

JURNAL PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN

Volume 2 Nomor 1 (Februari) Tahun 2026 Page 1 - 20

Website: <https://e-journal.upr.ac.id/jpsal>

PENDEKATAN SISTEM DINAMIK DALAM PENGELOLAAN SAMPAH
PADAT DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR KOTA SAMPIT
KABUPATEN KOTAWARINGIN TIMUR

Aditya Kurniawan¹, Lusya Widiastuti², Herry Redin², I Nyoman Sudyana², Vera
Amelia², Firlianty².

¹Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan
Lingkungan

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi keberlanjutan pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kota Sampit, Kabupaten Kotawaringin Timur, menggunakan pendekatan sistem dinamik. Data timbulan sampah tahun 2020–2024 dan variabel kependudukan diolah dengan perangkat lunak Powersim 10 untuk membangun model *Causal Loop Diagram* (CLD) dan *Stock-Flow Diagram* (SFD). Hasil validasi model menunjukkan tingkat akurasi tinggi (AME 0,036% dan AVE 0,053%). Simulasi memperlihatkan bahwa tanpa intervensi, kapasitas TPA 64,7 ha akan terlampaui pada tahun 2040. Skenario kombinasi pengurangan sampah moderat dan peningkatan efisiensi pengelolaan 5% sejak 2027 mampu memperpanjang daya tampung hingga mendekati 2060. Strategi berkelanjutan direkomendasikan melalui penerapan prinsip 5R, pembangunan fasilitas terpadu, investasi teknologi pengolahan, serta penguatan regulasi dan partisipasi masyarakat.

Kata Kunci: Kebijakan 5R, Pengelolaan sampah, Sistem dinamik.

ABSTRACT

This study evaluates the sustainability of waste management at the Final Disposal Site (TPA) in Sampit City, East Kotawaringin Regency, using a system dynamics approach. Waste generation data from 2020–2024 and population variables were processed using Powersim 10 software to develop a Causal Loop Diagram (CLD) and Stock-Flow Diagram (SFD). Model validation showed high accuracy (AME 0.036% and AVE 0.053%). Simulation results indicate that without intervention, the 64.7-hectare TPA capacity will be exceeded by 2040. A combined scenario of moderate waste reduction and a 5% increase in management efficiency starting in 2027 could extend capacity until around 2060. Sustainable strategies are recommended through the implementation of 3R principles, development of integrated facilities, investment in processing technology, and strengthening of regulations and community participation.

Keywords: 3R policy, Solid waste management, System dynamics.

PENDAHULUAN

Sampah masih menjadi permasalahan utama di berbagai daerah, baik di kota besar maupun di tingkat lokal. Apabila tidak dikelola dengan baik, sampah dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan masyarakat, pencemaran lingkungan, serta menurunkan kualitas hidup. Peningkatan timbulan sampah sejalan dengan pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan perubahan pola konsumsi masyarakat yang semakin kompleks. Keterbatasan lahan untuk Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di berbagai daerah, termasuk Kota Sampit, memperburuk kondisi pengelolaan sampah yang ada.

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional (Jakstranas) menargetkan pengurangan sampah sebesar 30% dan penanganan 70% pada tahun 2025. Upaya ini ditindaklanjuti oleh pemerintah daerah melalui penyusunan kebijakan dan strategi daerah (Jakstrada) bidang persampahan, termasuk pembangunan TPA regional. Namun, pelaksanaannya masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan dana, jarak pengangkutan, dan rendahnya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah.

TPA memiliki peran penting dalam sistem pengelolaan sampah perkotaan karena berfungsi menampung sisa sampah yang tidak dapat diolah. Namun, peningkatan volume sampah yang tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas dan efisiensi pengelolaan dapat memperpendek umur TPA serta menimbulkan pencemaran air, udara, dan tanah. Kondisi ini juga terjadi di TPA Kota Sampit, Kabupaten Kotawaringin Timur, yang terus mengalami peningkatan volume sampah seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi.

