i>Intsia sp.</i>	2,75916	Sangat aman (<i>Very safe</i>)	15,000	Berat (<i>Severe</i>)

Keterangan (Note): NIK = Nilai Indeks Kerusakan (*Tree Damage Index*)

Jika melihat pada Tabel 7, dari semua pohon yang memiliki NIK dengan kategori sehat, terdapat nilai *Sf* dengan kategori tidak aman. Pada nilai NIK dengan kategori kerusakan berat, semua pohon justru memiliki nilai *Sf* dengan kategori sangat aman

3.2. Pembahasan

3.2.1. Pemantauan kesehatan pohon

Hutan merupakan ekosistem kompleks dengan komponen-komponen yang saling terkait dan sulit dikelola (Herianto, 2017). Kesehatan ekosistem hutan tercermin dari fungsi dan ketahanan biologisnya. Studi di Kebun Raya Bogor (KRB) pada tahun 2022 menunjukkan bahwa dari 11.656 koleksi tumbuhan hidup, 66% merupakan jenis endemik (Rachmadiyanto et al., 2024). Kerusakan pada satu koleksi dapat dengan cepat menyebar ke koleksi lainnya.

Analisis kesehatan pohon pada 198 pohon di empat klaster menunjukkan bahwa sebagian besar pohon dalam kondisi sehat (132 pohon), diikuti oleh rusak ringan (55 pohon), rusak sedang (9 pohon), dan rusak berat (2 pohon). Pohon sehat didefinisikan sebagai pohon yang mampu menyesuaikan diri dengan gangguan, sementara pohon rusak (ringan, sedang, berat) tidak mampu beradaptasi (Nanlohy & Saeni, 2022).

Kesehatan pohon merupakan indikator kesehatan hutan secara keseluruhan. Upaya pengendalian kerusakan penting untuk menjaga fungsi hutan (Safe'i et al., 2020). Kerusakan pohon yang berkelanjutan dapat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pohon, yang pada akhirnya berdampak pada kesehatan hutan (Indriani et al., 2020).

Faktor biotik dan abiotik dapat memengaruhi kesehatan pohon. Faktor biotik adalah faktor-faktor yang disebabkan oleh makhluk hidup yang memengaruhi kesehatan pohon. Faktor-faktor ini meliputi:

- a. Hama. Hama adalah organisme (biasanya serangga) yang memakan atau merusak bagian pohon seperti daun, batang, akar, atau buah. Serangan hama dapat melemahkan pohon, membuatnya rentan terhadap

penyakit, dan mengurangi pertumbuhan. Seperti kumbang penggerek kulit kayu, ulat, kutu daun, dan rayap (Nguyen et al., 2021; Andi & Wijayanto, 2018)

- b. Penyakit. Penyakit pohon disebabkan oleh patogen seperti jamur, bakteri, virus, atau nematoda. Patogen ini dapat menyerang berbagai bagian pohon, menyebabkan gejala seperti bercak daun, busuk akar, kanker batang, atau layu. Penyakit dapat menghambat pertumbuhan pohon, mengurangi produksi buah, dan bahkan menyebabkan kematian pohon. Seperti penyakit karat puru, penyakit busuk akar, dan penyakit layu fusarium (Abimanyu et al., 2019, Pertiwi et al., 2019).
- c. Organisme lain. Selain hama dan penyakit, organisme lain seperti tumbuhan parasit (misalnya benalu) atau hewan pengerat (tikus atau tupai) juga dapat memengaruhi kesehatan pohon (Hasanbahri et al., 2024). Tumbuhan parasit dapat mengambil nutrisi dari pohon inang, sementara hewan pengerat dapat merusak kulit kayu atau akar pohon.

Faktor abiotik adalah faktor-faktor non-hidup yang memengaruhi kesehatan pohon. Faktor-faktor ini meliputi:

- a. Bencana alam. Bencana alam seperti badai, banjir, kekeringan, kebakaran hutan, atau tanah longsor dapat menyebabkan kerusakan fisik pada pohon, seperti patah cabang, tumbang, atau erosi tanah (Stoffel et al., 2010; Purwidiyanti et al., 2023).
- b. Suhu. Suhu tinggi dapat menyebabkan stres panas pada pohon, sementara suhu rendah dapat menyebabkan kerusakan akibat pembekuan (Hasanuzzaman et al., 2013; Purwidiyanti et al., 2023). Perubahan suhu yang drastis juga dapat mempengaruhi kemampuan pohon untuk beradaptasi.
- c. Angin. Angin kencang dapat menyebabkan kerusakan fisik pada pohon, seperti patah cabang atau tumbang (Stoffel et al., 2010; Purwidiyanti et al., 2023). Angin juga dapat menyebabkan dehidrasi pada

- pohon dengan meningkatkan laju transpirasi.
- d. Kualitas tanah. Kualitas tanah yang buruk, seperti kekurangan nutrisi, drainase yang buruk, atau pH yang tidak sesuai, dapat mempengaruhi kesehatan pohon (Febriana et al., 2024). Tanah yang kekurangan nutrisi dapat menghambat pertumbuhan pohon, sementara tanah yang terlalu asam atau terlalu basa dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi pohon.
 - e. Polusi. Polusi udara dan air dapat mempengaruhi kesehatan pohon (Anand et al., 2022). Polusi udara dapat merusak jaringan daun pohon, sementara polusi air dapat mencemari tanah dan mempengaruhi ketersediaan air bagi pohon.

Interaksi antara faktor biotik dan abiotik dapat memperburuk dampak negatif pada kesehatan pohon. Misalnya, pohon yang melemah akibat kekeringan akan lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Oleh karena itu, pengelolaan kesehatan pohon yang efektif harus mempertimbangkan baik faktor biotik maupun abiotik.

3.2.2. Hubungan kesehatan pohon dengan *safety factor*

Biomekanika merupakan ilmu yang mempelajari pohon sebagai obyek biologis dengan teknik mekanik dan fisik dalam upaya mengetahui sifat struktur pohon dan interaksinya dengan lingkungan. Stabilitas pohon dipengaruhi oleh karakteristik fisik pohon (ukuran, bentuk, struktur, warna), sehingga menentukan juga risiko tumbang atau patah (Rachmadiyanto, 2024).

Tinggi tekuk kritis dapat disebut juga tinggi maksimum yang dapat dicapai oleh pohon sebelum bebannya menyebabkan terjadinya tekuk. Menurut (Aini et al., 2024), terdapat beberapa beban yang bekerja pada pohon yaitu beban mati (D) berupa massa tajuk dan batang; beban hidup (L), orang yang memanjat serta segala sesuatu yang menggantung pada pohon; dan beban angin (W).

Hasil bagi dari tinggi tekuk kritis dengan tinggi pohon menghasilkan nilai

dari Sf. Beban mati akan terus bekerja selama pohon masih berdiri tegak dan beban hidup akan bekerja ketika ada orang yang memanjat atau menggantungkan benda di pohon. Tegangan tekan dapat dihasilkan dari kedua beban tersebut dan berpotensi menjadi tekuk (Aini et al., 2024). Pada Tabel 6 dapat dilihat hasil perhitungan Sf dari pohon sasaran. Terdapat 11 pohon dengan kategori sangat aman, 3 pohon dengan kategori aman, dan 2 pohon dengan kategori tidak aman.

Hasil analisis korelasi Pearson mengenai hubungan antara NIK dan Sf adalah 0,5975. Jika melihat pada Tabel 7, dari semua pohon yang memiliki NIK dengan kategori sehat, terdapat nilai Sf dengan kategori tidak aman. Pada nilai NIK dengan kategori kerusakan berat, semua pohon justru memiliki nilai Sf dengan kategori sangat aman. Nilai korelasi yang berada pada keeratan yang sedang menunjukkan bahwa tidak semua pohon yang sehat akan dinilai sangat aman, serta tidak semua pohon yang memiliki kerusakan berat akan dinilai tidak aman atau berbahaya.

Pada perhitungan Sf terdapat banyak faktor yang memengaruhi hasil, dengan faktor utamanya adalah keadaan bagian-bagian pohon seperti akar, batang, dan tajuk. Pada penelitian ini beban hidup dan beban angin tidak diukur karena hanya melihat pengaruh dari beban pohon itu sendiri. Menurut Kane (2023), cacat pada pohon meliputi pembusukan/pelapukan, cabang mati, weak union, retakan serta kerusakan akar. Akibat pembusukan yang disebabkan mikroorganisme mencerna komponen kayu, batang atau sebagian batang menjadi berlubang. Cacat pada pohon tersebut dapat mengurangi kapasitas pohon dalam menahan beban.

Penelitian lain yang menyebutkan bahwa kerusakan dapat mengubah struktur pohon adalah (Erwin et al., 2002), kanker dapat mengakibatkan bentuk batang menjadi tidak silindris, pada ketinggian tertentu tepatnya pada bagian yang terkena kanker diameter pohon akan lebih besar karena pembentukan kallus. Konk atau tubuh buah jamur yang menyerang pohon akan menyebabkan adanya perubahan warna dan pengerasan pada permukaan pohon, lalu terjadi

perubahan struktur dan penampakan pohon (Prabawati, 2017). Kerusakan cabang patah/mati mengakibatkan kondisi tajuk rendah, pertumbuhan menurun, hilangnya biomassa, hingga kematian. Hilangnya ujung dominan dan mati ujung dapat menyebabkan kematian pada bagian pucuk pohon, perubahan warna, dan pada pucuk terjadi kegundulan.

Hasil korelasi Pearson dengan keeratan yang sedang, belum seluruhnya sesuai dengan literatur yang ada. Pada perhitungan *Sf*, morfologi pohon diukur satu persatu dengan teliti, namun pada nilai kerapatan tajuk masih mengacu pada satu literatur yaitu Burger (1939), kerapatan tajuk sebesar 1,9 kg/m³ yang diperoleh dari nilai rata-rata tajuk pohon cemara. Nilai kerapatan tajuk ini dipakai untuk seluruh jenis pohon pada perhitungan, diduga hal ini dapat memengaruhi perhitungan nilai *Sf*, sehingga berpengaruh juga pada hasil korelasi antara kesehatan pohon dengan nilai *Sf*. Jika dilihat dari sisi pemantauan kesehatan pohon dengan metode FHM, nilai korelasi diduga juga dipengaruhi oleh nilai bobot dari lokasi, jenis, dan keparahan kerusakan. Nilai bobot yang selanjutnya digunakan untuk menghitung NIK bisa jadi sudah tidak relevan dan perlu dilakukan pengkajian ulang.

Metode FHM untuk pemantauan kesehatan pohon dan perhitungan nilai *Sf* untuk melihat status keamanan pohon dapat digunakan secara terpisah atau kombinasi dari keduanya, namun untuk hasil yang lebih akurat dapat digunakan nilai kerapatan tajuk yang sesuai dengan jenis pohon atau dilakukan pengukuran langsung pada pohon sasaran. Kedua metode ini penting dilakukan khususnya di dalam KRB untuk menilai keadaan koleksi. KRB yang setiap hari dipenuhi dengan wisatawan, menjadikan pengelola berkewajiban menjamin keselamatan orang-orang dari bahaya yang dapat diakibatkan oleh pohon.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Pemantauan kesehatan pohon pada empat klaster di Kebun Raya Bogor menunjukkan bahwa mayoritas pohon berada dalam kondisi sehat (67%),

sedangkan hanya sebagian kecil pohon berada dalam kondisi rusak berat (2%). Perhitungan nilai *Safety Factor* pada 16 pohon sasaran menunjukkan bahwa sebelas pohon termasuk dalam kategori sangat aman, tiga pohon termasuk dalam kategori aman, dan dua pohon termasuk dalam kategori tidak aman. Hasil analisis korelasi antara nilai indeks kerusakan dengan faktor keamanan menunjukkan nilai 0,6 yang berarti keduanya berkorelasi positif dengan tingkat keeratan sedang yang berarti korelasinya cukup kuat, namun masih ada faktor lain yang memengaruhi yang harus diperhatikan. Faktor tersebut diduga adalah kerapatan tajuk yang masih menggunakan angka yang sama untuk setiap pohon dan nilai skor dalam menghitung nilai indeks kerusakan pada metode *Forest Health Monitoring* yang sudah tidak relevan dan karenanya memerlukan revisi.

4.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah penentuan nilai aktual kerapatan tajuk pada setiap individu pohon melalui pengukuran secara langsung sehingga dapat diperoleh nilai *Safety Factor* yang lebih akurat untuk individu tertentu. Saran untuk pengelola Kebun Raya Bogor adalah menggunakan perpaduan antara penilaian kesehatan pohon dengan metode FHM dan penilaian *Safety factor* agar dapat diperoleh penilaian tingkat resiko pohon sehingga dapat dilakukan tindakan yang diperlukan bagi pohon yang telah mengalami kerusakan dan atau beresiko tumbang.

Daftar Pustaka

- Abimanyu, B., Safe'i, R., & Hidayat, W. (2019). Analisis kerusakan pohon di Hutan Kota Stadion Kota Metro Provinsi Lampung. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 3(1), 1-12. doi.org/10.30598?jhppk.2019.3.1.1
- Aini, S.C., Adzkia, U., Bahtiar, E.T., Rahman, M.M., Buono, A., & Karlinasari, L. (2024). Structural stability analysis of rain trees (Samanea saman) subjected to dead, live, and wind loads combination. *Biodiversitas*, 25(10), 3899-3908. doi.org/10.13057/biodiv/d251050

- Andi, S., & Wijayanto, B. (2018). Pengaruh serangan hama pada pohon karet (*Hevea brasiliensis*) dan akasia (*Acacia mangium*) di Hutan Lindung Tahura Sultan Adam. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(1), 45-52.
- Anand, P., Mina, U., Khare, M., Kumar, P., & Kota, S.H. (2022). Air pollution and plant health response-current status and future directions. *Elsevier*, 13(8), 101508.
- Burger, H. (1939). Der Kronenaufbau gleichaltriger Nadelholzbestände. *Mitteilungen Der Schweizerischen Anstalt Für Das Forstliche Versuchswesen*, 21(1), 5-57.
- Erwin, Budi, A.S., & Mardji, D. (2002). Dampak serangan patogen kanker batang terhadap struktur anatomi kayu dari pohon karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) bekas terbakar di PT Inhutani I Batuampar. *Equator*, 1(2), 53-74.
- Febriana, A., Trigunasih, N.M., Sumarniasih, M.S. (2024) Analisis kualitas tanah dan arahan pengelolaan pada lahan di DAS UNDA Provinsi Bali, Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 7(1), 227-245.
doi.org/10.37637/ab.v7i1.1309. 227.
- Hasanbahri, S., Marsono, D., Hardiwinoto, S., & Sadono, R. (2024). Serangan benalu pada beberapa kelas umur tanaman jati di wilayah hutan BKPH Begal, KPH Ngawi, Jawa Timur. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(2), 195-201.
- Herianto. (2017). Keanekaragaman jenis dan struktur tegakan di areal tegakan tinggal. *Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 4(1), 38-46.
doi.org/10.33084/daun.v4i1.104.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2013). Extreme temperature responses, oxidative stress and antioxidant defense in plants. In *abiotic stress - plant responses and applications in agriculture*. K. Vahdati, K., & Leslie, C. (Eds), 169-205
- Indriani, Y., Safe'i, R., Kaskoyo, H., & Darmawan, A. (2020). Vitalitas sebagai salah satu indikator kesehatan hutan konservasi. *Perennial*, 16(2), 40-46.
doi.org/10.24259/perennial.v16i2.9244
- Kadir, A.S.A. (2022). Analisis Tinggi Tekuk Kritis Pohon Akibat Beban Sendiri. Bogor Agricultural University.
- Kane, B. (2023). How Defects Increase Likelihood of Tree Failure. Retrieved from
<https://tcimag.tcia.org/training/how-defects-increase-likelihood-of-tree-failure/>
- Karlinasari, L., Bahtiar, E.T., Kadir, A.S.A., Adzkia, U., Nugroho, N., & Siregar, I.Z. (2023). Structural analysis of self-weight loading standing trees to determine its critical buckling height. *Sustainability (Switzerland)*, 15, 6075.
doi.org/10.3390/su15076075
- Mangold, R. (1997). *Forest Health Monitoring Field Methods Guide (International-Indonesia 1997)*. Washington: United States Departement of Agriculture.
- Nanlohy, L.H., & Saeni, F. (2022). Penilaian kualitas kesehatan pohon di kawasan Green line Median. *Median*, 14(2), 47-57.
- Nugroho, A. (2005). *Strategi Jitu Memilih Metode Statistic Penelitian dengan SPSS*. Yogyakarta.
- Nguyen, M.C., Hung, T.X., Binh, L.V., & Dell, B. (2021). New and emerging insect pest and disease threats to forest plantations in Vietnam. *Forests*, 12(10), 1301. MDPI Forests.
- Pertiwi, D., Safe'i, R., Kaskoyo, H., & Indriyanto. (2019). Identifikasi kondisi kerusakan pohon menggunakan metode forest health monitoring di Tahura Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung. *Jurnal Perennial*. 15(1), 1-7.
- Prabawati, U. (2017). *Serangan Konk pada Pohon di Jalur Wisata Kebun Raya Bogor, Jawa Barat*. Bogor Agricultural University.
- Purwidiyanti, Latifah, S., & Hidayati, E. (2023). Analisis kesehatan pohon di Taman Ria Taman Kota di Kota Bima. *Jurnal Rimba Lestari*, 2(2), 52-62.
doi.org/10.29303/rimbalestari.v2i2.1284

- Putri, K.P., Supriyanto, & Syaufina, L. (2016). Penilaian kesehatan sumber benih *Shorea spp.* di KHDTK Haurbentes dengan metode forest health monitoring. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(1), 37-48.
- Rachmadiyanto, A.N. (2024). Kesehatan, Biomekanika, dan Arsitektur Akar Pohon Dipterokarpa Berukuran Besar dan Tua Pada Lanskap Perkotaan di Kebun Raya Bogor. Bogor Agricultural University.
- Rachmadiyanto, A.N., Hariri, M.R., Primananda, E., Suhatman, A., & Kuswara, U. (2021). Penilaian kesehatan 12 pohon ikonis dan bernilai sejarah di Kebun Raya Bogor. *Buletin Kebun Raya*, 24(3), 104-116. <https://doi.org/10.14203/bkr.v24i3.745>
- Rachmadiyanto, A.N., Karlinasari, L., Nandika, D., Witono, J.R., & Siregar, I.Z. (2024). Comparing reliability of fhm and isa methods in assessing old and large dipterocarp trees health. *Floresta e Ambiente*, 31(1), e20230013. doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2023-0013
- Safarudin, Sari, A.N., Khaerani, B.A., Rifkiyah, K., Solihah, A.M., Husnaa, M.A., ..., & Sukron, M. (2023). Pengaruh penanaman pohon dalam meningkatkan kesadaran masyarakat sebagai upaya pencegahan kekeringan lingkungan di Desa Citepus. Dalam: Widyaningsih, R., Budikafa, M.J., Alfian, R.L., Pujiyono, E., & Rofi, M.R.N.A. (Eds.), *Prosiding Kampelmas (2)*, 1083-1095). Purwokerto: LPPM UIN SAIFUDDIN ZUHRI. Retrieved from <https://proceedings.uinsaizu.ac.id/index.php/kampelmas/issue/view/19>
- Safe'i, R., Kaskoyo, H., & Darmawan, A. (2020). Analisis kesehatan pohon dengan menggunakan metode forest health monitoring (studi kasus pada tiga fungsi hutan di Provinsi Lampung). Dalam: Igepas, H.F.S., MR, H., & AQ, M. (Eds.), *Virtual Seminar dan Konferensi Nasional Manajemen Strategis pada Sektor Publik: Capacity Building dalam Meningkatkan Kesiapsiagaan Aparatur Menghadapi Governance Crisis akibat Pandemi COVID-19* (pp. 42–53). Fakultas Ilmu Administrasi Universitas Brawijaya. Malang.
- Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D.R., & Luckman, B.H. (2010). Tree rings and natural hazards: An introduction. *Advances in Global Change Research*, 41, 3-23. DOI 10.1007/978-90-481-8736-2_1, Springer Science+Business Media B.V.
- Supriyanto, & Iskandar, T. (2018). Penilaian kesehatan kebun benih semai Pinus merkusii dengan metode FHM (Forest Health Monitoring) di KPH Sumedang. *Journal of Tropical Silviculture*, 9(2), 99-108. doi.org/10.29244/j-siltrop.9.2.99-108.

Land Cover Changes in Peat Hydrological Unit at East Tanjung Jabung Timur Regency, Jambi Province
(Perubahan Penutupan Lahan di Kawasan Kesatuan Hidrologi Gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi)

Salsa Fauziyyah Adni¹, Erianto Indra Putra^{2*}, dan/and Yudi Setiawan³

¹Tropical Silviculture Master Study Program, Graduate School, IPB University,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

²Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Environment, IPB University,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³Department of Forest Resources Conservation and Ecotourism, Faculty of Forestry and Environment, IPB University, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

*E-mail: eriantopu@apps.ipb.ac.id

Tanggal diterima: 17 Maret 2025; Tanggal disetujui: 12 Mei 2025; Tanggal direvisi: 23 Mei 2025

Abstract

In Jambi Province, Indonesia, land cover in Tanjung Jabung Timur Regency has experienced substantial transformation over the past two decades. These changes are closely linked to increasing land use pressures, government development policies, and broader environmental challenges such as climate change, biodiversity loss, and peatland degradation. This study aims to analyze the dynamics of land cover change between 2000 and 2022 within the Peat Hydrological Unit (PHU) area of Tanjung Jabung Timur by employing a remote sensing-based approach using cloud computing technology. Landsat 5, 8, and 9 images were classified using the Support Vector Machine (SVM) algorithm on the Google Earth Engine (GEE) platform. The classification incorporated 10 spectral indices to enhance accuracy. The results showed that the SVM classifier achieved a high level of performance, with an Overall Accuracy (OA) of 92.5% and a Kappa coefficient of 88.94. The analysis revealed that the most extensive land cover change occurred in peat swamp forest areas, which were predominantly converted into plantations, contributing to 28.97% of the total PHU area. The findings emphasize the critical role of policy interventions in driving land cover change and highlight the urgent need for sustainable land management strategies to protect peatland ecosystems in the region.

Keywords: Government policies, land cover classification, peat

Abstrak

Perubahan tutupan lahan di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi, Indonesia telah mengalami transformasi substansial selama dua dekade terakhir. Perubahan ini terkait erat dengan meningkatnya tekanan penggunaan lahan, kebijakan pembangunan pemerintah, dan tantangan lingkungan yang lebih luas seperti perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, dan degradasi lahan gambut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika perubahan tutupan lahan antara tahun 2000 dan 2022 pada wilayah Kesatuan Hidrologi Gambut (KHG) Tanjung Jabung Timur dengan menggunakan pendekatan berbasis penginderaan jauh menggunakan teknologi cloud computing. Klasifikasi pada Citra Landsat 5, 8, dan 9 dilakukan dengan menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) pada platform Google Earth Engine (GEE). Klasifikasi tersebut menggabungkan 10 indeks spektral untuk meningkatkan akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengklasifikasi SVM mencapai tingkat kinerja yang tinggi, dengan Akurasi Keseluruhan (OA) sebesar 92,5% dan koefisien Kappa sebesar 88,94. Analisis menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan yang paling luas terjadi di kawasan hutan rawa gambut, yang sebagian besar telah dikonversi menjadi perkebunan, yaitu sebesar 28,97% dari total luas KHG. Temuan studi ini menekankan peran penting intervensi kebijakan dalam mendorong perubahan tutupan lahan dan menyoroti kebutuhan mendesak akan strategi pengelolaan lahan berkelanjutan untuk melindungi ekosistem lahan gambut di wilayah tersebut.

Kata kunci: Kebijakan pemerintah, klasifikasi penutupan lahan, gambut

1. Introduction

Around 30% of the world's tropical peatlands are in Indonesia. Indonesia's peatland area in 2020 was estimated at 13.43 million hectares (Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research, 2020), with the majority distributed across Sumatra (43% of the country's total peatland area) and Kalimantan (32%), followed by Papua with the next largest share (25%) (Anda et al., 2021).

Land mapping and data collection are needed to observe peat forests' actual and efficient condition (Shobirin & Ritonga, 2016). Remote sensing technology is one of the methods to rapidly identify land cover changes (Darmawan et al., 2018). Google Earth Engine (GEE) is a web-based platform based on cloud computing that can be accessed online. It can run GIS processes in created scripts and produce analysis according to the desired search (Dewantoro et al., 2021). This technology makes it possible to analyze location data temporarily through image capture. Images widely used are Landsat 5, 8, and 9. GEE provides access to all Landsat images, which can be used for various applications, including monitoring land cover with reasonably good resolution.

East Tanjung Jabung Regency is a regency located in the province of Jambi, which was split off from West Tanjung Jabung Regency in 2000. According to data from the Jambi Provincial Forestry Office (2020), the total area of peatlands in Jambi Province reaches 736,227.2 hectares, with the most significant area being in East Tanjung Jabung Regency, covering 311,992.10 hectares. This area has a history related to peat and swamp forest issues similar to other regions in Indonesia with similar ecosystems. Along with the passage of time and economic pressures, there have been changes in land use patterns. The increasing demand for land for large-scale agriculture, plantations, and industries has led to the

conversion of peatlands into agricultural or plantation areas, including oil palm plantations.

Significant changes in land cover area dynamics require spatially based distribution data analysis at a more detailed scale. Moreover, mapping involving the GEE platform is still relatively limited, particularly in Indonesia. Therefore, research on land cover mapping in peatland areas is crucial to obtain accurate data on land cover changes using the latest cloud computing-based methods through the Google Earth Engine platform and accuracy assessments based on Support Vector Machine (SVM) values. This research provides an in-depth understanding regarding the application of such a platform.

2. Methodology

The area used as the focus of study in this research is PHU in East Tanjung Jabung Regency, Jambi Province, which is geographically located between 0°53' - 1°41' South Latitude dan 103°23 - 104°31 East Longitude. The ground checks carried out purposively in PHU East Tanjung Jabung Regency, Jambi Province. Data processing and interpretation are conducted at the Forest Fire Laboratory, Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Environment, IPB University.

Tools and materials detect changes in land cover dynamics in the peat hydrological unit area. The materials used are Landsat 5, 8, and 9 satellite image data from the GEE catalog. The shp file of PHU East Jabung Regency obtained from the regional environmental service, Regency boundary data, and Provincial boundary data sourced from the Ina-Geoportal. This research involves eleven indices divided into three types: vegetation, water, and building indices (Table 2).

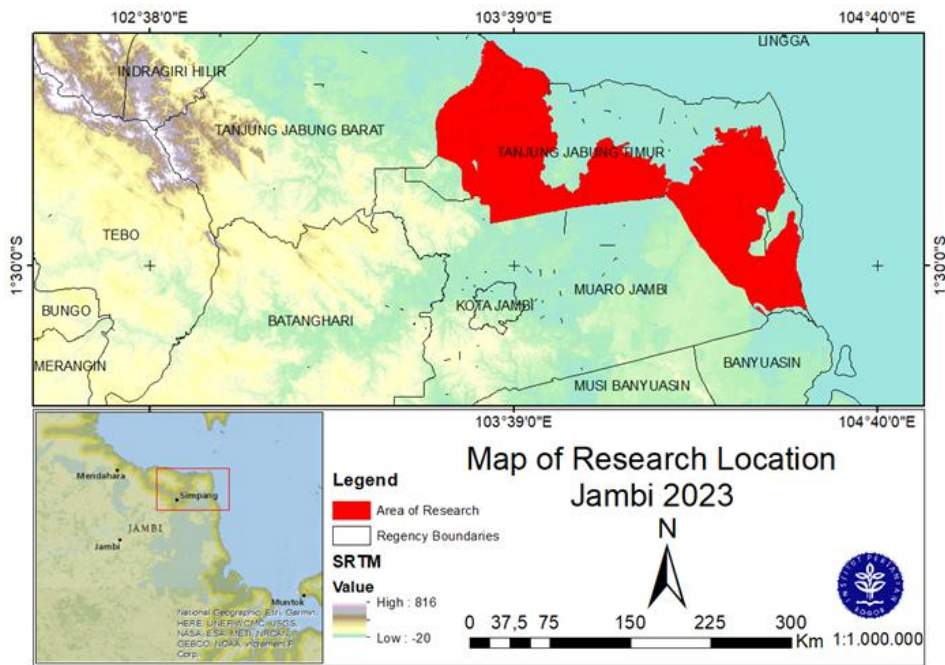


Fig. (Gambar) 1. Research location (*Lokasi penelitian*)

Table (Tabel) 1. List of indices used (*Daftar indeks yang digunakan*)

No	Method (<i>Metode</i>)	Formula (<i>Rumus</i>)	Reference (<i>Pustaka</i>)
1	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$	(Huang et al., 2021)
2	Normalized difference water index (NDWI)	$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$	(Guo et al., 2017)
3	Normalized Difference Built-up Index (NDBI)	$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$	(Li & Chen, 2018)
4	Enhanced Vegetation Index (EVI)	$EVI = (NIR - Red) / ((NIR + 6) * (Red - 7.5) * (Blue + 1))) * 2.5$	(Villamuelas et al., 2016)
5	Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + 0.5)) * (1.0 + 0.5)$	(Zen et al., 2021)
6	Green Normalized Difference Vegetation (GNDVI)	$GNDVI = (NIR - GREEN) / (NIR + GREEN)$	(Mangewa et al., 2022)
7	Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)	$ARVI = (NIR - (Red - (1 * (Red - Blue)))) / (NIR + (Red - (1 * (Red - Blue))))$	(Somvanshi & Kumari 2020)
8	Specific Leaf Area Vegetation Indeks (SLAVI)	$SLAVI = (NIR) / (Red + SWIR)$	(Morcillo-Pallarés et al., 2019)
9	Index-Based Built-Up Area Index (IBI)	$IBI = (((SWIR / (SWIR * NIR)) * 2) - ((NIR / (NIR + Red)) + (Green / (Green + SWIR))))$	(Kaimaris 2016)
10	Augmented Normalized Difference Water Index (ANDWI)	$ANDWI = (Blue + Green + Red - NIR - SWIR1 - SWIR2) / (Blue + Green + Red + NIR + SWIR1 + SWIR2)$	(Rad et al., 2021)

The land classification results from GEE will be imported into ArcGIS and processed to obtain the land area per classification using features such as "extract by attribute" and "extract by mask," then re-imported into Excel to

obtain the area. This study used two accuracy analysis methods, namely Overall Accuracy (OA) and Kappa Statistics (KS) (Cohen, 1968). This accuracy analysis involves validation data obtained randomly using high-resolution

image data in Google Earth Pro software. This validation data is separate from the training data in the classification process. This considers the intervention of

validation data in the classification process. The accuracy analysis formula involved is presented below.

$$\text{Kappa Statistic} = \frac{N \sum_{i=1}^Y X_{ii} - \sum_{i=1}^Y X_{i+} X_{+i}}{N \sum_{i=1}^Y X_{i+} X_{+i}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{User's Accuracy} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{X_{ii}}{X_i} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^Y X_{ii}}{N} \dots\dots\dots(4)$$

Table (Tabel) 2. Interpretation of kappa values (*Interpretasi nilai kappa*) (Cohen, 1968)

Kappa value (<i>Nilai kappa</i>)	Information (<i>Informasi</i>)
< 0.00	Poor (<i>Rendah</i>)
0.00-0.20	Slight (<i>Sedikit</i>)
0.21-0.40	Fair (<i>Adil</i>)
0.41-0.60	Moderate (<i>Sedang</i>)
0.61-0.80	Substantial (<i>Besar</i>)
0.81-1.00	Almost perfect (<i>Hampir sempurna</i>)

3. Result and Discussion

3.1. Result

The calculation of land cover area using machine learning with the Support Vector Machine (SVM) algorithm shows dynamic land cover changes occurring annually. The selection of four time

intervals is based on a historical approach to fire events, supported by the occurrence of El Niño. Additionally, the selection of five land cover classes is adjusted to the field conditions in Tanjung Jabung Timur (Table 3).

Table (Tabel) 3. Land classification area based on ML processing (*Klasifikasi luas lahan menggunakan Machine Learning*)

Time/ Waktu (Year/Tahun)	Land classification (<i>Klasifikasi lahan</i>)	Wide (ha) (<i>Luas (ha)</i>)
2000	Plantation	93,682.89
	Peat bog	95,603.04
	Peat swamp forest	116,885.80
	Water body	742.05
	Bare land	7,039.53
	Settlement	467.55
2010	Plantation	111,353.30
	Peat bog	106,929.40
	Peat swamp forest	85,727.43
	Water body	926.91
	Bare land	8,672.31
	Settlement	811.53
2016	Plantation	87,765.93
	Peat bog	50,745.24

Table (Tabel) 3. Continued (Lanjutan)

Time/ <i>Waktu</i> (Year/ <i>Tahun</i>)	Land classification (<i>Klasifikasi lahan</i>)	Wide/ <i>Luas</i> (ha)
2022	Peat swamp forest	110,729.30
	Bare land	63,299.79
	Settlement	1,880.55
	Plantation	163,481.7
	Peat bog	51,209.64
	Peat swamp forest	84,296.16
	Water body	1,699.56
	Bare land	11,259.99
	Settlement	2,473.83

Table 3 shows that plantation areas have increased over the past two decades, with a decline in forest and settlement areas. Meanwhile, Bare land has fluctuated with unpredictable increases

and decreases. Figure 2 shows that in the year 2000, PHU East Tanjung Jabung's land cover was predominantly forested (green color).

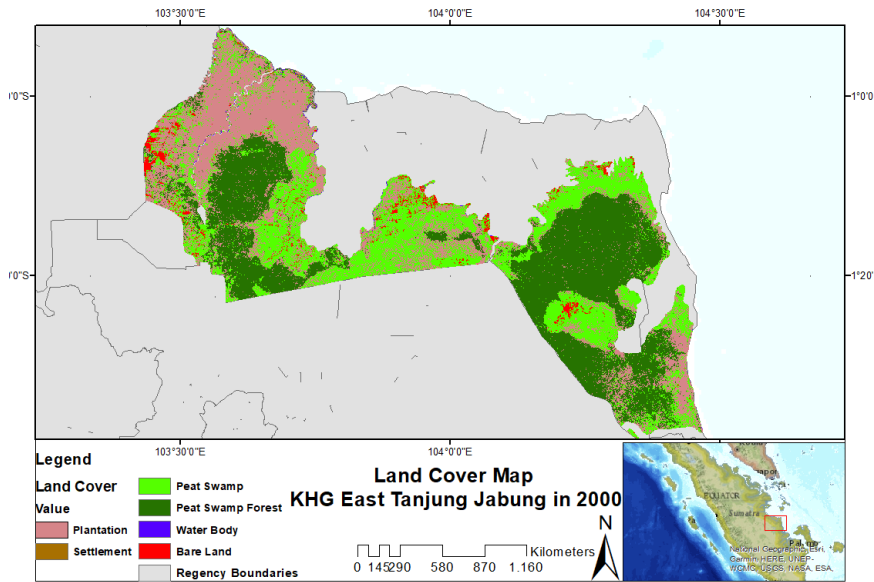


Fig. (Gambar) 2. Land cover of PHU East Tanjung Jabung on 2000 (*Penutupan lahan KHG Tanjung Jabung Tiimur tahun 2000*)

Figure 2 shows that in the year 2000, PHU East Tanjung Jabung's land cover was predominantly forested (green color). Peat swamp forests (dark green) were widely distributed, particularly in the central and eastern parts, while peat swamp areas (light green) were also present in significant portions of the region.

Although forest cover was still dominant, early signs of land conversion were evident. The emergence of plantation areas (light red) and patches of bare land (red) indicates initial land clearing activities. Water bodies (blue) remained visible, representing natural aquatic features within the landscape.

Land Cover Changes in Peat Hydrological Unit at East Tanjung Jabung Timur Regency, Jambi Province (Perubahan Penutupan Lahan di Kawasan Kesatuan Hidrologi Gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi)
Salsa Fauziyyah Adni, Erianto Indra Putra, dan/and Yudi Setiawan

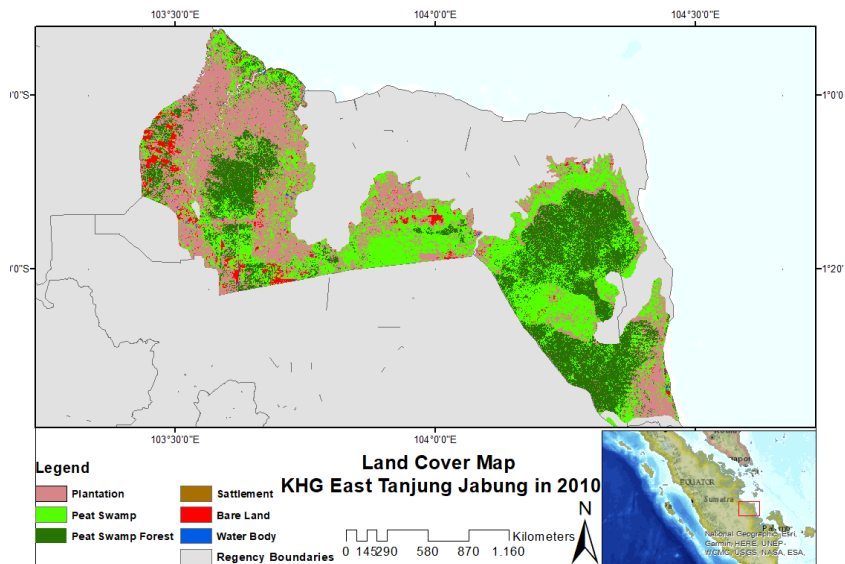


Fig. (Gambar) 3. Land cover of PHU East Tanjung Jabung on 2010 (*Penutupan lahan KHG Tanjung Jabung Tiimur tahun 2010*)

Figure 3 shows that compared to the 2000 land cover map, the 2010 land cover map of PHU East Tanjung Jabung shows significant changes. The extent of peat swamp forest (dark green) has noticeably decreased, particularly in the central and western regions. Plantation

areas (light red) have expanded considerably, replacing previously forested areas. Additionally, bare land (red) has increased, indicating more intensive land-clearing activities than the previous decade.

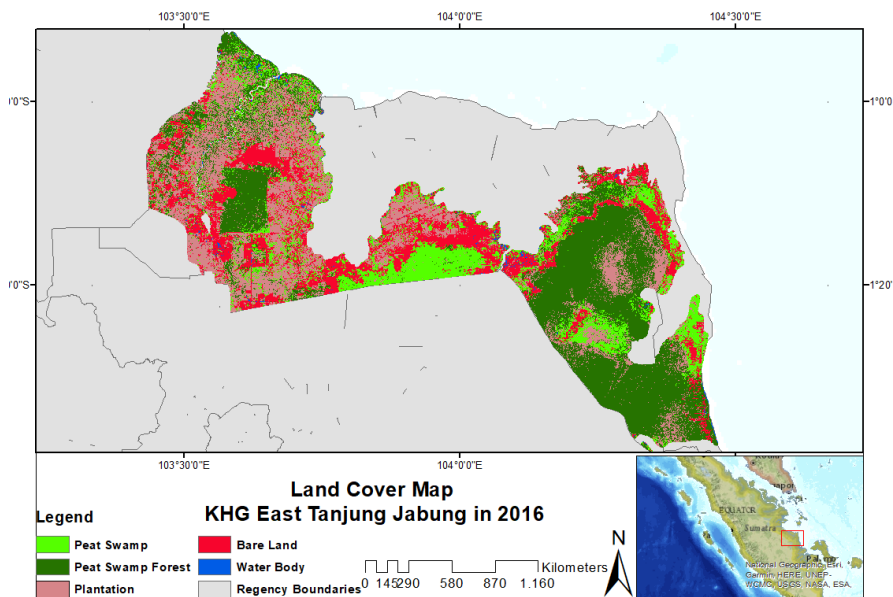


Fig. (Gambar) 4. Land cover of PHU East Tanjung Jabung PHU on 2016 (*Penutupan lahan KHG Tanjung Jabung Tiimur tahun 2016*)

Compared to 2010, the 2016 land cover map of PHU East Tanjung Jabung shows a significant expansion of plantation areas (light red), replacing a substantial portion of peat swamp forests (dark green) (Figure 4). Bare land (red)

has also increased, particularly in the central and northern regions, indicating intensified land conversion and accelerated deforestation over the past six years.

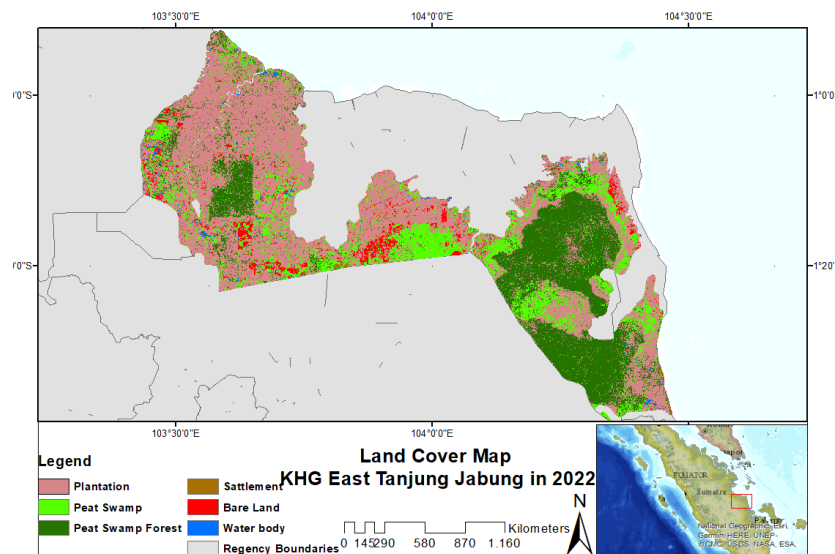


Fig. (Gambar) 5. Land cover of PHU East Tanjung Jabung on 2022 (Penutupan lahan KHG Tanjung Jabung Tiimur tahun 2022)

Figure 5 shows that compared to 2016, the 2022 land cover map of PHU East Tanjung Jabung shows a further expansion of plantation areas (light red), with previously identified bare land (red)

transitioning into plantations. The increase in plantation cover has reduced peat swamp forest (dark green), particularly in the central and northern regions of the area.



Fig. (Gambar) 6. Changes in land cover from (a) bare land on 2000, to (b) plantations on 2010 (Perubahan tutupan lahan dari (a) lahan terbuka tahun 2000, menjadi (b) perkebunan tahun 2010)

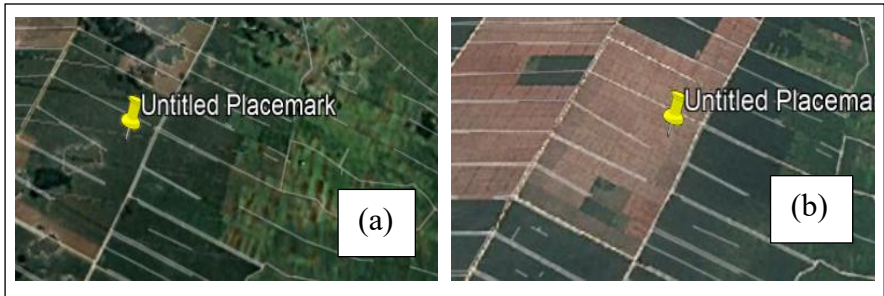


Fig. (Gambar) 7. Changes in land cover from (a) plantations on 2010, to (b) bare land on 2016 (Perubahan tutupan lahan dari (a) Perkebunan tahun 2010, menjadi (b) lahan terbuka tahun 2016)

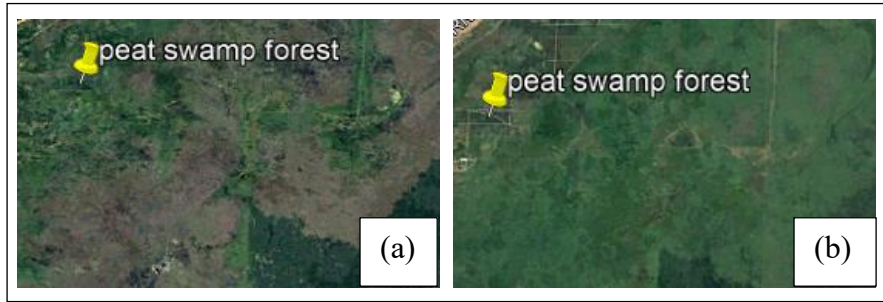


Fig. (Gambar) 8. Changes in land cover from (a) peat swamp forests on 2015, to (b) plantations on 2022 (*Perubahan tutupan lahan dari (a) hutan rawa gambut tahun 2015, menjadi (b) perkebunan tahun 2022*)

Figures 6, 7, and 8 clearly illustrate several examples of land cover class changes, which become more evident when further analyzed using Maxar Technologies imagery available in Google Earth Pro. These changes include the transition from bare land to plantations and from forests to plantations over the observation period from 2000 to 2022.

3.2. Discussion

3.2.1. Land cover on 2000

The Peatland ecosystem has undergone significant changes over time to accommodate other land uses, resulting in the degradation of much of the peatland. Intact peatlands in Indonesia remain only 6%, while 13.4-14.9 million hectares (87-97%) are considered degraded (Yuwati et al., 2021). Indonesia's leading causes of peatland degradation are deforestation, conversion into industrial timber estates, and conversion into oil palm plantations (Wicaksono & Zainal, 2022).

Land cover change can be interpreted as damage, degradation, or improvement, depending on the perspective of those who gain or lose from the transition process (Villamor, 2015). Land cover change can occur over different periods and scales in shape and size (Rakhmonov et al., 2021). Changes in land cover can occur according to land utilization and are supported by the necessary needs. Image interpretation for 2000, 2010, 2016, and 2022 shows various land cover changes using Landsat imagery in East Tanjung Jabung Regency, Jambi. The interpretation results indicate several land cover classes, including peat swamp, peat swamp forest, plantations, settlements, water bodies, and bare land

(Figure 2).

The land cover in PHU East Tanjung Jabung Regency, Jambi Province, is dominated by plantations with a total area of 93,682.89 hectares. According to Arviansyah et al. (2021), the most rapid decline in land area occurred in rice fields that were converted into plantations. This may be attributed to economic, socio-cultural, environmental, technical, and government policy factors. Several interconnected factors influence the transformation of rice fields into oil palm plantations in this area. Economic factors are the primary driver of land use change from rice fields.

However, it is revealed that government policies also play a significant role as triggers. Initially, the eastern coastal areas of Jambi Province were designated as transmigration sites, and hundreds of thousands of hectares of new rice fields were established. During the Pelita (Five-Year Development) period, this policy successfully made East Tanjung Jabung Regency as one of the leading rice producers. However, the productivity of rice fields in this regency gradually decreased, currently being the lowest among all regencies/cities in Jambi Province, at around 3,6 tons per hectare (BPS Jambi Province, 2015). According to Daulay et al., (2016), inconsistency in development policies is evident from the period 1960 to 2000, where the initial focus was on developing the East Tanjung Jabung area as a center for rice farming, but later shifted to become an area for oil palm plantation development, leading to changes in the function of rice fields.

Various interconnected factors influence the conversion of rice fields into

oil palm plantations in this area. Although economic factors appear to be the primary driver of land use change, upon closer examination, government policies also play a significant role as triggers for these changes. The influence of leadership changes in the government of Jambi Province and East Tanjung Jabung Regency on development policies is very noticeable. In the early 2000s, after the appointment of a new Governor in Jambi, a program was launched to develop one million hectares of oil palm plantations. The selection of oil palm cultivation is partly due to the perception of its high economic value, which encourages farmers to choose oil palm farming and manage their crops correctly, as the plant is also considered suitable for cultivation on peat soil with relatively low density or shallow depth (Prakosa et al., 2023).

3.2.2. Land cover on 2010

In 2010, plantations occupied 111,353.3 hectares (Figure 2, Table 3), an increase of 17,760.41 hectares compared to 2000. This increase can occur not only due to economic factors but also due to the significant impact of policy factors. The One Million Hectare Oil Palm Land Program faced strong resistance from environmental organizations; however, the government banned palm oil plantation development on forest land and adopted a more selective approach in granting permits for new oil palm plantation companies.

The efforts to open plantations from 2000 to 2010 resulted in a significant change of land cover from bare land in 2000 to plantations in 2010 (Fig. 3, Table 3). The increase in plantations this year is around 17,670.4 hectares. Meanwhile, bare land was increased by 1,632.78 hectares. On the other hand, the peat swamp forest experienced a substantial decline of around 31,158.36 hectares. Therefore, the increase in land cover from plantations and bare land originally came from the conversion of peat swamp forests. From 2010 to 2016, plantations and peat swamp forests experienced a reasonably high decline of 23,587.38 and 56,184.12 hectares, respectively, while bare land experienced an increase of 5,4627.5

hectares. This is thought to be due to the occurrence of forest and land fires in the years, which caused a significant change in land cover. From 2016 to 2022, plantations increased by 75,715.7 hectares, and peat swamp forest decreased by 26,433.18 hectares and bare land by 52,039.8 hectares. These changes may be due to the opening of such large plantation areas.

3.2.3. Land cover on 2016

Forest area declines occur annually, accompanied by increased plantations and settlements. Reducing natural vegetation makes peatlands vulnerable to subsidence if the peat forest is opened. The construction of ineffective canals in plantation areas can cause a decrease in the peat water table (Manurung et al., 2023). The increase in hotspot points occurred in 2019, with a total of 1,636 hotspots in East Tanjung Jabung Regency, caused by fire incidents that affected an area of 5,151.02 hectares (Saharjo & Effendi, 2023). The highest increase in bare land occurred this year, possibly due to harvesting or clearing land in plantation areas. However, the impact of the oil palm development program has already been significant, with oil palm land expansion reaching 593,000 hectares in 2013, with approximately 107,288 hectares in East Tanjung Jabung Regency (BPS Jambi Province, 2015).

3.2.4. Land cover on 2022

Land cover in PHU East Tanjung Jabung constantly changes periodically. A fast increase can be seen in the plantation area, especially in the oil palm plantation. The granting of business permits to companies to convert areas into oil palm plantations has resulted in 23 companies operating in 2023, with an area of plantations of more than 1,000 hectares. Several other companies also manage large forest areas into oil palm plantations, in addition to communities who manage them individually.

Peat swamp and peat swamp forest areas decreased from 95,603.04 hectares in 2000 to 51,209.64 hectares in 2022 for peat swamps and from 11,688.58 hectares in 2000 to 84,296.16 hectares in 2022 for

peat swamp forests. Residential land area has increased significantly from year to year. This can happen due to the increase in population in East Tanjung Jabung Regency, which is causing an increase in the need for land use for residential purposes. According to data from the Central Agency of Statistics (BPS), the population of East Tanjung Jabung Regency in 2017 was 222,384, with an increase of 200,000 people yearly.

The results from the SVM algorithm show that peat swamp forests increased from 2010 to 2016 by 25,001.87 hectares, followed by a decrease in peat bogs by 56,184.16 hectares. Meanwhile, the area of plantations continued to increase, reaching 75,715.77 hectares from 2016 to 2022. This may have occurred due to changes or loss of vegetation on the ground. In 2010, the government's program to convert peat forests into plantations caused a significant loss of peat swamp forests. However, peat swamp forests increased in 2016, possibly due to the succession of abandoned land in 2010. Land cover changes can affect the hydrolysis process within an area (Sunandar, 2016).

The area of plantations increased rapidly in 2022 due to changes from forests and bare land to plantations. The Support Vector Machine (SVM) algorithm demonstrated good performance with an Overall Accuracy (OA) of 92.5% and a Kappa coefficient of 88.94. The OA value of 92.5% indicates that 92.5% of the mapped area was correctly classified. This value was obtained by comparing the correctly classified pixels to the total number of sample pixels used for validation. The Support Vector Machine (SVM) algorithm can be used to classify imagery into land use and land cover (LULC) classes, namely bare land, built-up areas, forests, vegetation, and water bodies (Kebede et al., 2022). The Kappa coefficient of 88.94 reflects a high level of agreement between the classification results and the reference data, even after accounting for potential agreement by chance. This performance demonstrates that the SVM algorithm is effective for land cover classification in the study area.

4. Conclusions and Recommendation

4.1. Conclusions

East Tanjung Jabung Regency experienced dynamic land use changes from 2000 to 2022. The land cover that experienced the most changes was the peat swamp and peat swamp forest, which were converted into plantations and settlements, totaling 1,722,780.11 hectares. The most significant change in land cover classification from 2000 to 2023 was the increase in the area of oil palm plantations, which may result from the government's regulation of the extension of oil palm plantations in the province.

4.2. Recommendation

Based on the results of this study, it is recommended that the government strengthen peatland protection policies, increase public awareness, and implement land restoration programs. In addition, it is important to carry out strict monitoring of land conversion, involve local communities, and build collaboration between related parties to support sustainable agricultural practices.

Acknowledgment

We want to thank the 2023 Freedom Campus Competitive Program (PKKM) of the Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Environment, IPB University, for funding to conduct the ground-check of this research.

References

- Aryiansyah, D. & Murdy, S., (2021). Faktor-Faktor yang mendorong alih fungsi lahan sawah di wilayah sentra produksi padi Kabupaten Tanjung Jabung timur. *Journal of Agribusiness and Local Wisdom*, 4(1),74-85.
- Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jambi. (2014). *Data Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jambi tahun 2014*. Jambi. Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jambi.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi. (2015). *Jambi dalam Angka Tahun 2015*. Jambi. Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi.

- Center for International Forestry Research. (2019). CIFOR Annual report 2019: forest in a time crisis. Bogor. Center for International Forestry Research.
- Cohen, J. (1968). Weighted kappa: nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychol. Bull*, 70, 220–231
- Darmawan, A., Setyawan, Y., & Setyabudi, D.A. (2018). Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk identifikasi dan analisis perubahan tutupan lahan di daerah aliran sungai (DAS) Citarum. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 15(1), 39-52.
- Daulay, A.R., Putri, E.I.K., Barus, B., & Noorachmat, B.P. (2016). Analysis of factors affecting lowland conversion into palm oil plantation in East Tanjung Jabung Regency. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 14,1-15. Doi: <http://dx.doi.org/10.21082/akp.v14n1.2016.1-15>.
- Dewantoro, B.E.B., Khafid, M.A., Putra, A.D.A., Wicaksono, A.P., & Andita, F.W. (2021). Identification of the impact of vegetation cover changes and the development of urban areas on Urban Heat Island using GIS and remote sensing: A case studies of Sleman regency, Province of Yogyakarta. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098, 052023. Doi: 10.1088/1757-899X/1098/5/052023.
- Direktur Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan KLHK. (2016). Sistem Monitoring Karhutla di Indonesia. KLHK, Jakarta.
- Guo, Q., Pu, R., Li, J., & Cheng, J. (2017). A weighted normalized difference water index for water extraction using Landsat imagery. *International journal of remote sensing*, 38, 5430-5445.
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32, 1-6.
- Kaimaris, D., & Patias, P. (2016). Identification and Area Measurement of the Built-up Area with the Built-up Index (BUI). *Int. J. Adv. Remote Sens. GIS*, 5,1844-1858.
- Kebede, T.A., Hailu, B.T. & Suryabhagavan, K.V. (2022). Evaluation spectral built-up indices for impervious surface extraction using Sentinel-2A MSI imageries: A case of Addis Ababa city, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 8, 100568.
- Li, K., & Chen, Y. (2018). A Genetic Algorithm-Based Urban Cluster Automatic Threshold Method by Combining VIIRS DNB, NDVI, and NDBI to Monitor Urbanization. *Remote Sensing*, 10, 277. <https://doi.org/10.3390/rs10020277>
- Mangewa, L.J., Ndakidemi, P.A., Alward, R.D., Kija, H.K., Bukombe, J.K., Nasolwa, E.R., & Munishi, L.K. (2022). Comparative Assessment of UAV and Sentinel-2 NDVI and GNDVI for Preliminary Diagnosis of Habitat Conditions in Burunge Wildlife Management Area, Tanzania. *Earth*, 3, 769-787. <https://doi.org/10.3390/earth3030044>
- Manurung, A.R.F., Arifin, A., & Asbanu, G.C. (2023). Pengaruh jarak saluran drainase terhadap suhu dan kelembaban tanah di Desa Teluk Empening, Kecamatan Terentang, Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11,755-763.
- Morcillo-Pallarés, P., Rivera-Caicedo, J.P., Belda, S., De Grave, C., Burriel, H., Moreno, J. and Verrelst, J. (2019). Quantifying the robustness of vegetation indices through global sensitivity analysis of homogeneous and forest leaf-canopy radiative transfer models. *Remote Sensing*, 11(20), 2418.
- Prakosa, P., Pattiasina, S.M.O. & Winanda, W. (2023). Ekoteologi gereja terhadap penanaman kelapa sawit di lahan gambut. *Jurnal Ilmiah Religiosity Entity Humanity (JIREH)*, 5, 73-82.
- Rad, A.M., Kreitler, J., & Sadegh, M. (2021). Augmented normalized difference water index for improved surface water monitoring.

- Environmental Modelling and Software 140, 105030.
- Rakhmonov, S., Umurzakov, U., Rakhmonov, K., Bozarov, I. & Karamatov, O. (2021). Land use and land cover change in Khorezm, Uzbekistan. In E3S Web of Conferences, 227, 01002.
- Rouse Jr, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA special publication, 351, 309.
- Saharjo, B.H., & Effendi, D.A. (2023). Pengaruh curah hujan dan terjadinya kebakaran hutan dan lahan gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi. *Journal of Tropical Silviculture*, 14, 126-131.
- Shalihati, S.F. (2014). Pemanfaatan penginderaan jauh dan sistem informasi geografi dalam pembangunan sektor kelautan serta pengembangan sistem pertahanan negara maritim. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Geografi*, 3, 115-126.
- Shobirin, A., Budiarsa, A.A., & Ritonga, I.R. (2016). Pemetaan sebaran gambut menggunakan citra landsat 8/ETM+ di Teluk Pangempang, Kecamatan Muara Badak, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*, 22, 1-9.
- Somvanshi, S.S., & Kumari, M. (2020). Comparative analysis of different vegetation indices with respect to atmospheric particulate pollution using sentinel data. *Applied Computing and Geosciences*, 7, 100032.
- Sunandar, A.D. (2016). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologis di DAS Asahan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13, 178-788.
- Tosiani, A. (2015). *Buku Kegiatan Serapan dan Emisi Karbon*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.
- Villamor, G.B. (2015). Land use change and shifts in gender roles in central Sumatra, Indonesia. *Int For Rev*, 17, 61-75.
- Villamuelas, M., Fernández, N., Albanell, E., Gálvez-Cerón, A., Bartolomé, J., Mentaberre, G., López-Olvera, J.R., Fernández-Aguilar, X., Colom-Cadena, A., López-Martín, J.M., & Pérez-Barbería, J. (2016). The Enhanced Vegetation Index (EVI) as a proxy for diet quality and composition in a mountain ungulate. *Ecological Indicators*, 61, 658-666.
- Wicaksono, A., & Zainal. (2022). Peatlands restoration policies in Indonesia: Success or failure?. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 995, 012068. doi:10.1088/1755-1315/995/1/012068.
- Yuwati, T.W., Rachmanadi, D., Pratiwi, T.M., Indrajaya, Y., Nugroho, H.Y.S.H., Qirom, M.A., Narendra, B.H., Winarno, B., Lestari, S., Santosa, P.B., Adi, R.N., Savitri, E., Putra, P.B., Wahyuningtyas, R.S., Prayudyaningsih, R., Halwany, W., Nasrul, B., Bastoni, & Mendham, D. (2021). Restoration of degraded tropical peatland in indonesia: a review. *Land* 10(11), 1-31. <https://doi.org/10.3390/land1011170>.
- Zhen, Z., Chen, S., Yin, T., Chavanon, E., Lauret, N., Guilleux, J., Henke, M., Qin, W., Cao, L., Li, J., & Lu, P. (2021). Using the negative soil adjustment factor of soil adjusted vegetation index (SAVI) to resist saturation effects and estimate leaf area index (LAI) in dense vegetation areas. *Sensors*, 21, 2115.

Komposisi Jenis dan Potensi Tegakan pada Rumpang Pasca Tebangan di Kalimantan Tengah (*Species composition and standing potential in gaps of log-over area in Central Kalimantan*)

Rosita Dewi^{1,2}, Prijanto Pamoengkas², Darwo¹, dan/and Ika Heriansyah¹

¹Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Kawasan Sains dan Teknologi Soekarno, Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat-Indonesia

²Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University (Jawa Barat, Indonesia), Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB Dramaga Bogor 16680; Telp: 0251-8626886; Fax: 0251-8626886

*E-mail: rosi015@brin.go.id; rositadewi@apps.ipb.ac.id

Tanggal diterima: 23 November 2023; Tanggal disetujui: 10 Juni 2025; Tanggal direvisi: 11 Juni 2025

Abstract

The condition of natural tropical forests in Indonesia has been degraded and unproductive. Decreasing forest productivity can decrease biodiversity (flora and fauna). A gap is naturally formed due to the loss of one or several trees due to falling, death, or logging. Open grass allows sunlight to enter through gaps in the canopy and will affect natural saplings' growth. This research aims to analyze the species composition and stand potential in gaps in log-over areas in natural forests in Central Kalimantan. Analysis results showed that the species composition in the gap plots was dominated by regeneration at the seedling and sapling level from the dipterocarpaceae family Shorea parvifolia and Dryobalanops lanceolata. The potential stand for commercial dipterocarpaceae trees with a diameter of 40 cm and above is 15.48 m³/ha with a density of 13.89 trees/ha. The standing potential for the Shorea leprosula species with a diameter of 40 cm and above is 12.22 m³/ha with a density of 10.19 trees/ha. The standing potential for the D. lanceolata type with a diameter of 40 cm and above is 3.26 m³/ha with a density of 3.70 trees/ha.

Keywords: *Composition, standing potential, gaps, intensive silviculture*

Abstrak

Kondisi hutan alam tropis di Indonesia telah mengalami degradasi dan menjadi tidak produktif. Penurunan produktivitas hutan alam mengakibatkan penurunan biodiversitas (flora dan fauna). Rumpang secara alami terbentuk akibat dari hilangnya satu atau beberapa pohon akibat pohon tumbang, mati ataupun akibat penebangan. Keberadaan rumpang yang terbuka memungkinkan cahaya matahari untuk masuk melalui celah-celah kanopi dan akan memengaruhi pertumbuhan permudaan alami. Penelitian ini bertujuan menganalisis komposisi jenis dan potensi tegakan pada rumpang alami pasca tebangan di Kalimantan Tengah. Hasil analisis menunjukkan komposisi jenis pada petak rumpang bekas tebangan didominasi oleh permudaan tingkat semai dan pancang dari famili *Dipterocarpaceae* seperti jenis *Shorea parvifolia* dan *Dryobalanops lanceolata*. Potensi tegakan pohon-pohon komersial *Dipterocarpaceae* berdiameter 40 cm ke atas sebesar 15,48 m³/ha dengan kerapatan 13,89 pohon/ha. Potensi tegakan untuk jenis *Shorea leprosula* berdiameter 40 cm ke atas adalah 12,22 m³/ha dengan kerapatan 10,19 pohon/ha. Potensi tegakan untuk jenis *D. lanceolata* berdiameter 40 cm ke atas adalah 3,26 m³/ha dengan kerapatan 3,70 pohon/ha.

Kata kunci: Komposisi, potensi, rumpang, silvikultur intensif

1. Pendahuluan

Pengusahaan hutan alam produksi telah memberikan kontribusi ekonomi bagi pembangunan, namun di lain pihak telah mengakibatkan terjadinya degradasi hutan. Degradasi ekosistem hutan dapat menyebabkan menurunnya suplai air, meningkatnya erosi, pemadatan tanah dan pencucian hara serta perubahan struktur dan komposisi jenis tegakan (Okuda et al., 2003). Degradasi hutan juga dapat menurunkan produktivitas hutan dan penurunan biodiversitas baik flora maupun fauna. Konfigurasi hutan alam produksi saat ini banyak didominasi oleh hutan bekas tebangan (log-over area) yang memiliki potensi tegakan yang rendah (tidak produktif).

Sistem silvikultur adalah rangkaian kegiatan yang terdiri atas regenerasi (permudaan), pemeliharaan, dan pemungutan hasil yang dilaksanakan secara sistematis pada suatu tegakan sepanjang siklus hidupnya (Nyland, 2002). Pemilihan perlakuan silvikultur yang dibutuhkan saat ini adalah yang dapat memperbaiki kondisi hutan yang telah terdegradasi dan mampu meningkatkan produktivitas baik secara ekologi maupun ekonomi. Sistem silvikultur yang digunakan terkait dengan pengaturan tebangan dan regenerasi hutan agar kelestarian produksi dapat tercapai. Tindakan rehabilitasi atau penanaman menggunakan jenis-jenis unggulan di hutan alam merupakan salah satu upaya pengembalian produktivitas hutan alam, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah melalui teknik silvikultur intensif berbasis rumpang.

Rumpang atau gap secara alami terbentuk akibat dari hilangnya satu atau beberapa pohon baik karena tumbang, mati ataupun akibat penebangan. Rumpang didefinisikan sebagai areal terbuka dalam kanopi hutan dimana di dalamnya terdapat vegetasi dengan rata-rata tinggi 2 m (Brokaw, 1982). Rumpang

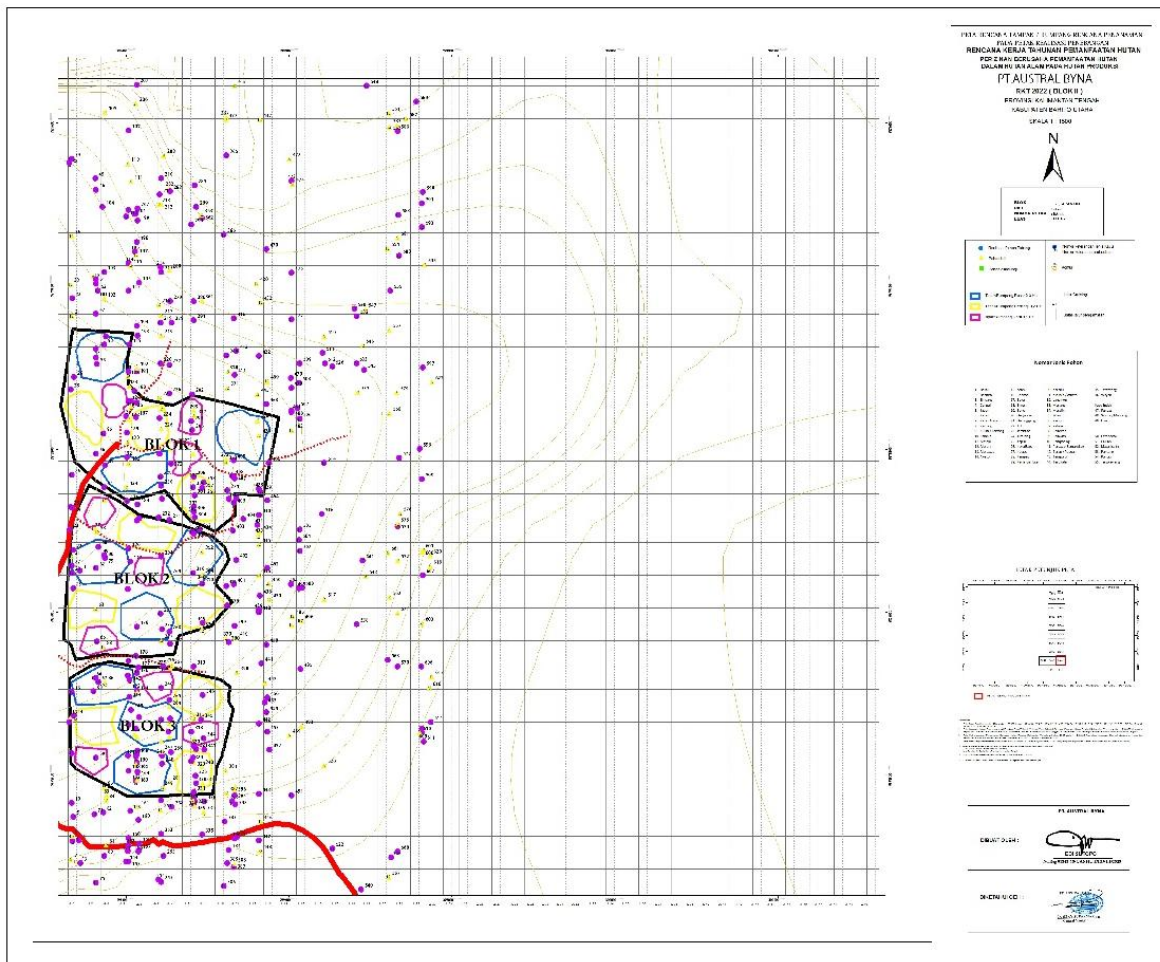
adalah areal terbuka, dimana bagian tepinya berupa vegetasi atau pohon dengan diameter lebih dari 20 cm, dan tinggi total lebih dari 10 m (Runkle, 1981).

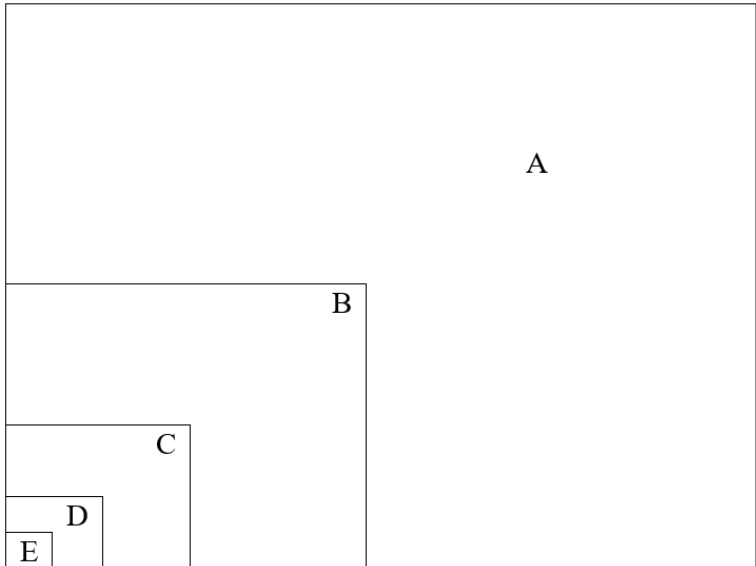
Keberadaan rumpang dapat memengaruhi struktur, dinamika dan komposisi jenis pada hutan tropis pasca tebangan (log-over area). Rumpang merupakan fase awal dari regenerasi hutan. Keberadaan rumpang yang terbuka memungkinkan cahaya matahari untuk masuk melalui celah-celah kanopi dan akan memengaruhi pertumbuhan anakan alam. Perbedaan luas rumpang akan memengaruhi pertumbuhan anakan di dalam rumpang. Luas rumpang rata-rata di hutan alam adalah sekitar 0,1 ha (Yamamoto, 2000). Berdasarkan kondisi ukuran rumpang alam tersebut, maka penelitian ini mengkategorikan beberapa luasan rumpang menjadi rumpang kecil (0,1-0,19 ha), sedang (0,2-0,29 ha) dan besar ($\geq 0,3$ ha). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi jenis dan potensi tegakan beberapa luas rumpang pasca tebangan (LOA 1 tahun) pada hutan alam produksi di Kalimantan Tengah.

2. Metodologi

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di areal Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) PT Austral Byna yang berlokasi di Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah. Penelitian dilaksanakan dari bulan Juli-November 2023. Hutan alam yang menjadi lokasi penelitian berada pada areal bekas tebangan dari RKT tahun 2022 (Logged Over Area/LOA-1 tahun). Observasi vegetasi dilakukan pada rumpang alami pasca penebangan di petak Silin Rumpang (Silvikultur Intensif pola Rumpang) BA 43 dan BA 44. Titik koordinat lokasi penelitian berada pada 0105°27,045"-0105°41,571" Lintang Utara dan 115011°54,481"-115011°42,007" Bujur Timur (Gambar 1).





- Keterangan (*Remarks*):
- A: Plot tingkat pohon (*Tree level plot*) (20 m x 20 m)
 - B: Plot tingkat tiang (*Pole level plot*) (10 m x 10 m)
 - C: Plot tingkat pancang (*Sapling level plot*) (5 m x 5 m)
 - D: Plot tingkat semai (*Seedling level plot*) (2 m x 2 m)
 - E: Plot ttumbuhan bawah (*Understory plants plot*) (1 m x 1 m)

Gambar (*Figure*) 2. Plot pengamatan vegetasi (*Vegetation observation plot*)

Kriteria parameter pengamatan untuk tingkat semai, pancang, tiang dan pohon sebagai berikut (Kusmana et al., 2022):

1. Semai adalah permudaan mulai dari kecambah sampai anakan setinggi kurang dari 1,5 m.
2. Pancang adalah permudaan dengan tinggi 1,5 m sampai anakan berdiameter kurang dari 10 cm.
3. Tiang adalah pohon muda berdiameter 10 cm sampai kurang dari 20 cm.
4. Pohon adalah pohon dewasa berdiameter 20 cm dan lebih.
5. Tumbuhan bawah adalah tumbuhan selain permudaan pohon, misalkan rumput, herba dan semak belukar.

Semua tingkatan vegetasi pada plot pengamatan dicatat nama lokal dan nama latinnya. Vegetasi pada tingkatan pohon dan tiang kemudian diukur diameter batang dan tinggi bebas cabangnya. Vegetasi pada tingkatan pancang, semai dan tumbuhan bawah dihitung jumlahnya. Semua tingkatan vegetasi yang diamati dikonversi kedalam luasan per ha. Pengukuran diameter pohon

menggunakan pita ukur diameter (*phi band*) dan pengukuran tinggi pohon menggunakan alat ukur tinggi pohon *nikon laser rangefinder*.

2.2.3. Analisis data

Pengolahan data dimulai dengan pengumpulan informasi dari setiap plot pengamatan yang telah ditentukan. Setiap rumpang kecil, sedang dan besar, diamati untuk mengidentifikasi kerapatan individu, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, dominansi, dominansi relatif, indeks nilai penting, indeks keanekragaman jenis, dan potensi tegakan (tingkat tiang dan pohon) dari setiap spesies tumbuhan berdasarkan kategori vegetasi (tumbuhan bawah, semai, pancang, tiang, dan pohon).

2.2.3.1. Indeks nilai penting (INP)

Indeks Nilai Penting (INP) merupakan suatu indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat dominasi dari suatu spesies pada suatu komunitas. Perhitungan menggunakan rumus (Soerianegara & Indrawan, 2002):

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

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

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukannya suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot pengamatan}} \times 100\%$$

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

$$\text{Dominansi} = \frac{\text{Luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{Luas plot pengamatan}}$$

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

Penentuan dominan ditentukan berdasarkan nilai INP, yaitu:

- a. INP tingkat tumbuhan bawah, semai, dan pancang: $\text{INP} = \text{KR} + \text{FR}$
- b. INP tingkat tiang dan pohon: $\text{INP} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR}$

2.2.3.2. Indeks keanekaragaman jenis (H')

Indeks keanekaragaman jenis menunjukkan struktur komunitas dan dapat juga digunakan sebagai pengukur stabilitas komunitas. Keanekaragaman jenis dapat dihitung menggunakan Diversity index Shannon-Wiener (Odum & Barrett, 1971).

$$H' = - \sum (p_i \ln p_i)$$

Dimana:

H' = indeks keragaman jenis,
 $p_i = n_i/N$, n_i = jumlah individu jenis ke- i ,
dan
 N = total seluruh individu.

Menurut Adelina et al. (2016) kriteria nilai indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener (H') yaitu: $H' \leq 1$ (keanekaragaman jenis rendah), $1 < H' < 3$ (keanekaragaman jenis sedang), dan $H' \geq 3$ (keanekaragaman tinggi).

2.2.3.3. Volume tegakan

Volume tegakan pada penelitian ini dibatasi hanya volume pohon sampai tinggi bebas cabang. Untuk menentukan

volume pohon digunakan persamaan yaitu:

$$V = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times Tbc \times 0,7$$

Dimana:

V = volume (m^3), $\pi = 3,14$,
 D = diameter setinggi dada (cm),
 Tbc = tinggi bebas cabang, dan
 $0,7$ = faktor angka bentuk pohon.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Indeks Nilai Penting (INP)

Tabel 1, menyajikan Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan bawah hingga tingkat pohon untuk tiga kategori ukuran rumpang. Hal ini memberikan wawasan mengenai kontribusi spesies dalam konteks ekosistem yang berbeda. Hasil analisis tumbuhan bawah di Blok I menunjukkan bahwa rumpang kecil didominasi oleh *M. acuminata* dengan INP 42.05%, yang menunjukkan pertumbuhan baik di area terbuka, serta kehadiran *N. biserrata* yang menandakan adaptasi yang baik. Pada rumpang sedang, *S. repens* meningkat menjadi 83.33%, menunjukkan adaptasi terhadap cahaya yang lebih baik, sementara *M. acuminata* tetap dominan. Di rumpang besar, *M.*

acuminata masih menunjukkan nilai tinggi (77.64%), tetapi *Calamus* sp. mengalami penurunan signifikan (19.20%), mengindikasikan berkurangnya keragaman tumbuhan bawah.

Indeks Nilai Penting (INP) untuk tingkat semai menunjukkan bahwa di rumpang kecil, *M. gigantea* mendominasi, diikuti oleh *A. argentea*, menandakan adanya keberagaman spesies. Di rumpang sedang, *M. gigantea* tetap dominan, tetapi *S. leprosula* menunjukkan kontribusi yang lebih baik. Pada rumpang besar, INP untuk *S. parvifolia* dan *D. carinatus* menurun akibat kompetisi yang lebih tinggi. Untuk tingkat pancang, di rumpang kecil, *D. lanceolata* menunjukkan dominasi, dengan kontribusi signifikan dari *M. gigantea*. Di rumpang sedang, *E. zwageri* menunjukkan penurunan, sementara *M. gigantea* tetap penting meski tertekan oleh kompetisi. Di rumpang besar, INP untuk *S.*

parvifolia dan *D. carinatus* juga menunjukkan penurunan signifikan akibat kompetisi dari pohon besar. Di tingkat tiang, *E. zwageri* memiliki nilai INP tertinggi di rumpang kecil (107.74%), menunjukkan adaptasi yang sangat baik di lingkungan tersebut. Sementara itu, *A. argentea* dan *M. gigantea* juga menunjukkan kontribusi yang signifikan di berbagai ukuran rumpang. Pada tingkat pohon, *M. gigantea* mendominasi rumpang kecil dengan nilai INP 51.21%, sementara *S. parvifolia* menunjukkan kontribusi yang baik. Di rumpang sedang, *S. leprosula* sangat dominan (66.67%), menunjukkan potensi regenerasi yang baik. Namun, pada rumpang besar, *S. parvifolia* dan *D. carinatus* mengalami penurunan nilai INP, menunjukkan tantangan dari kompetisi dengan pohon-pohon besar.

Tabel (Table) 1. Nilai INP vegetasi pada berbagai ukuran rumpang di areal blok I (*Important value index on the gap size at block I area*)

No.	Nama jenis (<i>species</i>)	Indeks nilai penting (<i>Important value index (%)</i>)		
		Rumpang kecil (<i>Small gap</i>)	Rumpang sedang (<i>Medium gap</i>)	Rumpang besar (<i>Big gap</i>)
1. Tumbuhan bawah (<i>Understorey</i>)				
a.	<i>Calamus sp.</i>	-	58.33	41.07
b.	<i>Musa acuminata</i>	42.05	58.33	35.12
c.	<i>Nephrolepis biserrata</i>	35.23	-	-
d.	<i>Pandanus sp.</i>	21.59	-	18.45
e.	<i>Stachyphrinium repens</i>	29.55	83.33	105.36
2. Semai (<i>Seedling</i>)				
a.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	83.33	-	-
b.	<i>Durio carinatus</i>	14.96	-	-
c.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	30.34	16.67	32.22
d.	<i>Fagraea racemosa</i>	18.80	-	-
e.	<i>Macaranga gigantea</i>	14.96	38.89	47.22
f.	<i>Macaranga hypoleuca</i>	-	-	16.11
g.	<i>Polyalthia rumphii</i>	-	22.22	-
h.	<i>Pterospermum javanicum</i>	-	16.67	-
i.	<i>Shorea leprosula</i>	-	66.67	-
j.	<i>Shorea parvifolia</i>	37.61	38.89	88.33
k.	<i>Syzygium palembanicum</i>	-	-	16.11
3. Pancang (<i>Sapling</i>)				
a.	<i>Aglaia argentea</i>	22.22	-	24.29
b.	<i>Anthocephalus cadamba</i>	-	21.59	-
c.	<i>Dialium indum</i>	-	-	17.14
d.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	88.89	-	-
e.	<i>Durio carinatus</i>	-	-	17.14
f.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	-	43.18	-
g.	<i>Fagraea racemosa</i>	-	21.59	-
h.	<i>Intsia sp.</i>	22.22	-	-
i.	<i>Litsea sp.</i>	-	-	17.14
j.	<i>Macaranga gigantea</i>	44.44	52.27	-
k.	<i>Macaranga hypoleuca</i>	-	-	24.29
l.	Muluk	-	-	17.14
m.	<i>Pterospermum javanicum</i>	-	-	24.29

n. Puak	22.22	-	-
o. <i>Polyalthia rumphii</i>	-	30.68	-
p. <i>Shorea laevifolia</i>	-	-	17.14
q. <i>Shorea leprosula</i>	-	30.68	-
r. <i>Shorea parvifolia</i>	-	-	24.29
s. <i>Syzygium palembanicum</i>	-	-	17.14
4. Tiang (Pole)			
a. <i>Afzelia rhomboidea</i>	-	-	52.97
b. <i>Aglaia argentea</i>	29.75	-	32.73
c. <i>Anthocephalus cadamba</i>	-	43.57	32.73
d. <i>Dryobalanops lanceolata</i>	-	28.81	-
e. <i>Durio carinatus</i>	-	41.26	-
f. <i>Eusideroxylon zwageri</i>	107.74	-	31.71
g. <i>Fagraea racemosa</i>	-	65.33	-
h. <i>Hopea albescens</i>	26.07	-	-
i. <i>Syzygium sp.</i>	37.19	-	-
j. <i>Knema sp.</i>	-	-	29.61
k. <i>Litsea sp.</i>	23.05	-	29.61
l. <i>Macaranga gigantea</i>	51.21	31.71	43.04
m. <i>Memecylon sp.</i>	-	-	48.21
n. <i>Mimusops elengi</i>	24.99	-	-
o. <i>Polyalthia rumphii</i>	-	28.81	-
p. <i>Syzygium borneense</i>	-	28.81	-
5. Pohon (Tree)			
a. <i>Afzelia rhomboidea</i>	-	28.08	27.04
b. <i>Aglaia argentea</i>	28.16	16.62	-
c. <i>Artocarpus kemando</i>	-	18.09	-
d. <i>Dacryodes rostrata</i>	-	15.44	-
e. <i>Dialium indum</i>	-	49.85	54.94
f. <i>Dillenia grandifolia</i>	-	-	17.67
g. <i>Dryobalanops lanceolata</i>	20.37	17.22	-
h. <i>Durio carinatus</i>	-	26.25	16.94
i. <i>Glochidion obscurum</i>	20.37	-	-
j. <i>Intsia bijuga</i>	-	17.86	-
k. <i>Litsea sp.</i>	57.13	17.86	-
l. <i>Koompassia excelsa</i>	78.80	-	17.67
m. <i>Lansium domesticum</i>	-	-	44.83
n. <i>Lithocarpus conocarpus</i>	20.37	-	19.35
o. <i>Macaranga gigantea</i>	-	-	29.39
p. <i>Palaquium lanceolata</i>	-	-	19.35
q. <i>Parinari oblongifolia</i>	26.22	-	-
r. <i>Pterospermum javanicum</i>	23.98	-	-
s. <i>Shorea parvifolia</i>	24.61	69.78	36.09
t. <i>Syzygium palembanicum</i>	-	-	16.71
u. <i>Syzygium sp.</i>	-	22.95	-

Pada blok II, terjadi dinamika struktur tegakan, permudaan alami, dan tumbuhan bawah. Tabel 2 menyajikan Indeks Nilai Penting (INP) untuk tumbuhan bawah di berbagai ukuran rumpang. Di rumpang kecil, *S. repens* menunjukkan dominasi tinggi, mendukung regenerasi hutan, sementara *Calamus sp.* juga berkontribusi signifikan. Pada rumpang sedang, dominasi *S. repens* tetap terlihat meskipun sedikit menurun, dan *M. acuminata* menunjukkan adaptasi baik. Di rumpang besar, *S. parvifolia* mendominasi, namun INP *Calamus sp.* menurun karena kompetisi yang lebih

tinggi.

Untuk tingkat semai, di rumpang kecil, *M. acuminata* memiliki potensi tumbuh yang baik, sementara di rumpang sedang, *S. parvifolia* menunjukkan keberhasilan. Di rumpang besar, *D. zibethinus* tetap berpotensi meski di area kompetisi tinggi. Pada tingkat pancang, di rumpang kecil, *M. gigantea* menunjukkan dominasi kuat, dan di rumpang sedang, *E. zwageri* memiliki INP tinggi. Di rumpang besar, *D. carinatus* tetap berkontribusi meski mengalami kompetisi. Untuk tingkat tiang, di rumpang kecil, *M. gigantea* berkontribusi

baik, sedangkan *E. zwageri* menunjukkan adaptasi di rumpang sedang. Di rumpang besar, *A. argentea* dapat bertahan meskipun menghadapi kompetisi. Di tingkat pohon, *D. carinatus* menunjukkan INP tinggi di rumpang kecil dan sedang, sedangkan dominasi *S. parvifolia* di rumpang besar menandakan kemampuannya bersaing baik di area terbuka, berkontribusi signifikan pada struktur hutan.

Tabel (Table) 2. Nilai INP vegetasi pada berbagai ukuran rumpang di areal blok II (*Important nalue index on the gap size at block II area*)

No.	Nama jenis (<i>species</i>)	Indeks nilai penting (<i>Important value indeks</i>) (%)		
		Rumpang kecil (<i>Small gap</i>)	Rumpang sedang (<i>Medium gap</i>)	Rumpang besar (<i>Big gap</i>)
1. Tumbuhan bawah (<i>Understorey</i>)				
a.	<i>Calamus sp</i>	48.15	41.90	19.20
b.	<i>Musa acuminata</i>	24.07	56.67	77.64
c.	<i>Stachyphrinium repens</i>	127.78	101.43	54.85
d.	<i>Nephrolepis biserrata</i>	-	-	48.31
2. Semai (<i>Seedling</i>)				
a.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	39.29	38.89	-
b.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	-	13.89	19.84
c.	<i>Gironniera nervosa</i>	-	13.89	-
d.	<i>Intsia bijuga</i>	-	16.67	-
e.	<i>Litsea sp.</i>	18.45	-	-
f.	<i>Macaranga gigantea</i>	35.12	22.22	45.24
g.	<i>Nephelium ramboutanake</i>	18.45	30.56	-
h.	<i>Shorea parvifolia</i>	88.69	63.89	109.52
i.	<i>Dacryodes rostrata</i>	-	-	25.40
3. Pancang (<i>Sapling</i>)				
a.	<i>Anthocephalus cadamba</i>	-	83.33	31.94
b.	<i>Artocarpus odoratissimus</i>	25.83	46.67	-
c.	<i>Durio carinatus</i>	32.50	-	12.50
d.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	-	-	12.50
e.	<i>Fagraea racemosa</i>	25.83	-	-
f.	<i>Macaranga gigantea</i>	19.17	-	12.50
g.	<i>Polyalthia rumphii</i>	19.17	23.33	12.50
h.	<i>Vitis trifolia</i>	19.17	-	-
i.	<i>Shorea parvifolia</i>	-	23.33	18.06
j.	<i>Dacryodes rostrata</i>	-	23.33	-
k.	<i>Shorea parvifolia</i>	58.33	-	-
l.	<i>Anthocephalus cadamba</i>	-	-	-
m.	<i>Pterospermum javanicum</i>	-	-	12.50
4. Tiang (<i>Pole</i>)				
a.	<i>Afzelia rhomboidea</i>	24.87	-	-
b.	<i>Aglaia argentea</i>	35.35	28.76	-
e.	<i>Anthocephalus cadamba</i>	-	54.01	63.40
d.	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	-	-	-
f.	<i>Artocarpus kemando</i>	37.45	-	-
g.	<i>Calamus sp</i>	19.20	-	-
h.	<i>Dacryodes rostrata</i>	-	25.40	47.26
i.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	22.68	-	-
j.	<i>Durio carinatus</i>	70.49	-	73.68
k.	<i>Durio kutejensis</i>	-	69.59	-
l.	<i>Durio zibethinus</i>	-	-	39.89
m.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	28.91	19.84	-
n.	<i>Lansium domesticum</i>	23.72	-	-
o.	<i>Lithocarpus conocarpus</i>	-	-	39.89
p.	<i>Litsea sp.</i>	-	31.13	-
q.	<i>Macaranga gigantea</i>	-	45.24	-
r.	<i>Musa acuminata</i>	77.64	-	-
s.	<i>Nephrolepis biserrata</i>	48.31	-	-
t.	<i>Palaquium maingayi</i>	-	46.74	-
u.	<i>Shorea parvifolia</i>	-	109.52	-
v.	<i>Stachyphrinium repens</i>	54.85	-	-
w.	<i>Syzygium sp.</i>	22.68	69.78	35.88

x.	<i>Trema orientalis</i>	33.84	-	-
5. Pohon (Tree)				
p.	<i>Azelia rhomboidea</i>	-	-	18.02
u.	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	34.67	19.62	18.40
p.	<i>Artocarpus kemando</i>	24.24	-	-
l.	<i>Dacryodes rostrata</i>	-	29.95	-
t.	<i>Dialium indum</i>	-	75.75	24.43
d.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	25.72	-	18.02
j.	<i>Durio carinatus</i>	84.74	-	16.58
v.	<i>Durio kutejensis</i>	15.49	-	-
f.	<i>Gironniera nervosa</i>	-	31.97	-
t.	<i>Koompassia excelsa</i>	-	-	55.14
r.	<i>Lansium domesticum</i>	15.76	-	-
w.	<i>Lithocarpus conocarpus</i>	17.09	20.04	-
e.	<i>Litsea sp.</i>	15.49	28.10	22.37
y.	Mangosi	16.06	-	-
x.	<i>Palaquium calophyllum</i>	15.49	-	-
k.	<i>Polyalthia rumphii</i>	-	-	16.97
h.	<i>Shorea parvifolia</i>	35.25	24.87	110.06
s.	<i>Syzygium sp.</i>	-	69.69	-

Di lokasi blok III, Tabel 3 menyajikan Indeks Nilai Penting (INP) untuk berbagai tingkat vegetasi (tumbuhan bawah, semai, pancang, tiang, dan pohon) pada rumpang kecil, sedang, dan besar. Pada tumbuhan bawah, *S. repens* mendominasi rumpang kecil dengan INP tinggi, menunjukkan kemampuannya tumbuh di kondisi terbuka, sementara *M. acuminata* juga berkontribusi baik. Di rumpang sedang, *Calamus sp.* menunjukkan dominasi kuat, dan *M. acuminata* tetap penting meski sedikit menurun. Pada rumpang besar, keduanya menunjukkan adaptasi baik.

Untuk tingkat semai, *M. acuminata* menunjukkan potensi tumbuh baik di rumpang kecil, sedangkan *S. parvifolia* berhasil di rumpang sedang. Di rumpang besar, *D. zibethinus* tetap

berpotensi meski menghadapi kompetisi tinggi. Pada tingkat pancang, *M. gigantea* mendominasi rumpang kecil, dan *E. zwageri* menunjukkan adaptasi baik di rumpang sedang. Di rumpang besar, *D. carinatus* berkontribusi meski kompetisi meningkat. Untuk tingkat tiang, *M. gigantea* menunjukkan kontribusi baik di rumpang kecil, sementara *E. zwageri* berhasil di rumpang sedang. Di rumpang besar, *S. parvifolia* berkontribusi meski dengan INP lebih rendah akibat kompetisi. Terakhir, di tingkat pohon, *D. lanceolata* berkontribusi penting di rumpang kecil, dan *S. leprosula* menunjukkan nilai INP tinggi di rumpang sedang. Di rumpang besar, *A. argentea* mendominasi dan berkontribusi signifikan terhadap struktur hutan.

Tabel (Table) 3. Nilai INP vegetasi pada berbagai ukuran rumpang di areal blok III
(Important value index on the gap size at block III area)

No.	Nama jenis (<i>species</i>)	Indeks nilai penting (<i>Important value index</i>) (%)		
		Rumpang kecil (<i>Small gap</i>)	Rumpang sedang (<i>Medium gap</i>)	Rumpang besar (<i>Big gap</i>)
1. Tumbuhan bawah (<i>Understorey</i>)				
a.	<i>Calamus sp</i>	28.00	57.49	22.78
b.	<i>Musa acuminata</i>	28.00	63.07	95.56
c.	<i>Stachyphrinium repens</i>	144.00	79.44	81.67
2. Semai (<i>Seedling</i>)				
a.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	41.56	-	-
b.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	23.38	-	-
c.	<i>Litsea sp.</i>	18.83	-	-
d.	<i>Nephelium ramboutanake</i>	18.83	-	-

Komposisi Jenis dan Potensi Tegakan pada Rumpang Pasca Tebangan di Kalimantan Tengah
(Species composition and standing potential in gaps of log-over area in Central Kalimantan)
Rosita Dewi, Prijanto Pamoengkas, Darwo, dan/and Ika Heriansyah

e.	<i>Shorea parvifolia</i>	97.40	-	-
f.	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	-	16.67	26.67
g.	<i>Artocarpus kemando</i>	-	38.89	-
h.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	-	-	51.67
i.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	-	13.89	21.67
j.	<i>Macaranga gigantea</i>	-	36.11	26.67
k.	<i>Nephelium sp.</i>	-	30.56	-
l.	<i>Shorea parvifolia</i>	-	63.89	73.33
3. Pancang (Sapling)				
a.	<i>Aglaia argentea</i>	23.33	-	18.38
b.	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	16.67	45.00	-
c.	<i>Artocarpus kemando</i>	-	38.89	-
d.	<i>Durio carinatus</i>	-	-	24.26
e.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	13.89	22.50	36.76
f.	<i>Litsea sp.</i>	-	32.50	-
g.	<i>Macaranga gigantea</i>	23.33	36.11	41.91
h.	<i>Neolamarckia cadamba</i>	-	-	36.03
i.	<i>Nephelium ramboutanake</i>	23.33	30.56	-
j.	<i>Palaquium calophyllum</i>	36.67	-	18.38
k.	<i>Polyalthia rumphii</i>	23.33	55.00	24.26
l.	<i>Shorea parvifolia</i>	70.00	63.89	22.50
m.	<i>Aglaia argentea</i>	-	-	-
4. Tiang (Pole)				
a.	<i>Aglaia argentea</i>	33.18	32.83	-
b.	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	-	-	22.81
c.	<i>Durio carinatus</i>	133.56	-	-
d.	<i>Durio carinatus</i>	-	32.83	131.14
e.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	36.61	72.48	53.19
f.	<i>Intsia bijuga</i>	-	-	22.81
g.	<i>Koompassia sp.</i>	-	42.26	-
h.	<i>Litsea sp.</i>	53.72	32.83	-
i.	<i>Polyalthia rumphii</i>	-	-	70.05
j.	<i>Pterospermum javanicum</i>	-	40.39	-
k.	<i>Shorea parvifolia</i>	42.92	42.92	-
l.	<i>Syzygium sp.</i>	-	46.37	-
5. Pohon (Tree)				
a.	<i>Aglaia argentea</i>	19.96	19.40	-
b.	<i>Artocarpus anisophyllus</i>	-	16.99	27.59
c.	<i>Artocarpus kemando</i>	-	26.83	-
d.	<i>Dacryodes rostrata</i>	-	-	32.98
e.	<i>Dialium indum</i>	-	23.00	-
f.	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	21.50	-	-
g.	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	19.96	-	23.42
h.	<i>Gironniera nervosa</i>	-	20.51	-
i.	<i>Intsia bijuga</i>	-	22.35	-
j.	<i>Koompassia excelsa</i>	-	-	16.72
k.	<i>Koompassia sp.</i>	-	15.11	-
l.	<i>Lithocarpus conocarpus</i>	-	31.84	-
m.	<i>Litsea sp.</i>	-	29.07	69.27
n.	<i>Madhuca motleyana</i>	-	24.03	-
o.	<i>Palaquium calophyllum</i>	-	-	38.56
p.	<i>Pterospermum javanicum</i>	-	16.99	15.98
q.	<i>Shorea leprosula</i>	-	39.50	-
r.	<i>Shorea parvifolia</i>	124.35	-	50.43
s.	<i>Syzygium sp.</i>	-	14.37	25.06

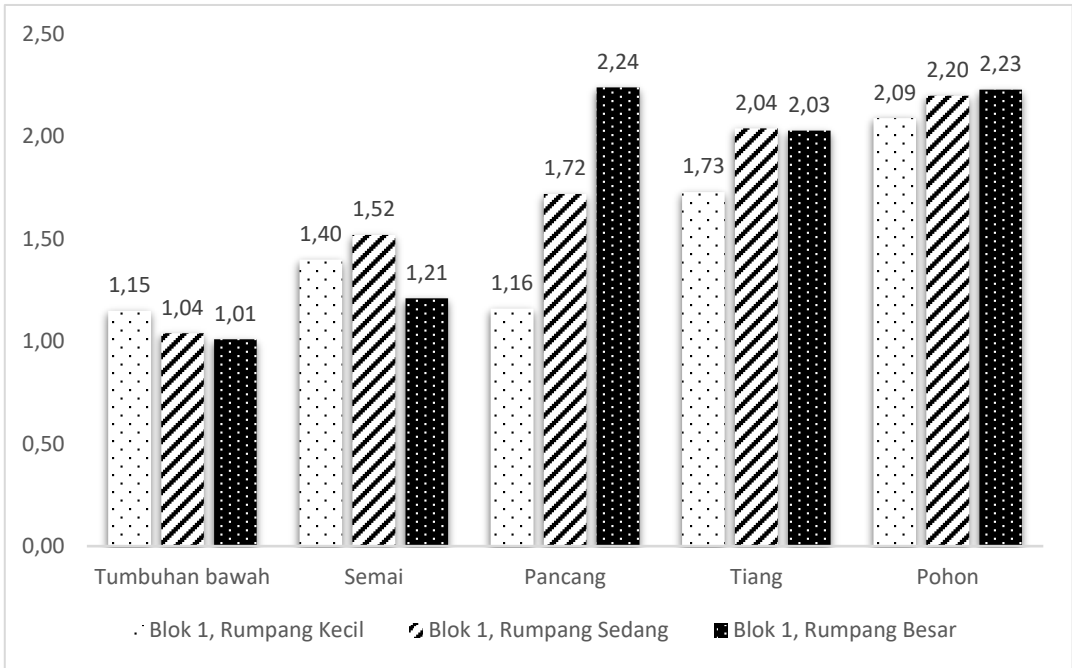
3.1.2. Indeks keanekaragaman jenis (H')

Indeks keanekaragaman jenis

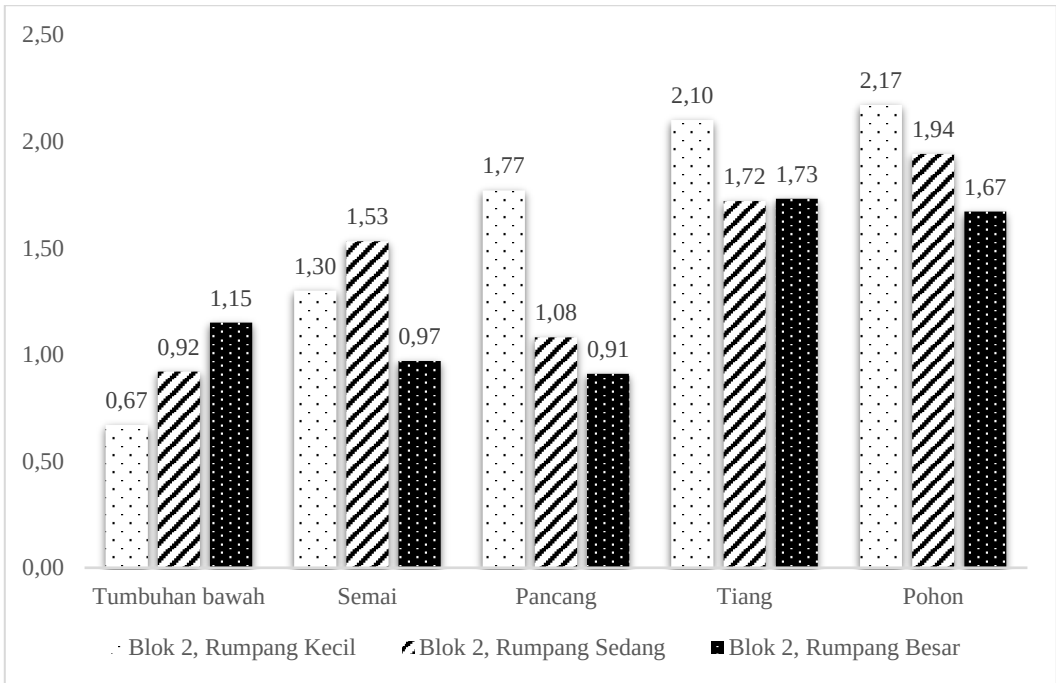
berkaitan dengan kestabilan dari komunitas vegetasi. Indeks keanekaragaman jenis tumbuhan bawah,

tingkat semai, tingkat pancang, tingkat tiang, dan tingkat pohon disajikan pada

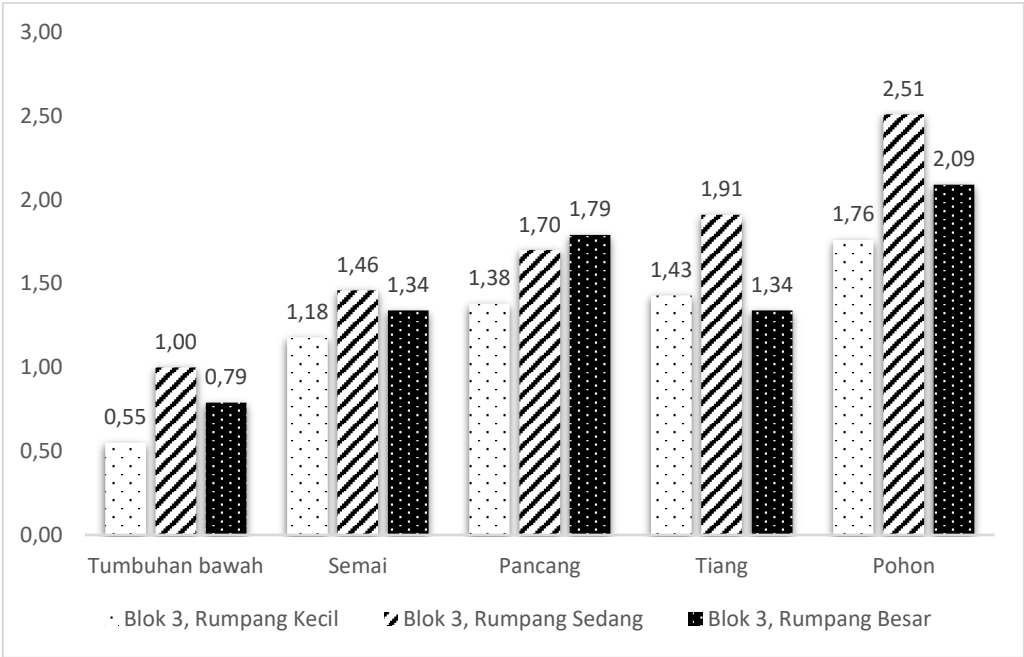
Gambar 2, 3, dan 4



Gambar (Figure) 3. Indeks keanekaragaman jenis (H') pada blok I (*Biodiversity index at block I*)



Gambar (Figure) 4. Indeks keanekaragaman jenis pada blok II (*Biodiversity index at block II*)



Gambar (Figure) 5. Indeks keanekaragaman jenis pada blok III (*Biodiversity index at block III*)

Secara keseluruhan, blok I menunjukkan keanekaragaman yang baik, dengan nilai tertinggi di tingkat pohon. Ini menunjukkan bahwa spesies pohon berperan penting dalam menjaga keanekaragaman ekosistem. Blok II menunjukkan variasi keanekaragaman yang lebih rendah dibandingkan Blok I, terutama di tingkat tumbuhan bawah dan semai. Ini mengindikasikan bahwa faktor lingkungan mungkin memengaruhi pertumbuhan spesies di area ini. Di blok III menunjukkan keanekaragaman jenis yang bervariasi, dengan nilai tertinggi di tingkat pohon. Ini menandakan bahwa meskipun ada tantangan di lapisan tumbuhan bawah dan semai, spesies pohon tetap berkontribusi signifikan terhadap keanekaragaman ekosistem.

3.1.3. Potensi tegakan

Potensi tegakan pada areal hutan bekas tebangan satu tahun menunjukkan variasi yang signifikan berdasarkan kelompok spesies dan kelas diameter. Kelompok jenis non Dipterocarpaceae mendominasi volume dan jumlah pohon, sementara kelompok jenis dilindungi menunjukkan potensi yang lebih rendah. Tindakan konservasi dan pengelolaan yang tepat diperlukan untuk meningkatkan potensi tegakan, terutama pada spesies yang dilindungi. Hal ini penting untuk merencanakan restorasi dan pengelolaan hutan berkelanjutan.

Tabel (Table) 4. Rekapitulasi potensi tegakan pada areal hutan bekas tebangan 1 tahun (*Recapitulation of stand potential in logged-over forest areas of 1 year*)

Petak tebangan (<i>Logging plots</i>)	Blok (<i>Block</i>)	Kelompok jenis (<i>Species group</i>)	Kelas diameter (<i>Diameter class</i>)											
			20-30 cm		30-40 cm		40-50 cm		50 cm up		40 cm up		20 cm up	
			N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
44	1	Dilindungi (<i>Protected</i>)	-	-	2.78	2.34	-	-	2.78	4.18	2.78	2.34	5.56	76.53
		Dipterocarpaceae	2.78	1.80	5.56	5.49	2.78	4.64	13.89	55.12	11.11	11.92	25.00	67.04
		Non Dipterocarpaceae	52.78	22.47	52.78	59.78	13.89	19.23	22.22	79.54	119.44	101.48	141.67	181.03
		Semua jenis (<i>All species</i>)	55.56	24.26	61.11	67.61	16.67	23.87	38.89	208.85	133.33	115.75	172.22	324.59
44	2	Dilindungi (<i>Protected</i>)	-	-	-	-	-	-	2.78	68.69	-	-	2.78	68.69
		Dipterocarpaceae	-	-	22.22	19.77	8.33	14.76	8.33	39.67	30.56	34.53	38.89	74.20
		Non Dipterocarpaceae	52.78	22.47	52.78	59.78	13.89	19.23	22.22	79.54	119.44	101.48	141.67	181.03
		Semua jenis (<i>All species</i>)	55.56	24.26	61.11	67.61	16.67	23.87	38.89	208.85	133.33	115.75	172.22	324.59
43	3	Dilindungi (<i>Protected</i>)	8.33	2.43	5.56	2.75	-	-	-	-	-	-	13.89	5.18
		Dipterocarpaceae	-	-	11.11	11.94	2.78	5.39	38.89	152.12	-	-	52.78	169.45
		Non Dipterocarpaceae	25.00	7.90	19.44	16.04	16.67	21.25	25.00	68.25	-	-	86.11	113.44
		Semua jenis (<i>All species</i>)	33.33	10.33	36.11	30.73	19.44	26.63	63.89	220.38	-	-	152.78	288.07
Rata-rata kelompok jenis dilindungi (<i>The average species group is protected</i>)			2.78	0.81	2.78	1.70	-	-	1.85	47.62	0.93	0.78	7.41	50.13
Rata-rata kelompok jenis Dipterocarpaceae (<i>The average species group of Dipterocarpaceae</i>)			0.93	0.60	12.96	12.40	4.63	8.26	20.37	82.30	13.89	15.48	38.89	103.56
Rata-rata kelompok jenis non Dipterocarpaceae (<i>The average species group of non Dipterocarpaceae</i>)			43.52	17.61	41.67	45.20	14.81	19.91	23.15	75.78	79.63	67.66	123.15	158.50
Rata-rata semua jenis (<i>The average all species</i>)			48.15	19.62	52.78	55.32	17.59	24.79	47.22	212.69	88.89	77.16	165.74	312.42

3.2. Pembahasan

3.2.1. Komposisi jenis

Komposisi jenis menunjukkan jumlah jenis dan keberadaan jenis tersebut di dalam komunitas vegetasinya. Komposisi jenis berkaitan dengan penguasaan jenis di dalam komunitasnya. Komposisi jenis berkaitan dengan nilai INP dimana semakin tinggi nilai INP jenis tersebut, maka semakin dominan peranan jenis tersebut di dalam komunitas vegetasinya.

Perbandingan INP di semua ukuran rumpang mencerminkan dinamika pertumbuhan spesies yang bervariasi dengan tantangan dan peluang yang berbeda. Kegiatan penebangan pada hutan alam akan memengaruhi komposisi jenis dan struktur tegakan (Jati et al., 2018). Kajian Cleary, (2017) menunjukkan bahwa setelah penebangan akan muncul rumpang-rumpang (*gap*) yang akan cepat terisi oleh jenis-jenis tumbuhan pionir atau anakan alam dari jenis-jenis komersial yang selamat dari kegiatan penebangan dan akan tumbuh menjadi pohon. Pada areal bekas tebangan (LOA-1 tahun) untuk permudaan alam (semai dan pancang) di dominasi oleh jenis-jenis permudaan dari famili *Dipterocarpaceae*.

Famili *Dipterocarpaceae* terdiri dari jenis-jenis komersial penting yang dominan pada hutan tropis dataran rendah di Asia Tenggara (Zulkarnaen et al., 2023). Permudaan alam yang memiliki nilai INP tinggi pada tingkatan semai dan pancang pada rumpang pasca tebangan, yaitu jenis *D. lanceolata* dan *S. parvifolia* merupakan jenis komersial yang dikenal dengan nama kayu kapur tanduk dan meranti merah. Keberadaan dominansi permudaan alam jenis *D. lanceolata* pada tingkatan semai dan pancang ditemukan pada area rumpang kecil.

Hasil kajian Tirkaamiana et al. (2019) menyebutkan bahwa jenis *D. lanceolata* merupakan jenis yang intoleran terhadap naungan. Keberadaan sinar matahari di lantai hutan sangat penting bagi proses fotosintesis. Intensitas cahaya yang optimal pada daun akan mempercepat pembukaan stomata dan laju transpirasi, sehingga memengaruhi laju fotosintesis. Peningkatan laju fotosintesis

akan mempercepat pertumbuhan tanaman.

S. parvifolia adalah salah satu spesies pohon hutan hujan dataran rendah tropis yang paling umum di Asia Tenggara. Spesies tersebut dapat bertahan hidup pada rumpang karena memiliki karakter *gap-opportunis*. Pada awal pertumbuhan, jenis *Shorea* membutuhkan naungan, tetapi akan membutuhkan intensitas cahaya yang lebih tinggi untuk pertumbuhan ketika memasuki tahap berikutnya (Iwanaga et al., 2012). Keberadaan dominansi permudaan alam jenis *S. parvifolia* pada tingkatan semai dan pancang ditemukan pada areal rumpang dengan semua luasan baik kecil, sedang dan besar. *S. parvifolia* merupakan spesies pohon *Dipterocarpaceae* yang memiliki sebaran yang luas dan tumbuh cepat dan baik pada dataran rendah dan tinggi (Karmilasanti & Fajri, 2020).

Hutan-hutan pasca tebangan di Pulau Kalimantan sebagian besar didominasi oleh jenis-jenis pionir seperti *Macaranga* sp. dan *A. cadamba* yang memiliki biji sangat kecil dan penyebarannya oleh angin dan burung (Cleary, 2017). Permudaan pada tingkatan pancang dan tiang jenis-jenis pionir seperti *M. gigantea*, *A. cadamba* dan *P. rumpii* mendominasi pada rumpang sedang dan besar dengan ukuran rumpang 0,2 sampai lebih dari 0,3 ha. Pembukaan kanopi pada rumpang sedang dan besar akan menyebabkan peningkatan ketersediaan cahaya matahari di lantai hutan, sehingga komposisi jenis akan bergeser dari jenis toleran menjadi didominasi oleh jenis-jenis pionir (Jati et al., 2018). Jenis-jenis pionir adalah jenis yang tumbuh di awal proses suksesi (Kusmana et al., 2022). Keberadaan jenis-jenis pionir yang memiliki nilai INP tinggi seperti *M. gigantea* dan *A. cadamba* memiliki pengaruh yang tinggi terhadap ekosistem.

3.2.2. Potensi tegakan

Kondisi areal bekas tebangan (LOA-1 tahun) di PT Austrla Byna yang dijadikan “Silin Rumpang” terdapat potensi jenis komersial berdiameter 40 cm ke atas sebesar 76,38 m³/ha dengan kerapatan tegakan 87,96 pohon/ha,

diantaranya *Dipterocarpaceae* 15,48 m³/ha dengan kerapatan tegakan 13,89 pohon/ha dan komersil non *Dipterocarpaceae* 67,66 m³/ha dengan kerapatan tegakan 79,63 pohon/ha. Kondisi potensi tegakan jenis komersial di areal tersebut masih tinggi, namun perusahaan hanya menebang jenis komersial dari kelompok *Dipterocarpaceae* yaitu *S. leprosula*, *S. parvifolia*, dan *D. lanceolata* sesuai dengan permintaan industri kayu pertukangan.

Potensi pohon inti dari kelompok jenis *Dipterocarpaceae* (*S. leprosula*, *S. parvifolia* dan *D. lanceolata*) mencapai 13 pohon/ha. Jika yang dijadikan pohon inti selain kelompok jenis *Dipterocarpaceae*, maka ada tambahan pohon inti dari kelompok komersil non *Dipterocarpaceae* sebesar 36 pohon/ha. Jika pohon inti diambil dari jenis komersil kelompok *Dipterocarpaceae* dan non *Dipterocarpaceae*, maka areal tersebut cukup diterapkan sistem silvikultur TPTI dan pengkayaan dilakukan pada areal yang pohon inti kurang dari 25 pohon/ha.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Komposisi jenis pada petak rumpang pasca tebangan (LOA-1 tahun) didominasi oleh permudaan alam pada tingkat semai dan pancang dari famili *Dipterocarpaceae* seperti jenis *S. parvifolia* dan *D. lanceolata*. Dominansi permudaan alam jenis *D. lanceolata* pada tingkat semai dan pancang ditemukan pada areal rumpang kecil dengan luasan rumpang kurang antara 0,1-0,19 ha. Dominansi permudaan alam jenis-jenis pionir pada tingkat pancang dan tiang seperti *M. gigantea* ditemukan pada rumpang sedang dan rumpang besar dengan luasan rumpang antara 0,2-0,3 ha. Potensi tegakan pohon-pohon komersial *Dipterocarpaceae* berdiameter 40 cm ke atas setelah 1 tahun tebangan berpotensi rendah, yaitu 15,48 m³/ha dengan kerapatan 13,89 pohon per ha. Potensi tegakan spesies *S. leprosula* sebesar 12,22 m³/ha dengan kerapatan 10,19 pohon/ha, dan *D. lanceolata* 3,26 m³/ha dengan kerapatan 3,70 pohon/ha. Pada areal hutan

bekas tebangan (LOA 1 tahun) jumlah jenis per ha untuk *Dipterocarpaceae* didominasi oleh pohon-pohon dengan kelas diameter 20 cm ke atas yaitu sebanyak 38,89 pohon/ha. Adapun potensi tegakan jenis-jenis *Dipterocarpaceae* untuk kelas diameter 20 cm ke atas cukup tinggi (103,56 m³/ha).

4.2. Saran

Pada areal rumpang bekas tebangan (LOA-1 tahun), jika pohon inti diambil dari jenis komersil kelompok *Dipterocarpaceae*, maka diperlukan pengayaan, namun jika pohon inti berasal dari *Dipterocarpaceae* dan non *Dipterocarpaceae*, maka areal tersebut cukup diterapkan sistem silvikultur TPTI dengan pengkayaan di area kosong yang memerlukan pengkayaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan bantuan pendanaan pada kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adelina, M., Harianto, S.P., & Nurcahyani, N. (2016). Keanekaragaman jenis burung di Hutan Rakyat Pekon Kelungu, Kecamatan Kotaagung, Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(2), 51-60.
- Brokaw, N.V.L. (1982). The definition of tree-fall gap and its effect on measures of forest dynamics. *Biotropica*, 14, 158-160.
- Cleary, D.F.R. (2017). Impact of logging on tree, liana and herb assemblages in a Bornean forest. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(8), 806-817. <https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1372294>
- Iwanaga, H., Teshima, K.M., Khatab, I.A., Nobuyuli, I., Finkeldey, R., Siregar, I.Z., Siregar, U.J., & Szmidt, A.E. (2012). Population structure and demographic history of a tropical lowland rainforest tree species *Shorea parvifolia* (*Dipterocarpaceae*)

- from Southeastern Asia. *Ecology and Evolution*, 2(7), 1663-1675. <https://doi.org/10.1002/ece3.284>
- Jati, A.S., Samejima, H., Fujiki, S., Kurniawan, Y., Aoyagi, R., & Kitayama, K. (2018). Effects of logging on wildlife communities in certified tropical rainforests in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 427(104), 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.054>
- Karmilasanti, & Fajri, M. (2020). Struktur dan komposisi jenis vegetasi di hutan sekunder: studi kasus KHDTK Labanan Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 17(2), 69-85.
- Kusmana, C., Istomo, Winata, B., & Hilwan, I. (2022). *Ekologi hutan Indonesia*. IPB Press.
- Naharuddin, N. (2018). Komposisi dan struktur vegetasi dalam potensinya sebagai parameter hidrologi dan erosi. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(2), 134-142. <https://doi.org/10.20527/jht.v5i2.4367>
- Nyland, R.D. (2002). *Silviculture: Concepts and application*. McGraw-Hill Series in Forest Resources.
- Odum, E.P., & Barrett, G.W. (1971). *Fundamentals of ecology*. Saunders, Philadelphia.
- Okuda, T., Suzuki, M., Adachi, N., Quah, E.S., Hussein, N.A., & Manokaran, N. (2003). Effect of selective logging on canopy and stand structure and tree species composition in a lowland dipterocarp forest in peninsular Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 175, 297-320.
- Pratama, F.R., Arifin, Y.F., & Fitriani, A. (2021). Studi komposisi, struktur, dan asosiasi tumbuhan sekitar pasak bumi (*Eurycoma longifolia*) di areal IUPHHK PT . Austral Byna, Kalimantan Tengah. *Jurnal Sylva Scientiae*, 04(1), 72-83.
- Runkle, J.R. (1981). Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States. *Ecology*, 62, 1041-1051.
- Soerianegara, I., & Indrawan. (2002). *Ekologi Hutan Indonesia*. IPB, Bogor.
- Tirkaamiana, M.T., Partasasmita, R., & Kamarubayana, L. (2019). Short communication: Growth patterns of shorea leprosula and dryobalanops lanceolata in borneo's forest managed with selective cutting with line replanting system. *Biodiversitas*, 20(4), 1160-1165. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200431>
- Yamamoto, S.I. (2000). Forest gap dynamics and tree regeneration. *J.For Res*, 5, 223-229.
- Zulkarnaen, R.N., Helmanto, H., Primananda, E., Kusuma, Y.W.C., & Robiansyah, I. (2023). Population status and conservation of the threatened and endemic tree *Vatica javanica* subsp. *javanica* (Dipterocarpaceae). *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 16(4), 653-657. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2023.08.008>.

Lampiran (Appendix) 1. Potensi tegakan pada areal hutan alam bekas tebangan yang dijadikan Silin Rumpang di Kabupaten Barito Utara, Kaliman Tengah (*The Standing potential in the logged-over natural forest area that was converted into Silin Rumpang in North Barito Regency, Central Kalimantan*)

No.	Kelompok jenis (<i>Species group</i>)	Kelas diameter (<i>Diameter class</i>)											
		20-30 cm		30-40 cm		40-50 cm		50 cm up		40 cm up		20 cm up	
		N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
A.	Blok I												
1.	Kelompok Dilindungi												
a.	Koompassia excelsa	-	-	2.78	2.34	-	-	2.78	74.18	2.78	2.34	5.56	76.53
	Jumlah Kelompok Dilindungi	-	-	2.78	2.34	-	-	2.78	74.18	2.78	2.34	5.56	76.53
2.	Kelompok Dipterocarpaceae												
a.	Dryobalanops lanceolata	-	-	5.56	5.49	-	-	-	-	5.56	5.49	5.56	5.49
b.	Shorea parvifolia	2.78	1.80	-	-	2.78	4.64	13.89	55.12	5.56	6.43	19.44	61.55
	Jumlah Kelompok Dipterocarpaceae	2.78	1.80	5.56	5.49	2.78	4.64	13.89	55.12	11.11	11.92	25.00	67.04
3.	Kelompok Non Dipterocarpaceae												
a.	Aglaia argentea	5.56	1.65	2.78	1.88	-	-	-	-	8.33	3.52	8.33	3.52
b.	Artocarpus kemandu	-	-	2.78	2.97	-	-	-	-	2.78	2.97	2.78	2.97
c.	Dacryodes rostrata	2.78	0.95	-	-	-	-	-	-	2.78	0.95	2.78	0.95
d.	Dialium indum	25.00	10.20	16.67	25.10	8.33	12.46	8.33	32.97	50.00	47.76	58.33	80.73
e.	Durio carinatus	2.78	1.93	2.78	1.65	2.78	2.93	-	-	8.33	6.50	8.33	6.50
f.	Glochidion obscurum	-	-	2.78	1.66	-	-	-	-	2.78	1.66	2.78	1.66
g.	Intsia bijuga	5.56	2.21	2.78	2.64	-	-	2.78	16.72	8.33	4.85	11.11	21.57
h.	Lansium domesticum	5.56	3.35	-	-	2.78	3.85	-	-	8.33	7.20	8.33	7.20
i.	Lithocarpus conocarpus	-	-	5.56	5.80	-	-	-	-	5.56	5.80	5.56	5.80
j.	Litsea firma	-	-	2.78	3.31	-	-	-	-	2.78	3.31	2.78	3.31
k.	Palaquium lanceolata	-	-	2.78	3.31	-	-	-	-	2.78	3.31	2.78	3.31
l.	Parinari oblongifolia	-	-	-	-	-	-	2.78	7.74	-	-	2.78	7.74
m.	Pterospermum javanicum	-	-	-	-	-	-	2.78	2.49	-	-	2.78	2.49
n.	Syzygium palembanicum	2.78	1.44	-	-	-	-	-	-	2.78	1.44	2.78	1.44
o.	Syzygium sp	2.78	0.74	2.78	2.06	-	-	-	-	5.56	2.80	5.56	2.80
p.	Macaranga gigantea	-	-	5.56	6.84	-	-	-	-	5.56	6.84	5.56	6.84
q.	Biwan	-	-	-	-	-	-	5.56	19.62	-	-	5.56	19.62
r.	tempuro (akar jangkar)	-	-	2.78	2.56	-	-	-	-	2.78	2.56	2.78	2.56
	Jumlah Kelompok Non Dipterocarpaceae	52.78	22.47	52.78	59.78	13.89	19.23	22.22	79.54	119.44	101.48	141.67	181.03
	Jumlah Semua Jenis pada Blok I	55.56	24.26	61.11	67.61	16.67	23.87	38.89	208.85	133.33	115.75	172.22	324.59

Komposisi Jenis dan Potensi Tegakan pada Rumpang Pasca Tebangan di Kalimantan Tengah
(Species composition and standing potential in gaps of log-over area in Central Kalimantan)
Rosita Dewi, Prijanto Pamoengkas, Darwo, dan/and Ika Heriansyah

Lampiran (Appendix) 1. Lanjutan (Advanced)

No.	Jenis	20-30 cm		30-40 cm		40-50 cm		50 cm up		40 cm up		20 cm up	
		N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
A. Blok II													
1. Dilindungi		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a.	Koompassia excelsa	-	-	-	-	-	-	2.78	68.69	-	-	2.78	68.69
	Jumlah Kelompok Dilindungi	-	-	-	-	-	-	2.78	68.69	-	-	2.78	68.69
2. Kelompok Dipterocarpaceae													
a.	Dryobalanops lanceolata	-	-	5.56	4.30	-	-	-	-	5.56	4.30	5.56	4.30
b.	Shorea parvifolia	-	-	16.67	15.47	8.33	14.76	8.33	39.67	25.00	30.22	33.33	69.89
	Jumlah Kelompok Dipterocarpaceae	-	-	22.22	19.77	8.33	14.76	8.33	39.67	30.56	34.53	38.89	74.20
3. Kelompok Non Dipterocarpaceae													
a.	Artocarpus anisophyllus	5.56	2.71	2.78	2.64	2.78	2.93	-	-	11.11	8.29	11.11	8.29
b.	Dacryodes rostrata	-	-	-	-	-	-	3.70	10.32	-	-	3.70	10.32
c.	Dialium indum	2.78	0.92	-	-	-	-	5.56	15.87	2.78	0.92	8.33	16.79
e.	Durio carinatus	11.11	4.09	2.78	3.31	5.56	6.11	-	-	19.44	13.50	19.44	13.50
f.	Gironniera nervosa	-	-	-	-	-	-	2.78	14.83	-	-	2.78	14.83
g.	Lansium domesticum	-	-	-	-	-	-	5.56	21.14	-	-	5.56	21.14
h.	Lithocarpus conocarpus	2.78	0.89	-	2.78	0.67	-	-	-	3.45	3.67	3.45	3.67
i.	Litsea firma	2.78	5.72	-	-	-	-	2.78	6.93	2.78	5.72	5.56	12.65
j.	Litsea sp	-	-	-	-	-	-	2.78	11.36	-	-	2.78	11.36
k.	Mangosi	-	-	-	-	-	-	2.78	7.74	-	-	2.78	7.74
l.	Palaquium rostratum	-	-	-	-	-	-	2.78	4.62	-	-	2.78	4.62
m.	Polyalthia rumphii	2.78	1.43	-	-	-	-	-	-	2.78	1.43	2.78	1.43
n.	Syzygium sp	-	-	-	-	2.78	3.66	5.56	13.85	2.78	3.66	8.33	17.52
o.	Biwan	-	-	2.78	1.87	-	-	2.78	6.16	2.78	1.87	5.56	8.03
	Jumlah Kelompok Non Dipterocarpaceae	27.78	15.76	8.33	10.60	11.78	12.70	37.04	112.82	47.89	39.06	84.93	151.88
	Jumlah Semua Jenis pada Blok II	27.78	15.76	30.56	30.37	20.12	27.46	48.15	221.18	78.45	73.59	126.60	294.76

Lampiran (Appendix) 1. Lanjutan (Advanced)

No.	Jenis	20-30 cm		30-40 cm		40-50 cm		50 cm up		40 cm up		20 cm up	
		N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
A.	Blok III												
1.	Kelompok Dilindungi												
	Eusideroxylon zwageri	5.56	1.48	2.78	1.37	-	-	-	-	-	-	8.33	2.85
	Koompassia excelsa	2.78	0.95	2.78	1.37	-	-	-	-	-	-	5.56	2.33
	Jumlah Kelompok Dilindungi	8.33	2.43	5.56	2.75	-	-	-	-	-	-	13.89	5.18
2.	Kelompok Dipterocarpaceae												
a.	Dryobalanops lanceolata	-	-	2.78	3.13	-	-	-	-	-	-	2.78	3.13
b.	Shorea leprosula	-	-	-	-	-	-	16.67	61.36			16.67	61.36
c.	Shorea parvifolia	-	-	8.33	8.81	2.78	5.39	22.22	90.76	-	-	33.33	104.95
	Jumlah Kelompok Dipterocarpaceae	-	-	11.11	11.94	2.78	5.39	38.89	152.12	-	-	52.78	169.45
3.	Kelompok Non Dipterocarpaceae												
	Aglaia argentea	-	-	2.78	2.06	-	-	2.78	5.72	-	-	5.56	7.78
	Artocarpus anisophyllus	2.78	0.95	-	-	5.56	6.59	-	-	-	-	8.33	7.55
	Artocarpus kemando	-	-	-	-	5.56	7.33	-	-	-	-	5.56	7.33
	Dacryodes rostrata	5.56	1.69	-	-	-	-	-	-	-	-	5.56	1.69
	Dialium indum	-	-	-	-	-	-	2.78	11.73	-	-	2.78	11.73
	Durio carinatus	-	-	-	-	-	-	2.78	5.72	-	-	2.78	5.72
	Gironniera nervosa	5.56	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	5.56	1.28
	Intsia bijuga	-	-	-	-	-	-	2.78	8.79	-	-	2.78	8.79
	Lithocarpus conocarpus	-	-	5.56	5.73	-	-	-	-	-	-	5.56	5.73
	Litsea sp	2.78	1.80	2.78	1.87	2.78	3.66	8.33	21.36	-	-	16.67	28.69
	Madhuca motleyana	-	-	-	-	-	-	2.78	7.74	-	-	2.78	7.74
	Palaquium sp	2.78	0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	2.78	0.61
	Polyalthia rumphii	-	-	2.78	2.80	-	-	-	-	-	-	2.78	2.80
	Pterospermum javanicum	2.78	0.61	-	-	2.78	3.66	-	-	-	-	5.56	4.27
	Syzygium sp	2.78	0.95	5.56	3.58	-	-	2.78	7.18	-	-	11.11	11.71
	Jumlah Kelompok Non Dipterocarpaceae	25.00	7.90	19.44	16.04	16.67	21.25	25.00	68.25	-	-	86.11	113.44
	Jumlah Semua Jenis pada Blok III	33.33	10.33	36.11	30.73	19.44	26.63	63.89	220.38	-	-	152.78	288.07

Laboratory Experiments on the Effect of Moisture Content on Fire Propagation and Overhang Phenomenon in Burnt Tropical Peat Samples
(*Uji Laboratotium Pengaruh Kadar Air terhadap Penyebaran Api dan Fenomena Overhang pada Sampel Gambut Tropika Terbakar*)

Erianto Indra Putra^{1*}, Madda Dariah Sujati², dan/and Yulianto Sulistyo Nugroho³

¹Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Environment IPB University, Jl. Ulin Kampus IPB Darmaga, Bogor Indonesia 16680

²Alumni of Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Environment IPB University, recently work at PT. Mega Finance, Jl. Raya Parung, Bogor Indonesia 16330

³Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering Universitas Indonesia, Kukusan, Depok Indonesia 16425

*E-mail : eriantopu@apps.ipb.ac.id

Tanggal diterima: 5 Mei 2025; Tanggal disetujui: 2 Juni 2025; Tanggal direvisi: 12 Juni 2025

Abstract

Peat fires are categorized as ground fires and are often accompanied by the formation of overhangs, which indicate deep peat fire occurrences. This study aims to examine how peat fires propagate under different moisture contents and how this affects the formation of overhangs at a laboratory scale. The parameters assessed include temperature changes over time, propagation rate, temperature distribution, and the visual presence of overhangs. Peat samples with 8%, 15%, and 23% moisture content were tested. The results showed that heat lasted the shortest in the 23% moisture content samples. Fire propagation was faster in the vertical direction than horizontally. Differences in temperature distribution at the start of combustion were caused by a shift in the coil heater. Notably, overhang structures were visually identified only in the 23% moisture content samples, while the 8% and 15% samples showed only the subsidences.

Keywords: *Peat fires, combustion, subsidence*

Abstrak

Kebakaran gambut dikategorikan sebagai kebakaran bawah permukaan (*ground fire*) dan sering disertai dengan terbentuknya *overhang* yang menunjukkan terjadinya pembakaran gambut dalam. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana penyebaran api pada gambut dengan kadar air yang berbeda serta dampaknya terhadap pembentukan *overhang* pada skala laboratorium. Parameter yang diamati, meliputi perubahan suhu terhadap waktu, laju penjaralan api, distribusi suhu, dan keberadaan visual *overhang*. Sampel gambut dengan kadar air 8%, 15%, dan 23% digunakan dalam percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panas paling cepat hilang pada sampel dengan kadar air 23%. Penyebaran api lebih cepat terjadi secara vertikal dibandingkan horizontal. Perbedaan distribusi suhu pada awal pembakaran disebabkan oleh pergeseran koil pemanas. Secara visual, struktur *overhang* hanya teridentifikasi pada sampel dengan kadar air 23%, sedangkan pada sampel 8% dan 15% hanya menunjukkan subsidensi.

Kata kunci: Kebakaran gambut, pembakaran, subsidensi

1. Introduction

Peatlands are vital ecosystems formed through the long-term accumulation of organic matter under waterlogged conditions. Indonesia's peatlands, covering approximately 13.43 million hectares, are predominantly found

in Sumatra (43.6%), Kalimantan (33.8%), Papua (22.4%), and Sulawesi (0.18%) (Anda et al., 2021). These ecosystems develop through paludification, a process in which plant biomass, particularly from trees, accumulates more rapidly than it decomposes, resulting in distinct soil

characteristics (Wahyunto & Suryadiputra, 2008; Noor et al., 2014). Peat ecosystems are fragile and prone to degradation because of their unique physical, chemical, and biological characteristics. Moreover, tropical peat soils are subject to irreversible drying, and have sensitivity to subsidence (Yuwati et al., 2021)

Degraded peatlands undergo a transformation from hydrophilic to hydrophobic properties, reducing their water retention capacity and increasing their vulnerability to fire (Noor et al., 2014; Perdana et al., 2018). Peat fires, which typically ignite at the surface and smolder beneath the ground, are notoriously challenging to extinguish. Lin et al. (2020) showed that the minimum rainfall intensity to extinguish the peat fire is roughly 4 mm/h, so that the persistent light rain cannot suppress such smoldering wildfire. These fires emit significant amounts of carbon dioxide (CO₂), exacerbating global warming and also lead to land subsidence and widespread ecological damage (Rein et al., 2008; Noor et al., 2014). A particularly destructive feature of these fires is the overhanging soil phenomenon, where unburnt surface layers remain suspended above the burnt sublayers, indicating deep peat fires (Huang et al., 2016). An overhang is formed because of the faster horizontal spread rate a few centimeters below the surface due to the reduced convective heat losses compared to the free surface of the organic soil fuel bed. The collapse of the peat overhang is because the char layer is gradually consumed and can no longer support the weight of the above soil (Santoso et. al.,

2019).

Although peat fires have been widely studied, the overhang soil phenomenon—especially in tropical peatlands—is still not well understood. Some studies have studied this phenomenon in tropical peat, such as research done by Usup et al. (2004), Santoso et al. (2022), and Palamba & Wardhani (2023). However, there has been no research specifically focused on overhang formation in tropical peat from previously burnt areas. This study aims to observe how peat fires spread under different moisture contents and how this affects the formation of overhangs at the laboratory scale. The results are expected to provide useful insights into fire behavior in tropical peat and help improve strategies for fire control and sustainable peatland management. To our knowledge, this is the first study that explores overhang characteristics in peat samples taken from post-burn areas.

2. Methodology

2.1. Location and equipment used

The peat soil samples used in this study were oven-dried to reach three targeted moisture content (MC) levels: 8%, 15%, and 23%. The samples were collected from a burnt peatland area located in Sinar Wajo Village, Tanjung Jabung Timur Regency, Jambi Province, Indonesia. Peat sampling was carried out using an intact soil sampling method to maintain the natural structure of the peat. The sampler used was a 60 cm PVC tube fitted with end caps (Fig. 1).



Fig. (Gambar) 1. A-60 cm PVS used to collect peat samples (*Paralon setinggi 60 cm yang digunakan untuk mengambil sampel gambut*)

The laboratory experiment was conducted at the Thermodynamics Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Indonesia. The equipment used in this study includes a moisture analyzer, trash bags, aluminum foil, baking trays, an oven, an analytical balance, a coil heater (heating wire) with a length of 10 cm and 10 coils, plastic jars, a 10 x 10 x 10 cm reactor that constructed

by the Thermodynamics Laboratory, nine thermocouples (TC), a Graphtec data acquisition device surrounded by an insulator made of calcium silicate board, a power supply with a capacity of 42A, a webcam, mica sheets, OriginPro software, and a laptop. The nine thermocouples used were arranged in three rows indicating the depth of the peat sample, e.g. 2.5 cm, 5 cm and 7.5 cm. Each row consists of three thermocouples.

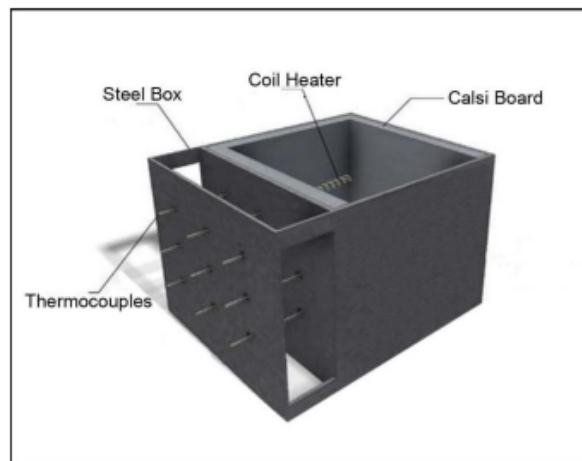


Fig. (Gambar) 2. The reactor design used (*Desain reaktor yang digunakan*)

2.2. Data Analysis Procedure

2.2.1. Temperature propagation testing

Soil samples were dried in an oven set at 100°C to reach moisture contents of 8%, 15%, and 23%, then placed in a reactor equipped with thermocouples (TCs) and a coil heater. A smoldering combustion test was carried out by connecting the coil heater to a power supply, which heated the sample for 60 minutes, allowing the peat around the coil to ignite and the fire to propagate.

2.2.2. Analysis of vertical and horizontal propagation directions

Vertical and horizontal fire propagation was analyzed by monitoring thermocouple readings until the temperature reached 300°C. At this temperature range (250–350°C), peat begins to convert into charcoal and volatile compounds (Martin et al., 2019; Usup et al., 2004). The propagation speed

(v) was calculated by dividing the distance between thermocouples (e.g., TC1 to TC2) by the time it took for the temperature at each point to reach 300°C. For vertical propagation, speeds (v_1 , v_2 , etc.) were measured between thermocouples placed at different depths. For horizontal propagation, speeds were calculated between thermocouples arranged laterally (e.g., TC1 to TC2 across the same depth).

$$v_1 = s_1 / \Delta t$$

Where:

v_1 : First propagation speed

s_1 : Distance between thermocouples

Δt : Time difference

The average combustion propagation speed is calculated by averaging all speeds.

$$v = (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6) / 6$$

Where:
 v : Average speed of heat peat propagation (cm/hour)
 $v1,...,6$: Propagation speed between each thermocouple (cm/hour)

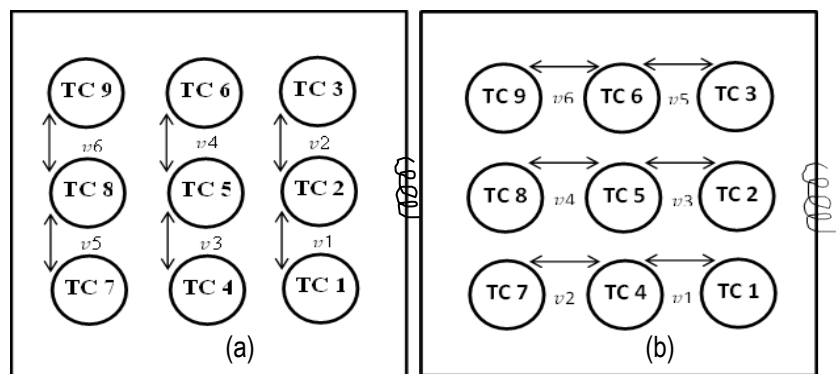


Fig. (Gambar) 3. (a) Vertical and (b) horizontal propagation diagram. TC1, TC2, etc refer to the thermocouple number. $v1$, $v2$, etc refer to the propagation speed between successive thermocouples ((a) Diagram perambatan vertikal dan (b) horizontal). TC1, TC2, dan seterusnya menunjukkan nomor termokopel. $v1$, $v2$, dan seterusnya merupakan kecepatan propagasi antara termokopel yang berdampingan.

2.2.3. Combustion testing

Peat samples were placed into the reactor, and the power supply was activated to initiate combustion. Temperature data was recorded using a Graphtec data acquisition system throughout the combustion process. After completion, the collected data was processed to analyze the effects of moisture content on combustion characteristics.

3. Results and Discussion

3.1. Results

3.1.1. Impact of moisture content on temperature dynamics

Temperature fluctuations were observed during combustion at different moisture content levels. Fig. 4 shows these fluctuations, with the highest temperature (408.1°C) recorded at TC4. Thermocouples placed at 5 cm depth recorded higher temperatures because they were closer to the heat source. Meanwhile, TCs at 2.5 cm depth cooled down to ambient temperature within 11 hours and 7 minutes. In comparison, deeper layers at 5 cm and 7.5 cm took longer—about 13 hours and 33 minutes—to cool, indicating slower heat dissipation at those depths.

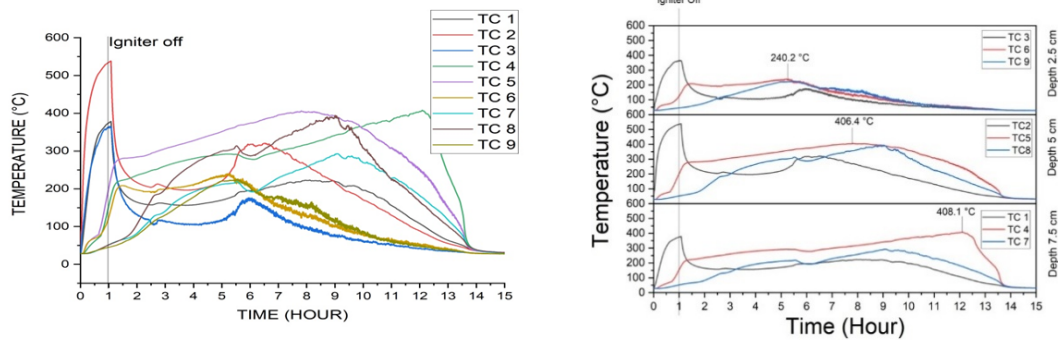


Fig. (Gambar) 4. Temperature changes over time (left) and per depth (right) at 8% water content (*Perubahan suhu seiring waktu (kiri) dan per kedalaman (kanan) pada kadar air 8%*)

We found the similar temperature fluctuations at 15% moisture content, with the highest temperature (460.6°C) at TC 5 (Fig. 5). TCs at 5 cm depth recorded the

highest average temperatures, while TCs at 2.5 cm cooled faster (within 8 hours and 13 minutes) compared to the 8% moisture.

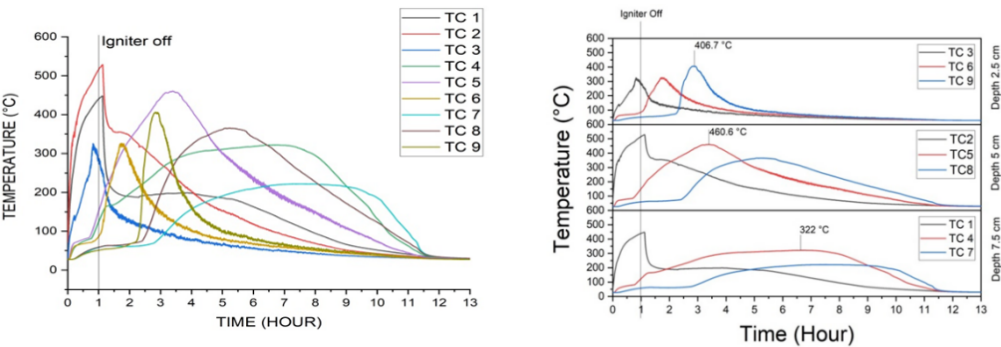


Fig. (Gambar) 5. Temperature changes over time (left) and per depth (right) at 15% water content (*Perubahan suhu dari waktu ke waktu (kiri) dan per kedalaman (kanan) pada kadar air 15%*)

Higher moisture content of 23% significantly inhibited combustion, with the highest temperature reaching only 180°C at TC 9 (Fig. 6). Thermocouple 1

which located at a depth of 7.5 cm, recorded a higher temperature compared to the other thermocouple.

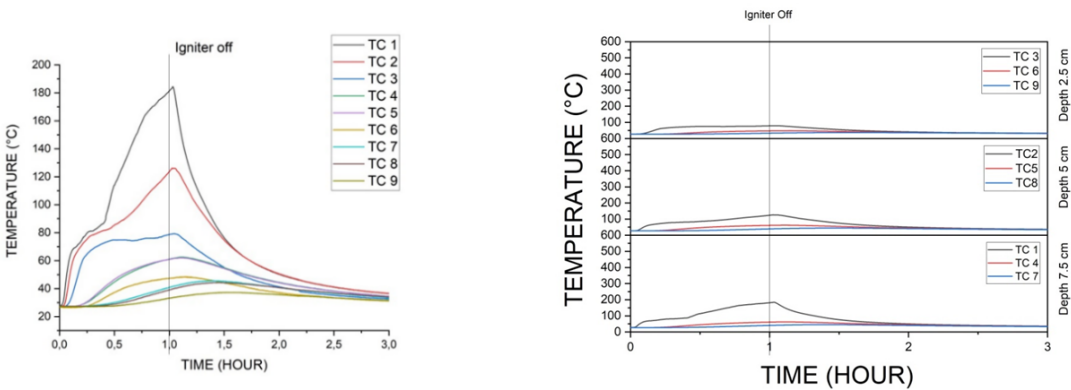


Fig. (Gambar) 6. Temperature changes over time (left) and per depth (right) at 23% water content (*Perubahan suhu dari waktu ke waktu (kiri) dan per kedalaman (kanan) pada kadar air 23%*)

3.1.2. Fire propagation in peat

Fire propagation is analyzed vertically and horizontally by dividing the distance between thermocouples with the

time difference when the temperature reaches 300°C. Table 1 presents the vertical heat propagation speeds for peat samples with moisture contents of 8%, 15%, and 23%.

Table (Tabel) 1. Vertical propagation analysis of burnt peat soil samples from Jambi (*Analisis perambatan vertikal sampel tanah gambut yang terbakar dari Jambi*)

Treatment (Perlakuan)	Propagation speed (<i>Kecepatan perambatan</i>)						
	<i>v1</i>	<i>v2</i>	<i>v3</i>	<i>v4</i>	<i>v5</i>	<i>v6</i>	$\bar{v}$
8%	7.58	6.57	0.58	0.00	0.00	0.00	2.46
15%	17.79	3.75	1.11	20.83	0.00	2.12	9.12
23%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note (*Keterangan*): *v1* = first propagation speed, *v2* = second propagation speed, *v3* = third propagation speed, *v4* = fourth propagation speed, *v5* = fifth propagation speed, *v6* = sixth propagation speed, $\bar{v}$ = average propagation speed (*v1* = *kecepatan perambatan pertama*, *v2* = *kecepatan perambatan kedua*, *v3* = *kecepatan perambatan ketiga*, *v4* = *kecepatan perambatan keempat*, *v5* = *kecepatan perambatan kelima*, *v6* = *kecepatan perambatan keenam*, $\bar{v}$ = *rata-rata kecepatan perambatan*)

Table 1 showed that heat propagation speeds of *v4*, *v5*, and *v6* were zero for the 8% moisture content, indicating that heat could not propagate beyond certain thermocouple positions. . In the 23% moisture, no heat propagation was observed, likely due to the inability of the fire to sustain smoldering at that

moisture level.

Table 2 presents the vertical heat propagation speeds for peat samples with moisture contents of 8%, 15%, and 23%. The highest horizontal propagation speed (2.23 cm/hour) was observed at 15% moisture.

Table (Tabel) 2. Horizontal propagation analysis of burnt peat soil samples from Jambi (*Analisis perambatan horizontal sampel tanah gambut yang terbakar dari Jambi*)

Treatment (Perlakuan)	Propagation speed (<i>Kecepatan perambatan</i>)						
	<i>v1</i>	<i>v2</i>	<i>v3</i>	<i>v4</i>	<i>v5</i>	<i>v6</i>	$\bar{v}$
8%	0.45	0.00	1.15	1.33	0.00	0.00	0.98
15%	0.80	0.00	1.85	1.53	3.61	3.34	2.23
23%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note (*Keterangan*): *v1* = first propagation speed, *v2* = second propagation speed, *v3* = third propagation speed, *v4* = fourth propagation speed, *v5* = fifth propagation speed, *v6* = sixth propagation speed, $\bar{v}$ = average propagation speed (*v1* = *kecepatan perambatan pertama*, *v2* = *kecepatan perambatan kedua*, *v3* = *kecepatan perambatan ketiga*, *v4* = *kecepatan perambatan keempat*, *v5* = *kecepatan perambatan kelima*, *v6* = *kecepatan perambatan keenam*, $\bar{v}$ = *rata-rata kecepatan perambatan*)

Table 2 shows that the values of *v2*, *v5*, and *v6* in the 8% moisture content treatment are zero, indicating no horizontal heat propagation in those specific directions. For the 23% moisture content treatment, no horizontal or vertical propagation was observed, as the highest temperature recorded only reached 180°C (Fig. 4).

3.1.3. Visual appearance of subsidence and overhanging in peat samples

Table 3 shows the visual analysis of subsidence and overhanging in peat

samples with 8%, 15%, and 23% moisture content when exposed to heat from the igniter. The visual appearance at the end of the combustion, shown in Fig. 5(a), demonstrates the subsidence in the 8% moisture sample.

For the 15% moisture sample, combustion continued until the sample turned to ash, as seen in Fig. 5(b), with the final appearance in Fig. 5(c) showing the burnt and charred layer. Overhanging occurred only in the 23% moisture sample, which indicates that higher moisture content promotes overhanging, as shown in Fig. 5(d).

Table (Tabel) 3. Visual appearance analysis of subsidence and overhanging in peat samples
(Analisis penampakan visual penurunan dan tonjolan pada sampel gambut)

Treatment (Perlakuan)	Before (Sebelum)	After (Setelah)	Time (Waktu) (Hour/Jam)	Description (Keterangan)
8%			0.92	Subsidence
			1.52	Subsidence
			2.73	Subsidence
15%			0.22	Subsidence
			0.72	Subsidence
23%			0.79	Subsidence
23%			0.90	Overhanging
			1.13	Overhanging

Note (Keterangan): The section marked with a white circle indicates the presence of subsidence /overhanging
(Bagian yang diberi tanda lingkaran putih menunjukkan adanya penurunan/tonjolan)

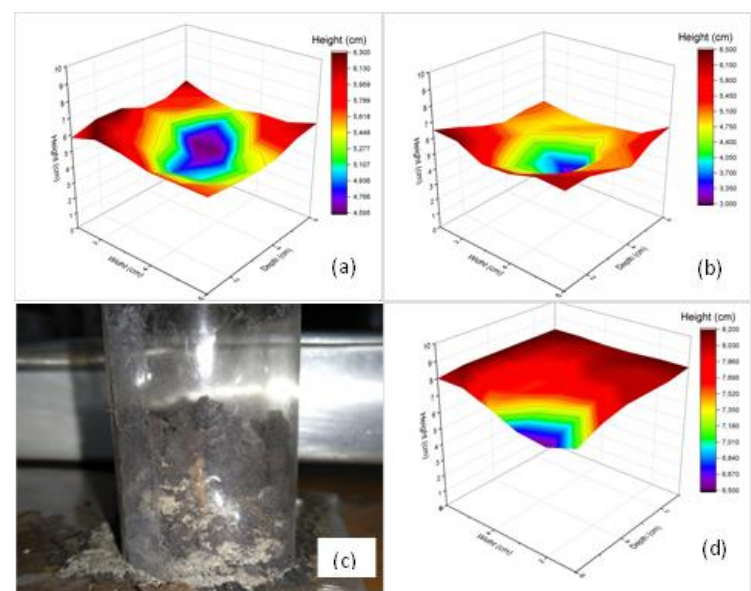


Fig. (*Gambar*) 7. (a) Subsidence at 8% moisture content, (b) Subsidence at 15% moisture content, (c) burnt layer in the peat sample with 15% moisture content, (d) Overhang at 23% moisture content ((a) *Penurunan muka tanah pada kadar air 8%*, (b) *Penurunan muka tanah pada kadar air 15%*, (c) *Lapisan terbakar pada sampel gambut dengan kadar air 15%*, (d) *Tonjolan pada kadar air 23%*)

3.2. Discussion

3.2.1.Impact of moisture content on temperature dynamics

Figs 4 and 5 show the temperature fluctuations recorded by the thermocouples during combustion of peat with 8% and 15% moisture content, respectively. For the 8% moisture content, the highest temperature was recorded by thermocouple 4, reaching 408.1°C. After reaching this peak, thermocouple 4 continued to record a gradual temperature drop until it returned to ambient levels. This may have occurred because the soil around the thermocouple had turned to ash and formed a cavity, causing the overlying soil to subside. According to Noor et al. (2014), subsidence refers to the lowering of the peat surface due to changes in peat maturity or its ability to retain water, often triggered by land clearing, intensive land use, fire, or prolonged drought.

We notice that thermocouple 3 in moisture content 15% exhibited a temperature decline during ignition due to depletion of combustible material, which is consistent with the subsidence observed in the 8% moisture. The highest temperature was recorded by

thermocouple 5, reaching 460.6°C. Similar to the experiment conducted at 8% moisture content, once the peak temperature was reached, the temperature readings from the thermocouples gradually decreased until returning to room temperature.

We observed that thermocouple 3 in the 15% moisture content treatment showed a temperature drop during ignition, likely due to the depletion of combustible material. This behavior is consistent with the subsidence observed in the 8% moisture content experiment. The highest temperature was recorded by thermocouple 5, reaching 460.6°C. Similar to the 8% moisture content case, once the peak temperature was reached, the thermocouple readings gradually declined until they returned to room temperature.

All thermocouples placed at a depth of 2.5 cm at moisture content 8% returned to room temperature at 11 hours and 7 minutes, indicating that smoldering had ceased at that level. Thermocouples at depths of 5 cm and 7.5 cm returned to room temperatures at 13 hours and 17 minutes, and 13 hours and 33 minutes, respectively.

TC 3 in moisture content 15% exhibit a temperature decline during ignition due to depletion of combustible material, which is consistent with the subsidence observed in the 8% moisture test. TCs at 5 cm depth recorded the highest average temperatures, while TCs at 2.5 cm cooled faster (within 8 hours and 13 minutes) compared to the 8% moisture test. This quicker cooling was attributed to the finer texture of the 15% moisture peat sample, which improved heat transfer. This result is contrary to Huang et al. (2016) that found higher moisture content led to shorter combustion duration, likely due to differences in peat structure. The 8% moisture sample consisted of coarse chunks retaining internal moisture, delaying combustion, whereas the finer 15% sample allowed faster heat transfer and combustion.

Fig. 6 shows no significant temperature fluctuations at 23% moisture content, indicating that the heat energy was insufficient to initiate smoldering combustion in the peat. Peat with higher moisture content is generally more difficult to ignite than drier peat. This is also evident in Fig. 4, where the temperature increase detected by the thermocouples only reached around 180°C. According to Palamba et al. (2020), smoldering combustion in high-moisture peat can only be sustained if enough heat is available to evaporate the water content within the peat. Thermocouple 1, located at a depth of 7.5 cm, recorded a higher temperature than the other thermocouples. This is likely due to the coil heater being placed at the same depth, causing the heat to be concentrated around thermocouple 1.

3.2.2. Fire propagation in peat

Zero vertical heat propagation speeds (v4, v5, and v6) may indicate that heat could not propagate beyond certain thermocouple positions. Table 1 clearly shows that there was no vertical heat transfer from TC5 to TC6, TC8 to TC7, and TC8 to TC9 1. For the 15% moisture content, v5 was also zero, indicating that heat did not propagate between TC8 and TC7. The highest vertical propagation speed was observed at 15% moisture, with a rate of 9.12 cm/hour. At 23% moisture,

there was no significant heat propagation, as the high moisture content prevented the peat from sustaining smoldering combustion.

Table 2 reveals that the highest horizontal propagation speed (2.23 cm/hour) was observed at 15% moisture. When comparing the vertical and horizontal heat propagation directions, it was found that the vertical propagation rate was faster for the 15% moisture treatment. This finding contrasts with the studies by Putra, et. al (2022) and Satyawati, et. al (2022), who reported an inverse relationship between moisture content and combustion propagation speed. The discrepancy can be attributed to differences in sample structure: the 8% moisture samples were coarser (chunky), while the 15% and 23% moisture samples were finer and more granular, allowing heat to transfer more efficiently. The presence of moisture in the coarser 8% samples likely slowed the propagation speed, as these chunks had to break down before heat could continue to propagate.

Similar findings were reported by Putra, et. al (2022), who observed faster vertical propagation compared to horizontal, while Satyawati (2022) found horizontal propagation to be faster. The differences may stem from variations in sample conditions, including peat combustion history and structural differences. Martin et al. (2019) also observed faster vertical propagation in certain regions, although this was not consistent across all areas of study, indicating that regional variations in peat composition and combustion characteristics can influence propagation patterns.

3.2.3. Visual appearance of subsidence and overhanging in peat samples

We observed the subsidence occurrences in the 8% and 15% moisture samples. For the 8% moisture sample, subsidence occurred at 0.23, 0.92, 1.52, and 2.73 hours, starting with subtle changes around the igniter, followed by more noticeable subsidence on the left side at 0.92 hours. By 1.52 hours, subsidence was observed at the reactor's center, and by 2.73 hours, it appeared on

the right side. Fig. 7a shows the visual appearance at the end of the combustion in the 8% moisture sample, demonstrates the subsidence occurrences..

For the 15% moisture sample, subsidence was noted at 0.22 and 0.72 hours. The first subsidence was clear around the igniter, and by 0.72 hours, the left side near the igniter experienced almost complete subsidence. Combustion continued until the sample turned to ash (Fig. 7b), Fig. 7(c) showing the burnt and charred layer as the final appearance of the 15% moisture content.

The 23% moisture sample exhibited subsidence at 0.79 hours, followed by overhanging at 0.9 and 1.13 hours. The first subsidence was visible at 0.79 hours around the igniter, while overhanging appeared at 0.9 hours, indicated by the hanging peat sample. By 1.13 hours, overhanging expanded further. Our results clearly shows that overhanging occurred only in the 23% moisture sample. This may indicates that higher moisture promotes overhanging (Fig. 5d). This finding is inline with Huang et al. (2016) that stated increasing moisture content enhances the visibility of overhanging.

As peat burns, the surface layer begins to burn downward and sideways, as noted by Usup et al. (2004). This leads to the overhanging phenomenon, where the unburnt surface peat remains suspended above the burnt interior. Table 7 supports this observation, showing that combustion spreads deeper into the peat while the surface remains intact, resulting in overhanging. High moisture content, as noted by Palamba et al. (2020), shortens the duration of smoldering fires because the available heat is insufficient to evaporate the moisture. This correlates with the observed decrease in burning of the peat and the formation of overhanging.

Huang et al. (2016) stated that overhanging peat does not degrade into charcoal, while the peat below it continues to burn. Eventually, this unstable overhang collapses once the lower layers turn to ash and can no longer support the weight above. Evidence of this can be seen in the surface subsidence shown in Table 3, which displays a parabolic depression at the end of combustion, as illustrated in

Fig.s 7a, 7b, and 7d. According to Wosten et al. (1997), subsidence follows the groundwater surface, turning a flat surface into a parabolic one. Zeitoun and Wakshal (2012) define subsidence as a gradual or sudden lowering of land due to soil movement. Noor et al. (2014) describe it as a decrease in peat surface height due to fire, land use changes, or prolonged dry seasons. As water content decreases, peat's pore space empties, causing surface subsidence (Hidayanti & Riwardi, 2011). Drainage and fire exacerbate this process by drying out the peat and contributing to subsidence, as noted by Turmudi et al. (2016). Therefore, while subsidence can occur due to several factors, fire plays a major role in accelerating its progression

4. Conclusions and Recommendations

4.1. Conclusions

The analysis indicated that heat propagation in peat samples with 8% and 15% moisture content occurred more rapidly in the vertical direction than in the horizontal direction. In contrast, no heat propagation was observed in the sample with 23% moisture content. Peat samples with higher moisture content, particularly at 23%, proved more difficult to ignite, as the heat available was insufficient to evaporate the water content, preventing sustained combustion. Furthermore, the overhanging phenomenon, observed exclusively in the 23% moisture content sample, suggests a relationship between moisture content and the likelihood of this occurrence. As moisture content increases, the probability of overhanging phenomenon occurrences also rises, accompanied by more pronounced visual effects.

4.2. Recommendations

A key recommendation of this research is for peat fire management strategies to place greater emphasis on monitoring and maintaining peat moisture levels, as higher moisture content was shown influencing fire behavior and the formation of overhang structures. It is recommended to explore the use of advanced detection tools such as sensors

or imaging technologies to identify overhangs and other subsurface fire patterns more efficiently. Further research under real-world conditions is also needed to better understand how these phenomena occur in natural peatlands. Improving knowledge and preparedness for overhang-related fire behavior will ultimately lead to better fire control, reduced risk of re-ignition, and more sustainable peatland management practices.

Acknowledgements

Part of the research was funded by NASA (NNX13AP46G) under UMCES/IPB-NASA Tropical Peat Fire Research Project

References

- Anda, M., Ritung, S., Suryani, E., Sukarman, Hikmat, M., Yatno, E., Mulyani, A., Subandiono, R.E., Suratman, Husnain (2021) Revisiting tropical peatlands in Indonesia: Semi-detailed mapping, extent and depth distribution assessment. *Geoderma*, 402, 115235, 14 pp. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115235>
- Hidayanti N., & Riwardi. (2011). Laju subsiden pada sistem drainase dan pengapuran tanah gambut fibrik dengan pertanaman jagung. *Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian*; 2011 Juli 7; Bengkulu, Indonesia. Bengkulu (ID): Universitas Bengkulu. pp 44-59.
- Huang X., Restuccia, F., Gramola, M., & Rein, G. (2016). Experimental study of the formation and collapse of an overhanging in the lateral spread of smoldering peat fires. *Combustion and Flame*, 168(2016), 393-402.
- Lin, S., Cheung, Y.K., Xiao, Y., & Huang, X. (2020). Can rain suppress smoldering peat fire?. *Science of The Total Environment* Volume 727, 20 July 2020, 138468. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138468>.
- Martin, A., Orion, H., Sandhyavitri, A., Palamba, P., & Nugroho, Y.S. (2019). Smoldering combustion propagation of subtropic peat; case study on pelalawan peat. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 539 (2019) 012029. doi:10.1088/1757-899X/539/1/012029
- Noor, M., Masganti, & Agus, F. (2014). Pembentukan dan karakteristik gambut tropika Indonesia. In: Agus, F., Anda, M., Jamil, A., & Masganti, editor. *Lahan Gambut Indonesia: Pembentukan, karakteristik, dan potensi mendukung ketahanan pangan*. Volume ke-1. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Palamba, P., Ramadhan, M.L., Imran, F.A., Kosasih, E.A., & Nugroho, Y.S.. (2017). Investigation of smoldering combustion propagation of dried peat. *Renewable Energy Technology and Innovation for Sustainable Development: Proceedings of the International Tropical Renewable Energy Conference (i-TREC) 2016*. 2016 Oktober 26-28; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): AIP Publishing.
- Palamba, P., Ramadhan, M.L., Perdana, L.R., Dianti, A., Ratnasari, N.G., Imran, F.A., Kosasih, E.A., & Nugroho, Y.S.. (2020). Experimental investigation of smoldering combustion of tropical peat layer under stratified moisture content. In: GY. Wu, KC. Isai, WK. Chow, editor. *The Proceedings of 11th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology*. 2018; Taipei, Taiwan. Taiwan (TW): Springer. pp. 605-620.
- Palamba, P., & Wardhani, A.S. (2023). Experimental study of 1-D Downward-opposed smoldering combustion of tropical peat and effect of excess air on the transition from smoldering to flaming. *Thermal Science*, 27(6), 5063-5074
- Perdana, L.R., Ratnasari, N.G., Ramadhan, M.L., Palamba, P., Nasrudin, & Nugroho Y.S.. (2018). Hydrophilic and hydrophobic characteristics of dry peat. *Earth and Environmental Science*, 105(1), 1-6.

- Putra, E.I., Iskandar, S.R., Nugroho, Y.S., Nurhayati, A.D., Wardana, & Setianto, E. (2022). Laboratory experiment of heat propagation patterns from burnt peat samples in Jambi. *Journal of Tropical Silviculture* 13(01), 47-52. DOI: 10.29244/j-siltrop.13.01.47-52
- Rein, G., Cleaver, N., Ashton, C., Pironi, P., & Torero, J.L.. (2008). The severity of smouldering peat fires and damage to the forest soil. *Catena*. 74(2008), 304- 309.
- Santoso M.A., Christensen E.G., Yang J., & Rein G. (2019). Review of the Transition From Smouldering to Flaming Combustion in Wildfires. *Front. Mech. Eng.* 5:49. doi: 10.3389/fmech.2019.00049
- Santoso M.A., Christensen E.G., Amin H.M.F, Palamba P., Hu Y,D, Purnomo D.M.J., Cui W, Pamitran A., Richter F., Smith T.E.L., Nugroho Y.S. & Rein G. (2022). GAMBUT field experiment of peatland wildfires in Sumatra: from ignition to spread and suppression. *International Journal of Wildland Fire*. 31(10), 949-966. doi:10.1071/WF21135
- Satyawan, V.E., Putra, E.I., Nugroho, Y.S., Ramadhi, A., Nurhayati, A.D., Wardana, & Setianto, E. (2022). Laboratory experiments on heat propagation of peat samples from frequently burnt areas in Jambi. *Journal of Tropical Silviculture*, 13(01), 72-78. DOI: 10.29244/j-siltrop.13.01.72-78
- Turmudi, Y., Suwarno, I., Nahib, Suryanta, J., & Niendyawati. (2016). Pengelolaan lahan gambut dan dampak subsiden yang ditimbulkannya: Studi kasus Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. In: F. Amhar, editor. *Seminar Nasional Peran Geospasial dalam Membingkai NKRI. 2016 Oktober 5; Bogor, Indonesia*. Bogor (ID): Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia. pp 217-226.
- Usup. A., Hashimoto, Y., Takahashi, H., & Hayasaka, H. (2004). Combustion and thermal characteristics of peat fire in tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia. *TROPICS*, 14(1), 1-19.
- Wahyunto, & Suryadiputra, I.N.N. (2008). *Peatland Distribution in Sumatra and Kalimantan: Explanation of its data sets including source of information, accuracy, data constraints and gaps*. Bogor (ID): Wetland International.
- Wosten, J.H.M., Ismail A.B., & Van Wijk A.L.M. (1997). Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma*, 78(1997), 25-36.
- Yuwati, T. W., Rachmanadi, D., Pratiwi, Turjaman, M., Indrajaya, Y., Nugroho, H. Y. S. H., Qirom, M. A., Narendra, B. H., Winarno, B., Lestari, S., Santosa, P. B., Adi, R. N., Savitri, E., Putra, P. B., Wahyuningtyas, R. S., Prayudyaningsih, R., Halwany, W., Nasrul, B., Bastoni, & Mendham, D. (2021). Restoration of Degraded Tropical Peatland in Indonesia: A Review. *Land*, 10(11), 1170. <https://doi.org/10.3390/land10111170>.

**Evaluasi Kesesuaian Jenis Pohon Penyusun Ruang Terbuka Hijau di
Universitas Muhammadiyah Surakarta**
(*Evaluation of the Suitability of Tree Species in the Green Open Space at Universitas
Muhammadiyah Surakarta*)

Aziz Akbar Mukasyaf^{12*} dan/and Wilda Maulina³

¹Program Studi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl. A. Yani Tromol Pos
1, Gatak, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, 57139 Jawa Tengah, Indonesia

²Pusat Studi Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Pabelan, Kartasuro, Sukoharjo 57169 Jawa Tengah, Indonesia

³Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl. Garuda Mas Jl.
Mendungan No.6, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, 57169 Jawa Tengah,
Indonesia

*E-mail : aam617@ums.ac.id

Tanggal diterima: 3 Mei 2025; Tanggal disetujui: 10 Juni 2025; Tanggal direvisi: 16 Juni 2025

Abstract

*Green Open Spaces (GOS) are vital in maintaining environmental quality through their ecological and aesthetic functions. The GOS owned by Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) is categorized as a private GOS. The development of GOS at UMS is expected to contribute to achieving the target area of green spaces in Surakarta City. This study aims to identify and analyze the suitability of tree species for the functions of GOS. Data were collected using an exploratory method and direct observation. Tree species suitability was analyzed using a scoring system based on three main criteria: silviculture, management, and aesthetics, along with a literature review on tree species. The results show that 56 tree species are distributed across Campus 1 and Campus 2 of UMS, indicating a relatively high species richness. Some dominant species include Angsana (*Pterocarpus indicus*), Tanjung (*Mimusops elengi*), and Ketapang (*Terminalia catappa*). In general, the ecological functions of UMS GOS are fulfilled, including microclimate regulation, shading, aesthetics, and pollutant absorption. However, adjustments are needed for the placement of tree species that bear large fruits. Evaluating tree species suitability in UMS GOS shows that 95% of tree species on Campus 1 and 85.71% on Campus 2 fall into the "suitable" category for GOS functions. However, some are only "moderately suitable".*

Keywords: *Green open space, tree species, vegetation suitability, private GOS*

Abstrak

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran penting dalam menjaga kualitas lingkungan melalui fungsi ekologis dan estetika. RTH yang dimiliki oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) dikategorikan sebagai RTH privat. Pembangunan RTH di UMS diharapkan dapat berkontribusi untuk memenuhi target luasan RTH di Kota Surakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kesesuaian jenis pohon terhadap fungsi RTH. Pengumpulan data dilakukan melalui metode jelajah dan observasi langsung. Analisis kesesuaian jenis dilakukan menggunakan skoring terhadap tiga kriteria utama, yaitu silvikultur, manajemen, dan estetika serta kajian pustaka terkait jenis pohon. Hasil menunjukkan bahwa terdapat 56 jenis pohon yang tersebar di Kampus 1 dan Kampus 2 di UMS, dengan tingkat kekayaan jenis yang cukup tinggi. Beberapa jenis dominan di antaranya adalah angkana (*Pterocarpus indicus*), tanjung (*Mimusops elengi*), dan ketapang (*Terminalia catappa*). Fungsi ekologis RTH UMS secara umum terpenuhi, baik itu sebagai pengontrol iklim mikro, peneduh, estetika, maupun penyerap polutan. Namun, diperlukan penyesuaian penempatan jenis pohon yang memiliki buah besar. evaluasi kesesuaian jenis pohon penyusun RTH UMS menunjukkan bahwa 95% jenis pohon di Kampus 1 dan 85,71% di Kampus 2 masuk dalam kategori “sesuai” untuk fungsi RTH, meskipun ada beberapa yang hanya “cukup sesuai”.

Kata kunci: Ruang terbuka hijau, jenis pohon, kesesuaian vegetasi, RTH privat

1. Pendahuluan

Ruang terbuka hijau (RTH) adalah ruang area terbuka yang mana bagian atau secara keseluruhan tertutup oleh vegetasi yang dapat berupa wujud taman hutan kota, tempat olahraga, lahan pertanian (Duan et al. 2018; Haas et al. 2021), habitat alami, pemakaman, ataupun jalur hijau jalan (Koto & Taslim, 2018). RTH telah menjadi bagian integral dari pembangunan konsep kota hijau dan perkotaan yang berkelanjutan (Setiowati et al., 2020).

Ruang terbuka hijau (RTH) memiliki peran penting dalam menjaga kualitas lingkungan hidup, khususnya di kawasan perkotaan. Keberadaan RTH berfungsi sebagai paru-paru kota yang membantu menyerap polusi udara, meredam kebisingan, serta menurunkan suhu lingkungan melalui proses peneduhan dan evapotranspirasi. Selain manfaat ekologis, RTH juga memberikan nilai sosial dan estetika (Lee et al. 2015; Gandasari et al. 2020) seperti menjadi tempat rekreasi, interaksi sosial, dan sarana edukasi lingkungan bagi masyarakat. Adanya perencanaan dan pengelolaan yang tepat, RTH dapat mendukung keseimbangan antara pembangunan fisik dan pelestarian lingkungan secara berkelanjutan.

Peningkatan pembangunan akibat bertambahnya jumlah penduduk yang tidak terkendali dan tingginya kebutuhan pembangunan fisik, seringkali tidak memperhatikan aspek lingkungan hidup (Hartanti, 2020) mengakibatkan berkurangnya keberadaan area terbuka di wilayah perkotaan. Sejalan dengan semakin meningkatnya pembangunan fisik di perkotaan, maka pembangunan RTH bukan lagi isu eksklusif, melainkan menjadi hal krusial bagi pembangunan perkotaan (Gandasari et al., 2020).

Kota Surakarta melalui Perda Kota Surakarta No. 1 Tahun 2012 telah mentargetkan luas RTH sebesar 30% dari total luas wilayah kota, namun sampai saat ini luas RTH Kota Surakarta baru mencapai 7,68% (Mastuti et al., 2017). Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) merupakan salah satu kampus yang memiliki RTH dengan dikategori

sebagai RTH privat (Hermawan et al., 2017). Pembangunan RTH pada kampus UMS diharapkan dapat berkontribusi untuk memenuhi target luasan RTH di Kota Surakarta. RTH di wilayah kampus berfungsi sebagai ruang interaksi sosial, rekreasi, dan media pembelajaran luar ruang yang mendukung pendidikan lingkungan secara langsung. RTH di wilayah UMS juga mencerminkan komitmen kampus terhadap prinsip pembangunan berkelanjutan dan pelestarian lingkungan hidup, serta dapat menjadi identitas visual dan daya tarik tersendiri bagi institusi (Wijayanti et al. 2021).

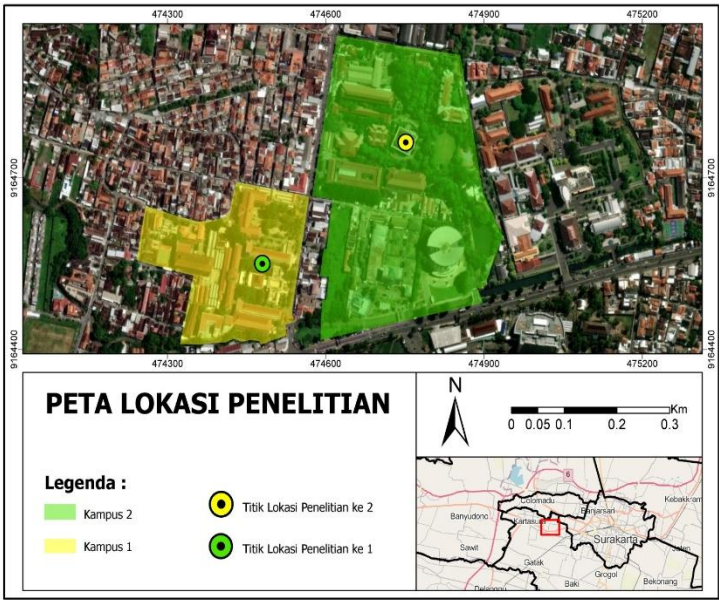
Kesesuaian jenis pohon pada Ruang Terbuka Hijau (RTH) di wilayah UMS sangat penting untuk memastikan fungsi ekologis, estetika, dan keselamatan lingkungan dapat tercapai secara optimal (Gandasari et al., 2020). Pemilihan jenis pohon yang tepat sesuai dengan kondisi iklim, tanah, dan ruang tumbuh akan mendukung pertumbuhan vegetasi yang sehat dan tahan terhadap gangguan lingkungan seperti kekeringan, angin kencang, atau serangan hama (Mawazin et al., 2024). Selain itu, jenis pohon yang sesuai dapat memaksimalkan manfaat seperti peneduhan, penyerapan polutan udara, dan pengurangan kebisingan, serta memperkaya keanekaragaman hayati lokal (Irwan et al., 2012; Rochim & Syahbana, 2013; Ariyanto et al., 2014). Kesalahan dalam pemilihan jenis pohon, seperti akar yang merusak infrastruktur atau daun yang terlalu sering rontok, dapat menimbulkan masalah teknis dan biaya pemeliharaan yang tinggi (Nugroho & Hidayati, 2023). Oleh karena itu, evaluasi kesesuaian jenis pohon di RTH kampus UMS menjadi aspek krusial dalam pengelolaan RTH yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kesesuaian jenis pohon penyusun RTH di UMS. Hasilnya diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan pihak kampus UMS dalam pemilihan dan pemeliharaan pohon-pohon di RTH UMS.

2. Metodologi

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan pada area Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jawa Tengah Indonesia. Lokasi pengamatan kesesuaian jenis pohon terletak di dua lokasi, yaitu kampus 1

(7°33'28"S 110°46'07"E) seluas 41.556 m2 dan kampus 2 (7°33'28"S 110°46'18"E) seluas 66.183 m2 (Gambar 1). Lokasi-lokasi yang diamati tersebar di area kampus dengan berbagai fungsi seperti ruang interaksi, parkir, masjid, dan rekreasi.



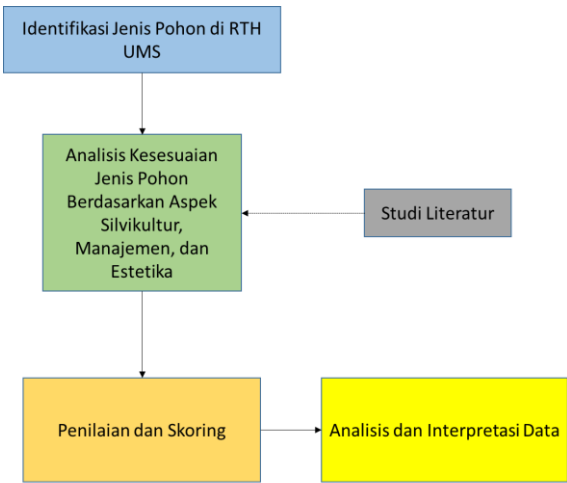
Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian di Universitas Muhammadiyah Surakarta (Research location at Universitas Muhammadiyah Surakarta)

2.2. Metode

2.2.1. Teknik pengumpulan data

Gambar 2 menjelaskan diagram alur penelitian. Penelitian ini dengan identifikasi jenis pohon yang ada di RTH UMS dengan menggunakan metode

sensus dan observasi langsung dalam mengumpulkan data di lapangan. Kemudian, dilakukan analisis deskriptif kualitatif, yaitu berupa analisis kesesuaian jenis pohon disertai adanya studi literatur yang mendukung dalam penilaian dan skoring (Syaifuddin et al. 2022).



Gambar (Figure) 2. Diagram alir penelitian (Flowchart of the research)

Data yang terkumpul dilakukan analisis deskriptif kualitatif untuk menginterpretasikan hasil observasi. Pohon-pohon yang ditemukan diidentifikasi yang mencakup parameter, sebagai berikut:

- a. Identitas jenis pohon: nama lokal, nama ilmiah, dan famili.
- b. Jumlah individu pohon per jenis.
- c. Parameter penilaian kesesuaian pohon yang meliputi tiga aspek utama:
 - 1) Silvikultural: toleransi terhadap tanah miskin hara, kemampuan menyuburkan tanah, ketahanan terhadap hama dan penyakit, jenis akar, dan lainnya.
 - 2) Manajemen: kemudahan penanaman dan pemeliharaan, efektivitas tajuk sebagai peneduh dan pelindung angin, kemampuan mereduksi polusi.
 - 3) Estetika: keindahan habitus, potensi alergi, ukuran buah, keberadaan getah beracun, dan fungsi

pendidikan.

Setiap parameter diberikan skor berdasarkan tabel kriteria yang telah ditetapkan (Tabel 2 sampai Tabel 4), kemudian diakumulasi untuk menentukan kategori kesesuaian: tidak sesuai, cukup sesuai, atau sesuai.

2.2.2. Analisis data

Analisis kesesuaian jenis pohon penyusun di RTH UMS dilakukan dengan menganalisis penilaian fungsi ekologis dan menghitung total skoring 3 kriteria, yaitu kriteria silvikultur (Tabel 2), kriteria manajemen (Tabel 3) dan kriteria estetika (Tabel 4) (Hadinoto et al., 2018; Salsabila & Navastara 2023). Dalam penentuan skoring tiap kriteria dibantu dengan studi literatur terhadap jenis pohon yang diobservasi. Total skoring dari 3 kriteria tersebut selanjutnya menjadi bahan evaluasi kesesuaian jenis pohon penyusun RTH di UMS.

Tabel (Table) 1. Kriteria penilaian fungsi ekologis ruang terbuka hijau (*Criteria of assessment ecological function green open area*)

No	Aspek fungsi ekologis (<i>Ecological Function Aspects</i>)	Kriteria morfologi (<i>Criteria of morfologi</i>)
1	Pengaruh fungsi ekologi RTH sebagai kontrol kelembapan udara	1. Jumlah daun banyak dan rapat 2. Tajuk lebar 3. Daun tebal dan lebar 4. Memiliki daun jarum atau kasar
2	Pengaruh fungsi ekologi RTH sebagai nilai estetika	1. Variasi warna (bunga, daun, buah)
3	Pengaruh fungsi ekologi RTH sebagai pengatur suhu/peneduh terhadap kenyamanan lingkungan	1. Ketinggian kanopi lebih dari 2 m 2. Bentuk tajuk spreading, bulat, dome, irregular 3. Massa daun padat 4. Daun tebal 5. Pohon dengan tinggi sedang/tinggi < 15 m 6. Percabangan 5 m di atas tanah 7. Ditanam secara berkesinambungan 8. Tajuk bersinggungan
4	Pengaruh fungsi ekologi RTH sebagai penyerap polusi udara terhadap kenyamanan lingkungan	1. Penanaman tanaman tegak lurus dengan arah angin 2. Dikombinasikan dengan barrier yang padat 3. Kemampuan menyerap polutan gas tinggi 4. Kuat menyerap polutan gas NO2 dan partikel lainnya 5. Terdiri dari beberapa lapis tanaman/kombinasi pohon, perdu/semak 6. Jarak tanam rapat

Tabel (Table) 1. Lanjutan (continued)

No	Aspek fungsi ekologis (<i>Ecological Function Aspects</i>)	Kriteria morfologi (<i>Criteria of morfologi</i>)
5	Pengaruh fungsi ekologi RTH sebagai penahan angin terhadap kenyamanan lingkungan	7. Massa daun padat
		8. Jumlah luas permukaan daun, cabang, dan batang tinggi
		9. Batang bertekstur kasar
		10. Memiliki zat perekat
		11. Tepi daun bergerigi maupun berbisik atau berbulu
		1. Tanaman tinggi
		2. Daunnya tidak mudah gugur atau rontok
		3. Massa daun rapat
		4. Berdaun tebal
		5. Tanaman perdu atau semak
		6. Tahan angin/tidak mudah tumbang
6	Pengaruh fungsi ekologi RTH sebagai peredam kebisingan terhadap kenyamanan lingkungan	7. Tidak berdaun lebar
		8. Ditanam berbaris membentuk massa
		9. Jarak tanam rapat < 3 m
		1. Tajuk rapat dan massa daun rapat
		2. Berdaun tebal
		3. Struktur cabang dan batang besar
		4. Berdaun jarum
		5. Ditanam dekat tepi jalan
		6. Kombinasi pohon, perdu, semak
		7. Bermassa daun padat
		8. Berbatang lemah

Tabel (Table) 2. Kriteria dan skor penilaian silvikultural ruang terbuka hijau (*Criteria and score of assessment silvikultural green open area*)

Komponen (<i>Componen</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)	Skor (<i>Score</i>)
Ketinggian tempat	0 - 500 m dpl	2
	> 500 m dpl	1
Curah hujan	< 1.200 dan > 2.000 mm/tahun	2
	1.200 - 2.000 mm/tahun	1
Toleran terhadap tanah miskin hara	Toleran	2
	Tidak toleran	1
Sifat memulihkan kesuburan tanah	Mampu menyuburkan tanah	2
	Tidak mampu menyuburkan tanah	1
Tahan hama dan penyakit	Tahan	2
	Tidak tahan	1
Sifat menggugurkan daun	Selalu hijau (<i>evergreen</i>)	2
	Menggugurkan daun	1
Ketahanan batang pokok dan percabangan terhadap angin	Tidak mudah tumbang dan patah	2
	Mudah tumbang dan patah	1
Kondisi perakaran terhadap bangunan sekitarnya	Tidak merusak/mengganggu	2
	Merusak/mengganggu	1

Tabel (Table) 2. Lanjutan (*continued*)

Komponen (<i>Componen</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)	Skor (<i>Score</i>)
Toleransi terhadap suhu tinggi	Toleran	2
	Tidak toleran	1
Toleransi terhadap penyinaran matahari yang kuat	Toleran	2
	Tidak toleran	1
Toleran terhadap kekurangan air	Toleran	2
	Tidak toleran	1

Sumber (*Source*): Hadinoto et al. (2018)

Tabel (Table) 3. Kriteria dan skor penilaian manajemen (*Management assessment criteria and scores*)

Komponen (<i>Component</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)	Skor (<i>Score</i>)
Cara penanaman	Mudah	2
	Sulit	1
Cara pemeliharaan	Mudah dan murah	2
	Tidak mudah dan mahal	1
Cara pengamanannya	Mudah	2
	Tidak mudah	1
Cara pemanfaatannya	Mudah	2
	Tidak mudah	1
Fungsi tajuk sebagai peneduh (tebal dan rapat)	Baik sebagai peneduh (tajuk tebal dan rapat)	2
	Kurang baik sebagai peneduh (tajuk tipis dan dan ringan)	1
Fungsi tajuk sebagai pelindung angin (kuat dan rapat)	Baik sebagai pelindung angin (tajuk kuat dan rapat)	2
	Kurang baik sebagai pelindung angin (tajuk tidak kuat dan ringan)	1
Kemampuan dalam pengurangan Pencemaran	Tinggi	2
	Rendah	1

Sumber (*Source*): Hadinoto et al. (2018)

Tabel (Table) 4. Kriteria dan skor penilaian estetika ruang terbuka hijau (*Green open area aesthetic assessment criteria and scores*)

Komponen (<i>Component</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)	Skor (<i>Score</i>)
Habitus (tajuk, percabangan, daun dan/atau bunga)	Indah	2
	Tidak indah	1
Fungsi sebagai sarana pendidikan	Ya	2
	Tidak	1
Ukuran buah	Buah berukuran relatif kecil	2
	Buah berukuran besar	1
Getah beracun/berbahaya	Tidak menghasilkan getah beracun/berbahaya	2
	Menghasilkan getah beracun/berbahaya	1
Potensi alergi dari serbuk sari	Tidak berpotensi alergi	2
	Berpotensi alergi	1

Sumber (*Source*): Hadinoto et al. (2018)

Pohon-pohon yang sudah dinilai kemudian dikategorikan berdasarkan akumulasi skor atas kriteria silvikultur, kriteria manajemen, dan kriteria estetika, dari yang tertinggi hingga terendah (Hadinoto et al., 2018):

- Tidak sesuai (skor 23 - 30,33)
- Cukup sesuai (skor 30,34 - 38,33)
- Sesuai (skor 38,34 - 46)

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Ruang terbuka hijau

Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) memiliki Ruang Terbuka Hiau (RTH) tersebar di berbagai

titik, menghadirkan panorama alam yang menyejukkan di tengah kesibukan akademis. Beberapa lokasi RTH yang dapat dinikmati terdapat di kampus 1 (Gambar 3a, 3b, 3c, 3d) dan kampus 2 (Gambar 4a, 4b, 4c, 4d). RTH UMS meliputi kantin tepi danau, lapangan psikologi, belakang GOR, Salsabila/Danau UMS, Parkiran Gedung induk Siti Walidah, Parkiran Gedung J, dan Gazebo (Setiawan & Arsandrie, 2023). Kampus 1 UMS memiliki RTH lebih sedikit dibandingkan kampus 2 antara lain: area Auditorium Djazman, parkir gedung I, dan parkir lapangan tenis fakultas farmasi.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar (Figure) 3. Ruang terbuka hijau kampus 1 UMS: (a) Sisi Selatan Auditorium Djazman, (b) Sisi Utara Auditorium Djazman, (c) Parkiran gedung I, dan (d) Parkiran lapangan tenis (*Green open space of UMS campus 1: (a) South side of Djazman Auditorium, (b) North side of Djazman Auditorium, (c) Parking area of building I, and (d) tennis court parking area*)



(a)



(b)



(c)



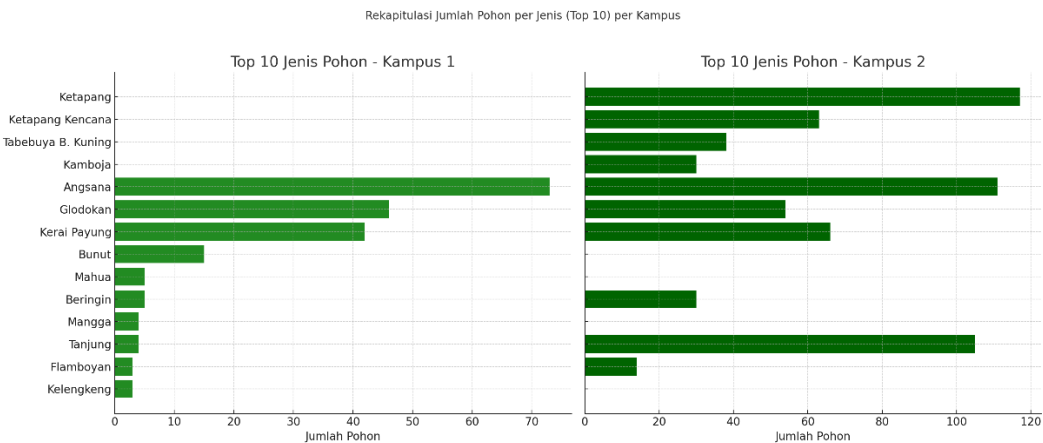
(d)

Gambar (Figure) 4. Ruang terbuka hijau kampus 2 UMS: (a) Lapangan psikologi, (b) Danau UMS, (c) Parkiran Gedung Induk Siti Walidah, dan (d) Parkiran gedung J (*Green open space of UMS campus 2: (a) Psychology field, (b) UMS Lake, (c) Main Building Siti Walidah Parking area, and (d) Building J parking area*)

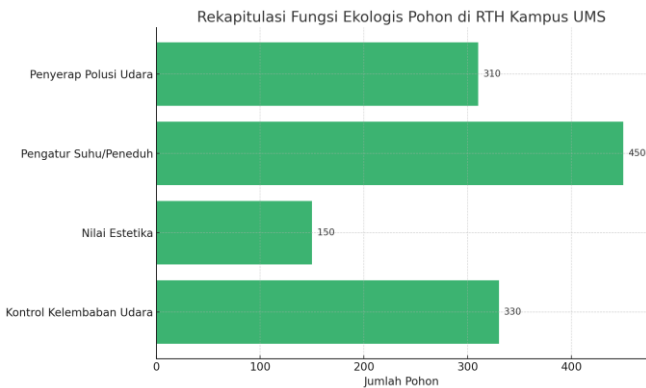
3.1.2. Identifikasi dan analisis kesesuaian jenis pohon penyusun RTH di Universitas Muhammadiyah Surakarta

Hasil identifikasi jenis pohon di area penelitian, ditemukan 56 jenis pohon yang tersebar di kampus 1 sebanyak 20 jenis (Tabel 5) dan kampus 2 sebanyak 56 jenis (Tabel 6). Total pohon dari keseluruhan kawasan Universitas

Muhammadiyah Surakarta adalah 1.042 pohon, dimana kampus 1, yaitu 214 pohon (20,54%) dan kampus 2 sejumlah 828 pohon (79,46%). Gambar 5 menunjukkan jenis pohon yang paling banyak ditemui di area kampus. Jenis pohon yang sering ditemui di kampus 1 RTH UMS yaitu angšana (*P. indicus*) sejumlah 73 pohon dan area RTH kampus 2 adalah ketapang (*T. mantaly*) sekitar 117 pohon.



Gambar (Figure) 5. Rekapitulasi top 10 jenis pohon penyusun RTH di UMS (*Recapitulation of top 10 trees species in GOS of UMS*)



Gambar (Fig.) 6. Rekapitulasi fungsi ekologis pohon di RTH Kampus UMS (*Recapitulation of ecologis function of the trees in GOS of UMS*)

Higher moisture content of 23% Berdasarkan Gambar 6 terdapat 9 jenis pohon termasuk pengontrol kelembaban udara, yaitu angšana (*P. indicus*), beringin (*F. benjamina*), bunut (*F. virens*), glodokan (*P. longifolia*), kerai payung (*F. decipiens*), ketapang (*T. catappa*), ketapang kencana (*T. mantaly*), tanjung (*M. elengi*), dan trembesi (*S. saman*).

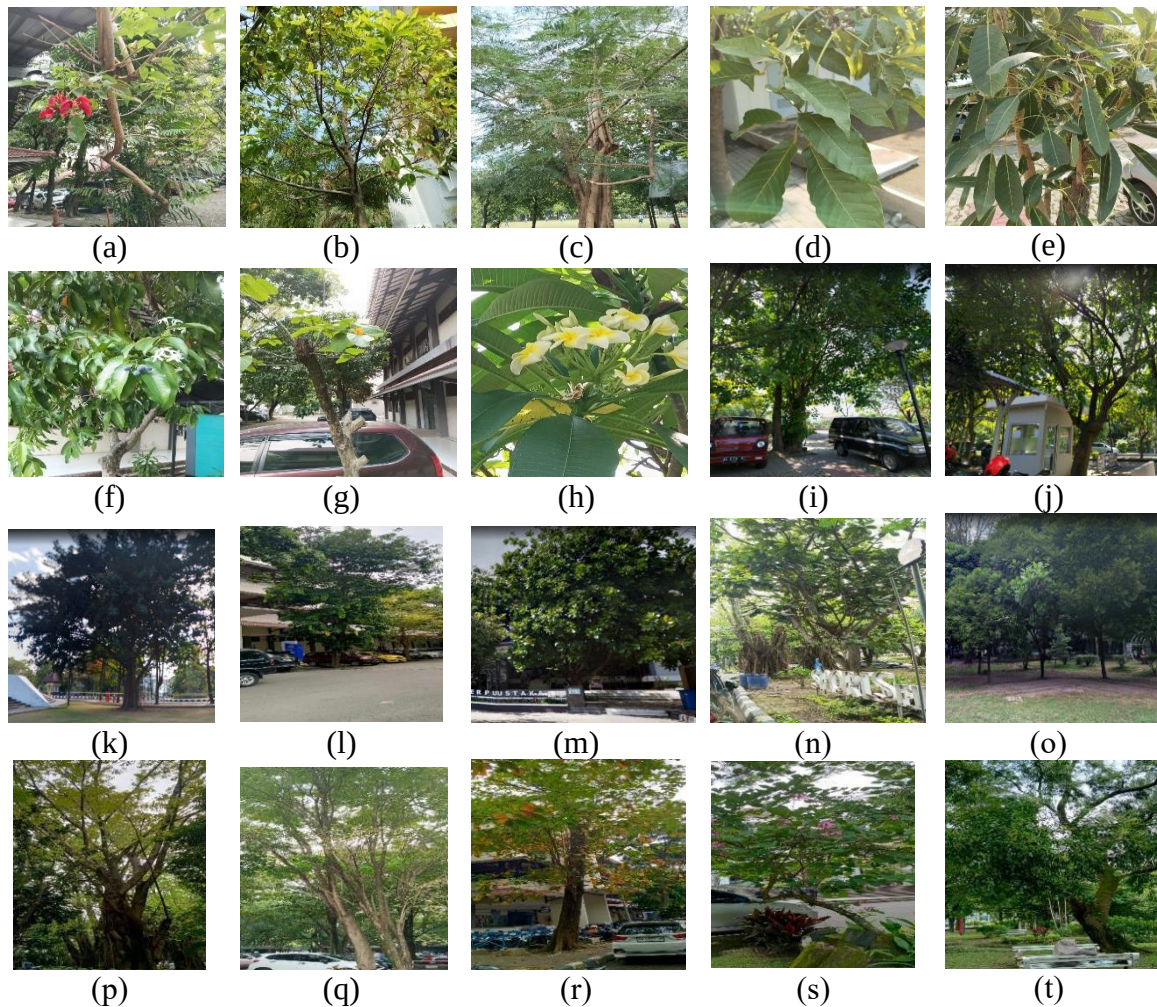
Jenis pohon dengan fungsi sebagai peneduh sebanyak 11 jenis, antara lain angšana (*P. indicus*), beringin (*F. benjamina*), bunut (*F. virens*), glodokan (*P.*

longifolia), kerai payung (*F. decipiens*), ketapang (*T. catappa*), ketapang kencana (*T. mantaly*), mahoni daun besar (*S. macrophylla*), mahoni daun kecil (*S. mahagoni*), tanjung (*M. elengi*), dan trembesi (*S. saman*). Kemudian, 9 jenis pohon termasuk fungsi penyerap polusi/polutan, yaitu angšana (*P. indicus*), beringin (*F. benjamina*), glodokan (*P. longifolia*), ketapang (*T. catappa*), mahoni daun besar (*S. macrophylla*), mahoni daun kecil (*S. mahagoni*), mindi (*M. azedarach*), tusam (*P. merkusii*), tanjung (*M. elengi*),

dan bunga kupu-kupu (*B. purpurea*).

Sebanyak 10 jenis pohon yang ada yaitu terdapat 150 dari 1.042 pohon yang memiliki fungsi sebagai estetika dimana memiliki kenampakan/menghasilkan bunga yang cantik seperti flamboyan (*D.*

regia), bunga kupu-kupu (*B. purpurea*), kamboja (*P. rubra*), tabebuya (*T. rosea* dan *T. aurea*), kordia (*C. sebestena*), ki acret (*S. campanulata*), dadap merah (*E. cristagalli*), cempaka (*M. champaca*), kenanga (*C. odorata*) (Gambar 7).



Gambar (Figure) 7. Jenis pohon di lingkungan kampus UMS: (a) dadap merah, (b) kenanga, (c) flamboyan, (d) tabebuya rosea, (e) tabebuya aurea, (f) pronojiwo, (g) kordia, (h) kamboja, (i) pohon sosis, (j) pohon bodhi, (k) karet kebo, (l) sapu tangan, (m) kepoh, (n) biola cantik, (o) tanjung dan kerai payung, (p) bunut, (q) angsana, (r) ketapang, (s) bunga kupu-kupu, dan (t) akasia (*Tree species in the UMS campus environment: (a) coral, (b) ylang-ylang, (c) royal poinciana, (d) pink trumpet, (e) yellow trumpet, (f) pronojiwo, (g) geiger, (h) frangipani, (i) sausage, (j) bodhi, (k) rubber fig, (l) handkerchief, (m) kepoh, (n) fiddle leaf fig, (o) spanish cherry and fern, (p) weeping fig, (q) narra, (r) tropical almond, (s) butterfly tree, and (t) acacia.*)

Hasil evaluasi kesesuaian jenis pohon pada kampus 1 ditemui 19 pohon (95%) sesuai dan 1 pohon (5%) cukup

sesuai (Tabel 5). Di kampus 2 terdapat 45 pohon (85,71%) sesuai dan 8 pohon (14,28%) cukup sesuai (Tabel 6).

Tabel (Table) 5. Kesesuaian jenis pohon penyusun RTH kampus 1 di Universitas Muhammadiyah Surakarta (*Suitability of tree composing green open area on campus 1 at Universitas*)

No	Nama lokal (Local name)	Nama ilmiah (Latin name)	Skore (Score)			Total skor (scor total)	Kategori (Categori)
			Silvi- kultur	Mana- jemen	Este- tika		
1	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i> Wild	20	12	10	42	Sesuai
2	Beringin	<i>Ficus benjamina</i> L.	18	14	8	40	Sesuai
3	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i> L.	19	13	8	40	Sesuai
4	Bunut	<i>Ficus virens</i> (Lour.) Merr.	17	14	8	39	Sesuai
5	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	20	12	9	41	Sesuai
6	Glodokan	<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Thwaites	20	12	9	41	Sesuai
7	Kamboja	<i>Plumeria rubra</i> L.	17	8	9	34	Cukup Sesuai
8	Karet kebo	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	18	14	8	40	Sesuai
9	Kelengkeng	<i>Dimocarpus longan</i> Lour	20	14	8	42	Sesuai
10	Kerai Payung	<i>Filicium decipiens</i> (Blanco) Fern.-Vill.	19	12	9	40	Sesuai
11	Ketapang	<i>Terminalia cattapa</i> L.	19	13	9	41	Sesuai
12	Ketapang Kencana	<i>Terminalia mantaly</i> H. Perrier.	20	12	9	41	Sesuai
13	Kluwih	<i>Madhuca longifolia</i> (J. Koenig ex L.) J.F. Macbr.	19	12	8	39	Sesuai
14	Mahua	<i>Mangifera indica</i> L.	20	14	9	43	Sesuai
15	Mangga	<i>Pometia pinnata</i> J.R.Forst. & G.Forst..	20	14	8	42	Sesuai
16	Matoa	<i>Melia azedarach</i> L.	19	14	8	41	Sesuai
17	Mindi	<i>Melia azedarach</i> L.	20	14	9	43	Sesuai
18	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam	20	14	8	42	Sesuai
19	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i> L.	20	14	9	43	Sesuai
20	Walisongo	<i>Heptapleurum actinophyllum</i> (Endl.) Lowry & G.M. Plunkett	20	12	9	41	Sesuai

Tabel (Table) 6. Kesesuaian jenis pohon penyusun RTH kampus 2 di Universitas Muhammadiyah Surakarta (*Suitability of tree composing green open area on campus 2 at Universitas Muhammadiyah Surakarta*)

No.	Nama lokal (Local name)	Nama ilmiah (Latin name)	Skor (Score)			Total skore (Score total)	Kategori (Categori)
			Silvi- kultur	Mana- jemen	Este- tika		
1	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. ex Benth.	19	12	7	38	Cukup sesuai
2	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i> Wild	20	12	10	42	Sesuai
3	Asem jawa	<i>Tamarindus indica</i> L.	21	11	8	40	Sesuai
4	Belimbing	<i>Averrhoa carambola</i> L.	19	12	8	39	Sesuai
5	Beringin	<i>Ficus benjamina</i> L.	18	13	9	40	Sesuai
6	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i> L.	20	12	8	40	Sesuai
7	Biola cantik	<i>Ficus lyrata</i> Warb.	20	11	8	39	Sesuai
8	Bodhi	<i>Ficus religiosa</i> L.	19	13	9	41	Sesuai
9	Bunut	<i>Ficus virens</i> (Lour.) Merr	17	13	9	39	Sesuai

Tabel (Table) 6. Lanjutan (*continued*)

No.	Nama lokal (Local name)	Nama ilmiah (Latin name)	Skor (Score)			Total skore (Score total)	Kategori (Categori)
			Silvi- kultur	Mana- jemen	Este- tika		
10	Cempaka	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre.	20	12	9	41	Sesuai
11	Dadap merah	<i>Erythrina crista-galli</i> L.	21	10	10	41	Sesuai
12	Durian	<i>Durio zibethinus</i> L.	20	14	8	42	Sesuai
13	Duwet	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels.	20	12	9	41	Sesuai
14	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	20	12	9	41	Sesuai
15	Glodokan	<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Thwaites.	20	12	9	41	Sesuai
16	Jambu biji	<i>Psidium guajava</i> L.	20	11	8	39	Sesuai
17	Jati	<i>Tectona grandis</i> L.	18	11	8	37	Cukup Sesuai
18	Kamboja	<i>Plumeria rubra</i> L.	17	8	9	34	Cukup Sesuai
19	Karet kebo	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	18	13	9	40	Sesuai
20	Keben	<i>Barringtonia asiatica</i> L. Kurz	20	13	8	41	Sesuai
21	Kelengken g	<i>Dimocarpus longan</i> Lour	20	14	8	42	Sesuai
22	Kenanga	<i>Cananga odorata</i> (Lam.) Hook.f. & Thomson	20	11	10	41	Sesuai
23	Kepoh	<i>Sterculia foetida</i> L.	20	13	8	41	Sesuai
24	Kerai payung	<i>Filicium decipiens</i> (Blanco) Fern-Vill.	20	12	9	41	Sesuai
25	Kersen	<i>Muntingia calabura</i> L.	19	12	9	40	Sesuai
26	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i> L.	19	13	9	41	Sesuai
27	Ketapang kencana	<i>Terminalia mantaly</i> H. Perrier.	20	12	9	41	Sesuai
28	Kiacret	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	20	11	9	40	Sesuai
29	Kordia	<i>Cordia sebestena</i> L.	19	11	9	39	Sesuai
30	Bunga kupu-kupu	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	20	11	10	41	Sesuai
31	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i> (L.) de Wit.	19	12	8	39	Sesuai
32	Licania	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	19	11	9	39	Sesuai
33	Mahoni daun besar	<i>Switenia macrophylla</i> King.	20	12	8	40	Sesuai
34	Mahoni daun kecil	<i>Swietenia mahagoni</i> Jacq.	20	12	8	40	Sesuai
35	Mahua	<i>Madhuca longifolia</i> (J.Koenig ex L.) J.F. Macbr.	20	13	9	42	Sesuai
36	Mangga	<i>Mangifera indica</i> L.	20	14	8	42	Sesuai
37	Mindi	<i>Melia azedarach</i> L.	20	13	9	42	Sesuai
38	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	18	12	8	38	Sesuai

Tabel (Table) 6. Lanjutan (continued)

Evaluasi Kesesuaian Jenis Pohon Penyusun Ruang Terbuka Hijau di Universitas Muhammadiyah Surakarta (*Evaluation of the Suitability of Tree Species in the Green Open Space at Universitas Muhammadiyah Surakarta*)
Aziz Akbar Mukasyaf dan/and Wilda Maulina

No.	Nama lokal (<i>Local name</i>)	Nama ilmiah (<i>Latin name</i>)	Skor (<i>Score</i>)			Total skore (<i>Score total</i>)	Kategori (<i>Categori</i>)
			Silvi- kultur	Mana- jemen	Este- tika		
39	Nyamplung	<i>Calophyllum inophyllum</i> L	19	11	8	38	Cukup Sesuai
40	Pinus	<i>Pinus merkusii</i> Jungh	18	11	8	37	Cukup Sesuai
41	Pronojiwo	<i>Kopsia arborea</i> Blume	19	11	10	40	Sesuai
42	Pucuk merah	<i>Syzygium myrtifolium</i> (Merr.) I. M. Turner.	19	11	10	40	Sesuai
43	Randu alas	<i>Salmalia malabarica</i> L.	20	11	8	39	Sesuai
44	Sapu tangan	<i>Cynometra browneoides</i> (Harms) Rados	20	11	9	40	Sesuai
45	Sawo	<i>Manilkara zapota</i> (L.)P.Royen	19	11	8	38	Cukup Sesuai
46	Sawo kecil	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	19	11	8	38	Cukup Sesuai
47	Sirsak	<i>Annona muricata</i> L.	19	12	8	39	Sesuai
48	Sosis	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	19	11	7	37	Cukup Sesuai
49	Srikaya	<i>Annona squamosa</i> L.	19	12	8	39	Sesuai
50	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg.	20	12	8	40	Sesuai
51	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	19	12	10	41	Sesuai
52	Tabebuia	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook. fil. ex S. Moore	19	12	10	41	Sesuai
53	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i> L.	20	13	9	42	Sesuai
54	Trembesi	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	20	11	8	39	Sesuai
55	White chips aralia	<i>Polyscias guilfoylei</i> (W. Bull) L.H. Bailey.	19	11	9	39	Sesuai
56	Wijaya kusuma	<i>Ceodes grandis</i> (R.Br.) D.Q.Lu.	19	11	9	39	Sesuai

Secara keseluruhan mayoritas jenis pohon yang diidentifikasi termasuk dalam kategori “sesuai”, yang menunjukkan bahwa jenis-jenis ini layak dan memiliki karakteristik yang mendukung fungsi ekologis dari ruang terbuka hijau. Tabel 5 dan Tabel 6 juga memperlihatkan beberapa jenis pohon mencapai skor tertinggi, yaitu 43, seperti mindi (*M. azedarach*) dan tanjung (*M. elengi* L). Kedua jenis pohon tersebut menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat baik dengan kebutuhan dan fungsi RTH. Jenis-jenis lain yang mendapat skor tinggi (42) meliputi angšana (*P. indicus*), kelengkeng (*D. longan*), durian (*D. zibethinus*), mahoni daun besar (*S. macrophylla*), mahoni daun kecil (*S. mahagoni*), mangga (*M. indica*), dan tabebuia (*T. aurea*).

3.2. Pembahasan

Berdasarkan karakter kawasan fungsionalnya, RTH di UMS berbentuk mengelompok atau membentuk kawasan dengan fungsional kawasan yang berbeda, misalnya RTH bagian Auditorium Djazman (kampus 1), lapangan psikologi untuk olahraga, tepi danau untuk rekreasi dan ruang publik dan tempat parkir kendaraan bermotor (kampus 2). Identifikasi jenis pohon memperlihatkan bahwa kekayaan jenis pohon yang ada di RTH UMS cukup tinggi, dengan 56 jenis pohon berbeda yang tersebar di kampus 1 (Tabel 5) dan kampus 2 (Tabel 6). Pohon-pohon ini bukan hanya mempercantik lingkungan, tetapi juga memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan

alam dan mendukung keberlanjutan seperti pengontrol kelembapan dan peneduh, estetika (dari bunga, buah, dan atau penampakan fisiologi pohonnya), dan penyerap karbon/polusi/polutan (Waheed & Naeem, 2023).

Tingginya jumlah jenis pohon juga dapat menjadi keuntungan tersendiri karena seiring meningkatnya kompleksitas habitat yang bisa mendukung adanya kehidupan fauna liar di dalamnya (Irfani et al., 2024). Kemudian berkontribusi pada stabilitas ekosistem dan meningkatkan fungsi ekologis RTH secara keseluruhan (Riley et al., 2017). Meskipun begitu, pada Gambar 5 menunjukkan beberapa jenis pohon yang banyak ditemui (mendominasi), seperti angkana (*P. indicus*), tanjung (*M. elengi*), dan ketapang (*T. catappa*). Ketiga jenis tersebut secara karakteristik baik tidak hanya berfungsi sebagai menjaga kelembaban, peneduh, akan tetapi juga punya kemampuan dalam menyerap polutan. Meskipun demikian, adanya dominasi jenis pohon tersebut dapat berpotensi menciptakan kondisi homogenitas dan mengurangi keberagaman, jika jenis tersebut terus dikembangkan dimasa mendatang (Zhang et al., 2023). Adanya dominasi jenis pohon tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti:

- a. Luas area. Area yang lebih luas umumnya memiliki lebih banyak ruang untuk menampung berbagai jenis pohon (Gu et al., 2023)
- b. Tingkat polusi. Polusi udara dapat menghambat pertumbuhan beberapa jenis pohon, selain itu, difokuskan kepada jenis pohon yang memiliki kemampuan menyerap polusi dibandingkan lainnya (Douglas et al., 2023)
- c. Intervensi manusia. Aktivitas manusia, seperti pembangunan infrastruktur dan keterbatasan lahan yang ada menyebabkan dapat mengurangi jumlah pohon serta keragaman jenis pohon (Sidor et al., 2022)

RTH UMS memiliki beberapa jenis pohon yang mampu menyerap polutan udara antara lain: angkana (*P. indicus*), beringin (*F. benjamina*),

glodokan (*P. longifolia*), ketapang (*T. catappa*), mahoni daun besar (*S. macrophylla*), mahoni daun kecil (*S. mahagoni*), mindi (*M. azedarach*), tusam (*P. merkusii*), tanjung (*M. elengi*), dan bunga kupu-kupu (*B. purpurea*). Hal tersebut tentunya dalam pemenuhan fungsi RTH sebagai pengendali atau menyerap pencemaran udara (Syahrul & Suharyani, 2020). Kemampuan ini tentu bermanfaat untuk meningkatkan kualitas udara di kawasan UMS.

Hasil identifikasi pohon juga di temukan jenis pohon penghasil buah yang ada di RTH UMS, seperti nangka (*A. heterophyllus*), durian (*D. zibethinus*), srikaya (*A. squamosa*), kelengkeng (*D. longan*), asem jawa (*T. indica*), belimbing (*A. carabola*), jambu biji (*P. guajava*), kersen (*M. calabura*), lamtoro (*L. leucocephala*), mangga (*M. indica*), matoa (*P. pinnata*), sawo kecil (*M. kauki*), dan sawo (*M. zapota*). Kehadiran pohon-pohon ini tidak hanya mempercantik RTH UMS, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi dan ekologi. Namun, perlu diingat bahwa beberapa jenis pohon penghasil buah juga mampu menyerap timbal (Pb) dari pencemaran udara kendaraan bermotor (Dahlan, 2008).

Timbal ini dapat terakumulasi dalam jaringan tanaman, termasuk buahnya. Apabila buah yang terkontaminasi timbal dikonsumsi manusia, kesehatan dapat terganggu. Oleh karena itu, dalam memilih jenis pohon penghasil buah untuk RTH perlu dipertimbangkan penempatannya. Jenis pohon yang menyerap timbal tinggi, seperti mangga, jambu biji, dan ketapang, lebih ideal ditanam di area yang jauh dari sumber pencemar timbal, seperti jalan akses maupun tempat parkir yang padat kendaraan. Hal ini untuk meminimalisir risiko kontaminasi timbal pada buah dan memastikan keamanan konsumsi bagi manusia (Mukhlison, 2013).

Evaluasi kesesuaian jenis pohon di RTH Universitas Muhammadiyah Surakarta dilaksanakan untuk memastikan pemilihan dan penempatan jenis pohon berfungsi optimal, sesuai dengan tujuan RTH itu sendiri. Proses evaluasi ini didasarkan pada tiga parameter utama persyaratan silvikultur, persyaratan

manajemen, dan persyaratan estetika. Kriteria silvikultur mencakup toleransi pohon terhadap kondisi lingkungan seperti ketinggian (0 - 500 m dpl), curah hujan (1.200 - 2.000 mm/tahun), serta kemampuan dalam menghadapi tanah miskin hara dan memperbaiki kesuburan tanah. Meskipun sebagian besar jenis pohon di RTH UMS telah dikategorikan sebagai “sesuai”, hasil evaluasi menunjukkan bahwa ada beberapa jenis yang berada dalam kategori “cukup sesuai”. Jenis-jenis ini yang memperoleh skor antara 34 hingga 38, diantaranya pohon akasia (*A. auriculiformis*), jati (*T. grandis*), nyamplung (*C. inophyllum*), kamboja (*P. rubra*), dan pohon sosis (*K. africana*). Kategori “cukup sesuai” mengindikasikan bahwa pohon-pohon tersebut berpotensi untuk digunakan, namun memiliki keterbatasan seperti akar yang invasif, adaptasi terbatas pada jenis tanah tertentu, atau kontribusi ekologis yang kurang optimal.

Hasil penilaian kriteria silvikultur menunjukkan bahwa glodokan (*P. longifolia*) memiliki skor tinggi karena toleran terhadap tanah miskin hara, tahan hama, dan berakar tidak merusak infrastruktur. ketapang (*T. cattapa*) juga unggul dalam toleransi terhadap kekurangan air dan suhu tinggi, cocok dengan iklim Surakarta. Kriteria manajemen meliputi kemudahan penanaman, pemeliharaan, pengamanan, dan fungsi tajuk menunjukkan jenis angkana (*P. indicus*) dan kerai payung (*F. decipiens*) di wilayah kampus 1 dan 2 memiliki skor tinggi karena penanaman dan perawatannya mudah, tajuknya tebal (efektif sebagai peneduh dan pelindung angin), serta biaya pemeliharaan rendah.

Penilaian kriteria estetika mencakup keindahan habitus (tajuk, bunga, daun), ukuran buah, potensi alergi, dan fungsi pendidikan menunjukkan di wilayah kampus 2 terdapat pohon tabebuaya, cempaka (*M. champaca*) dan kenanga (*C. odorata*). Jenis pohon tersebut memiliki nilai estetis pada sebuah RTH, karena bunga yang mencolok, mekar musiman, dan habitus simetris memperkuat fungsi estetika secara visual (Ender & Zencirkiran, 2017; Sardaro et al., 2017) dan kultural (Huss et al., 2017) dari

RTH. Sementara itu, kersen (*M. calabura*) dan lamtoro (*L. leucocephala*) memiliki buah kecil yang berpotensi menarik hama (Gloria et al., 2023), sehingga perlu adanya pertimbangan penempatan strategis. Beberapa pohon memiliki keunikan visual dari segi warna buah seperti pronojiwo (*K. arborea*) dan bentuk dan warna daun muda yaitu pada pohon sapu tangan (*M. grandiflora*). Di samping itu, beberapa jenis pohon di UMS, seperti durian, pohon sosis, mangga, mahoni, flamboyan, kepoh, dan nangka, meskipun getahnya tidak berbahaya, memiliki buah yang cukup besar dan berpotensi membahayakan kendaraan atau pejalan kaki apabila jatuh (Setiawan & Hermana, 2013).

Untuk akasia (*A. auriculiformis*) dan tusam (*P. merkusii*), kedua jenis ini dinilai “cukup sesuai” terutama karena perbedaan mendasar pada ketahanan fisik dan fungsi estetika di lapangan. Secara observasi di lapangan, aspek ketahanan batang pokok menunjukkan bahwa diameter batang yang kecil membuat kedua jenis tersebut mudah patah dan tumbang. Tusam juga kurang toleran terhadap kekurangan air, meskipun pada aspek manajemen dinilai cukup karena metode penanaman dan perawatannya tidak terlalu sulit serta kekurangan pada fungsi tajuk yang tidak tebal dan rapat berakibat pada penurunan skor pada parameter estetika (Markum, 2019). Di sisi lain, meskipun akasia memiliki keunggulan dalam kemudahan penanaman dan pemeliharaan, tetapi mempunyai potensi alergi yang ditimbulkan oleh serbuk sarinya (Shamsbiranvand et al., 2014). Oleh karena itu, akasia menurunkan nilai estetika dan fungsi pendidikan secara visual. Dengan demikian, kedua jenis pohon ini tidak mencapai skor optimal karena kelemahan pada parameter kritis yang mendukung fungsi keseluruhan RTH.

Demikian pula, pohon kamboja (*P. rubra*) memperoleh skor 34 yang termasuk kategori “cukup sesuai”. Pohon kamboja meskipun sering ditanam di perkotaan karena bunganya yang indah, namun ia memiliki kelemahan dari sisi ekologis. Hal tersebut seperti daya serap air yang rendah, ketidakmampuannya dalam

menyerap polutan secara signifikan, kurangnya fungsi tajuk yang optimal sebagai peneduh dan pelindung angin serta habitus yang kurang menarik dan keberadaan getah berbahaya turut menurunkan skor keseluruhan. Selain itu, struktur daunnya yang jarang membuatnya kurang efektif dalam meredam panas atau menyaring debu (Nurfatiha et al., 2024).

4. Kesimpulan dan saran

4.1. Kesimpulan

Identifikasi jenis pohon di RTH UMS mengungkapkan keanekaragaman yang tinggi dengan 56 jenis pohon tersebar di kampus 1 dan 2. Jenis dominan adalah angsa (P. indicus), tanjung (M. elengi), dan ketapang (T. catappa). Evaluasi kesesuaian jenis pohon penyusun RTH berdasarkan kriteria silvikultur, manajemen, dan estetika menunjukkan 95% jenis pohon di kampus 1 dan 85,71% di kampus 2 tergolong "sesuai" untuk mendukung fungsi RTH. Jenis seperti glodokan (P. longifolia), mindi (M. azedarach) dan tanjung (M. elengi) mencapai skor tertinggi (43), menandakan kesesuaian optimal. Sebagian kecil jenis (akasia, tusam, dan kamboja) masuk kategori "cukup sesuai" akibat keterbatasan fungsi ekologis atau potensi risiko. Secara umum fungsi ekologis RTH UMS telah terpenuhi, baik itu sebagai pengontrol iklim mikro, peneduh, estetika, maupun penyerap polutan. Namun, diperlukan penyesuaian penempatan untuk jenis pohon penghasil buah atau yang memiliki buah besar (pohon sosis, mangga, nangka) guna menghindari risiko kontaminasi timbal serta jatuh jika terkena kendaraan ataupun pejalan kaki.

4.2. Saran

Perlu penyusunan pencanaan RTH UMS serta rekomendasi strategis, seperti pengembangan perencanaan komprehensif, peningkatan kapasitas pengelola, dan konservasi tanaman langka diusulkan untuk meningkatkan kualitas hutan kota UMS secara berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada

Rektor Universitas Muhammadiyah Solo yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- Ariyanto, J., Widoretno, S., Nurmiyati, & Agustina, P. (2014). Bentuk kehidupan (life form) tumbuhan penyusun vegetasi di Kotamadya Surakarta. *Bioedukasi*, 7(2), 10-17. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v7i2.2928>.
- Dahlan, E.N. (2008). Jumlah emisi gas co2 dan pemilihan jenis tanaman berdaya rosot sangat tinggi: studi kasus di Kota Bogor. *Media Konservasi*, 13(2), 85-89. <https://doi.org/10.29243/medkon.13.2.%p>
- Douglas, A.N.J., Irga, P.J., & Torpy, F.R. (2023). Investigating vegetation types based on the spatial variation in air pollutant concentrations associated with different forms of urban forestry. *Environments*, 10(2), 32. <https://doi.org/10.3390/environments10020032>
- Duan, J., Wang, Y., Fan, C., Xia, B., & de Groot, R. (2018). Perception of urban environmental risks and the effects of urban green infrastructures (ugis) on human well-being in four public green spaces of Guangzhou, China. *Environmental Management*, 62(3), 500-517. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1068-8>
- Ender, E., & Zencirkiran, M. (2017). Researches on attractive flowered natural woody plants of bursa flora in terms of landscape design. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 11(7), 668-673.
- Gandasari, I., Hotimah, O., & Miarsyah, M. (2020). Pemanfaatan ruang terbuka kampus sebagai potensi menjaga lingkungan. *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 9(2), 71-85. <https://doi.org/10.21009/jgg.092.04>
- Gloria, C.J.N., Barreno, E.O., & Del Mundo, E.F. (2023). Insecticidal

- activity of aratiles (*Muntingia calabura* L.) leaves against the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Rice-Based Biosystems Journal*, 11, 67–72. <https://www.researchgate.net/publication/384355614>
- Gu, Y., Zhang, J., Ma, W., Feng, Y., Yang, L., Li, Z., Guo, Y., Shi, G., & Han, S. (2023). Ecological factors driving tree diversity across spatial scales in temperate forests, Northeast China. *Forests*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/f14061241>
- Haas, D.W., Hassink, J., & Stuver, M. (2021). The role of urban green space in promoting inclusion: experiences from the Netherlands. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.618198>
- Hadinoto, Suhesti, E., & Suwarno, E. (2018). Kesesuaian jenis pohon di hutan Kota Pekanbaru. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 13(2), 118-131. <https://doi.org/10.31849/forestra.v13i2.1566>
- Hartanti, D.A.T. (2020). Kajian ruang terbuka hijau di Kota Surakarta Provinsi Jawa Tengah tahun 2020. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hermawan, D., Pramitasari, D., & Sudibyo, S. (2017). Studi kecukupan ruang terbuka hijau ideal di kampus perguruan tinggi untuk perencanaan kampus hijau kasus amatan wilayah aglomerasi Kota Yogyakarta Utara. Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Huss, E., Yosef, K.B., & Zaccari, M. (2017). The meaning of flowers: a cultural and perceptual exploration of ornamental flowers. *The Open Psychology Journal*, 10(1), 140–153. <https://doi.org/10.2174/1874350101710010140>
- Irfani, M., Syartinilia, S., & Soekmadi, R. (2024). Zonasi taman wisata alam berbasis sensitivitas ekologi: studi kasus taman wisata alam Gunung Pancar. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 21(1), 1-17. <https://doi.org/10.59465/jpht.v21i1.340>
- Irwan, S.N.R., Khoisol, A., & Hasanbahri, S. (2012). Fungsi vegetasi pada ruang hijau dan hutan kota untuk pengembangan lanskap ecopasantren studi kasus: pondok pesantren nurul jadid probolinggo. *Publikasi Ilmiah UMS*, 131-136.
- Koto, A.G., & Taslim, I. (2018). Kajian ruang terbuka hijau kampus universitas muhammadiyah gorontalo menggunakan foto udara drone. *Media Komunikasi Geografi*, 19(2), 153-164. <https://doi.org/10.23887/mkg.v19i2.14735>
- Lee, A.C.K., Jordan, H.C., & Horsley, J. (2015). Value of urban green spaces in promoting healthy living and wellbeing: Prospects for planning. In *Risk Management and Healthcare Policy*, 8, 131-137). Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S61654>
- Markum. (2019). Buku ajar agroforestry: klasifikasi dan kombinasi dalam agroforestry. Mataram University Press.
- Mastuti, A., Turtiantoro, & Setiyono, B. (2017). Kondisi dan prospek pengembangan eksisting ruang terbuka hijau (rth) publik di Kota Surakarta. *Journal of Politic and Government Studies*, 6(3), 131–140. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jpgs/article/view/16590>
- Mawazin, Pamoengkas, P., Darwo, Heriansyah, I., & Dewi, R. (2024). Restorasi 15 tahun: analisis komposisi, potensi, dan keanekaragaman jenis di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 21(2), 115-124. <https://doi.org/10.59465/jpht.v21i2.399>
- Mukhlison. (2013). Pemilihan jenis pohon untuk pengembangan hutan kota di kawasan perkotaan Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 37–47. <https://doi.org/10.22146/jik.6136>
- Nugroho, A.P., & Hidayati, R. (2023).

- Identifikasi kesesuaian vegetasi taman sekartaji sebagai ruang terbuka hijau (rth) Kota Surakarta. SIAR-IV 2023, 594–602.
- Nurfatiha, A.E., Nugraheni, D.T., Febriana, R.L.N., & Miftadira, R. (2024). Evaluasi penerapan konsep forest city dalam pembangunan lokasi calon ibu kota negara Indonesia penerapan pembangunan berkelanjutan. *Journal of Placemaking and Streetscape Design*, 1(2).
<https://doi.org/10.61511/jpstd.v1i2.2024.566>
- Riley, C.B., Herms, D.A., & Gardiner, M.M. (2017). Exotic trees contribute to urban forest diversity and ecosystem services in inner-city Cleveland, OH. *Urban Forestry and Urban Greening*, 29, 367–376.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.01.004>
- Rochim, N.F., & Syahbana, J.A. (2013). Penetapan fungsi dan kesesuaian vegetasi pada taman publik sebagai ruang terbuka hijau (rth) di Kota Pekalongan (Studi kasus: Taman Monumen 45 Kota Pekalongan). *Jurnal Teknik PWK*, 2(3), 314-327.
<http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/pwk>
- Salsabila, S., & Navastara, A. (2023). Penilaian kesesuaian fungsi ekologi ruang terbuka hijau di kawasan inti kraton yogyakarta. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1), 2337–3520. DOI: 10.12962/j23373539.v12i1.93794
- Sardaro, R., Panio, D., Fucilli, V., Bozzo, F., & Acciani, C. (2017). The Ornamental value of trees and choice experiments: a further methodological approach. *Aestimum*, 70(70), 75–95.
<https://doi.org/10.13128/Aestimum-21082>
- Setiawan, A., & Hermana, J. (2013). Analisa kecukupan ruang terbuka hijau berdasarkan penyerapan emisi co2 dan pemenuhan kebutuhan oksigen di Kota Probolinggo. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 171-174. DOI: 10.12962/j23373539.v2i2.4257
- Setiawan, E., & Arsandrie, Y. (2023). Green open space sebagai fasilitas belajar di lingkungan kampus universitas muhammadiyah surakarta (UMS). SIAR-IV 2023.
- Setiowati, R., Hasibuan, H. S., & Koestor, R.H.T.S. (2020). Studi komparasi perencanaan ruang terbuka hijau perkotaan antara Jakarta dan Singapura. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 12(2), 54-62.
<https://doi.org/10.29244/jli.12.2.2020.54-62>
- Shamsbiranvand, M.H., Khodadadi, A., Assarehzadegan, M.A., Borsi, S.H., & Amini, A. (2014). Immunochemical characterization of acacia pollen allergens and evaluation of cross-reactivity pattern with the common allergenic pollens. *Journal of Allergy*, 2014, 1-7.
<https://doi.org/10.1155/2014/409056>
- Sidor, C.G., Cuciurean, C.I., Popa, I., Leca, Ștefan, Vlad, R., & Badea, O. (2022). Broad-leaved tree growth modulated by industrial air pollution in the Northern Romania (Baia Mare Region). *Forests*, 13(807), 1-12.
<https://doi.org/10.3390/f13050807>
- Syahrul, M., & Suharyani. (2020). Evaluasi tingkat kebisingan ruang terbuka hijau taman tirtonadi surakarta. *SINEKTIKA Jurnal Arsitektur*, 17(2), 178-182. DOI: 10.23917/sinektika.v17i2.11625
- Syaifuddin, N., Firlawanti, L.B., Nurdin, A.S., Hidayah, M., & Tamnge, F. (2022). Pengembangan taman sebagai ruang terbuka hijau publik di Pulau Ternate. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 3, 5667-5674.
<https://doi.org/10.47492/jip.v3i3.1975>
- Waheed, M., & Naeem, M. (2023). Waves of waste the textile industry's contribution to ocean pollution. *Radinka Journal of Science and Systematic Literature Review*, 1(3). DOI: 10.56778/rjslr.v1i3.189
- Wijayanti, S.N., Setiawan, A.N., & Makrufi, A.D. (2021). Implementation of Muhammadiyah green school as an effort to fulfill constitutional rights. *Community Empowerment*, 6(7), 1199-1211.
<https://doi.org/10.31603/ce.4984>
- Zhang, P., Borer, E.T., Seabloom, E.W.,

Soons, M.B., Hefting, M.M., Kowalchuk, G.A., Adler, P.B., Chu, C., Zhou, X., Brown, C.S., Guo, Z., Zhou, X., Zhao, Z., Du, G., & Hautier, Y. (2023). Space resource utilization of dominant species integrates abundance- and functional-based processes for better predictions of plant diversity dynamics. *Oikos*, 2023(4).
<https://doi.org/10.1111/oik.09519>