Permasalahan pengelolaan sampah di Kota Sampit memerlukan pendekatan sistematis untuk memahami keterkaitan antara faktor sosial, ekonomi, dan teknis. Pendekatan sistem dinamik digunakan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat antar variabel, mensimulasikan skenario kebijakan, serta memproyeksikan kapasitas dan umur TPA di masa depan. Dengan model ini, pemerintah daerah dapat mengevaluasi efektivitas strategi pengelolaan dan menentukan kebijakan yang tepat untuk keberlanjutan TPA.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi volume timbulan sampah, membangun dan mensimulasikan model pengelolaan TPA menggunakan pendekatan sistem dinamik, serta memberikan rekomendasi kebijakan kepada pemerintah daerah. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar perencanaan dan pengambilan keputusan dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah yang berkelanjutan di Kota Sampit dan wilayah sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah di Kota Sampit, Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2025 sampai Maret 2025. Data yang digunakan dari tahun 2020-2024.

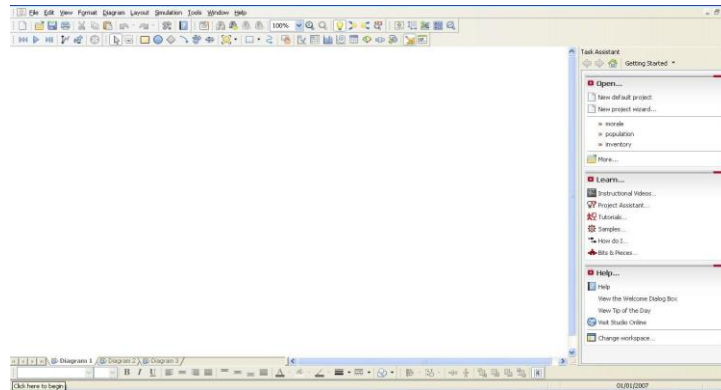


Gambar 1. Lokasi TPA kota Sampit

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Alasan menggunakan teknik *purposive sampling* ini karena sesuai untuk digunakan untuk penelitian kuantitatif, atau penelitian-penelitian yang tidak melakukan generalisasi menurut Sugiyono (2016: 85).

Untuk melakukan simulasi model, diperlukan perangkat lunak yang mampu menampilkan perilaku sistem secara cepat dan akurat. Beberapa perangkat yang umum digunakan antara lain Vensim, Stella, dan Powersim. Dalam penelitian ini digunakan Powersim 10, karena mampu membangun dan mensimulasikan model dinamik secara efektif.

Tahapan awal pengembangan model dimulai dengan menyusun Causal Loop Diagram (CLD) untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar faktor dalam sistem pengelolaan sampah. Setelah struktur hubungan tersebut dipahami, model dilanjutkan dalam bentuk Stock Flow Diagram (SFD) menggunakan Powersim, yang memvisualisasikan keterkaitan antar variabel dan memungkinkan analisis dinamika sistem secara kuantitatif.



Gambar 2. Tampilan Halaman Kerja (*Worksheet*) Powersim 10

Sumber: Modul Pelatihan Sistem Dinamik, 2015.

Data yang digunakan dalam validasi terdiri dari data aktual dan data hasil simulasi jumlah sampah di TPA selama lima tahun terakhir (2020–2024) seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 4. Data Aktual dan Data Hasil Simulasi Jumlah Sampah di TPA Selama Lima Tahun (2020–2024)

Tahun	Data Aktual (Ton)	Data Simulasi (Ton)
2020	17,966.40	17,966.40
2021	29,221.20	29,243.74
2022	47,630.56	47,674.91
2023	72,555.00	72,549.19
2024	76,311.00	76,308.01

Sumber: Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten KOTIM, 2025

Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dan data aktual menggunakan dua indikator, yaitu Absolute Mean Error (AME) dan Absolute Variation Error (AVE). Nilai AME menunjukkan selisih rata-rata hasil simulasi terhadap data aktual, sedangkan AVE menunjukkan perbedaan variansnya. Model dianggap valid apabila tingkat penyimpangan keduanya kurang dari 10%.

1. *Absolute Mean Error* (AME)

$$AME = \frac{Si - Ai}{Ai}$$

Keterangan:

$\underline{S_i}$ = $S_i N$, dimana S = nilai simulasi

$\underline{A_i}$ = $A_i N$, dimana A = nilai aktual

N = interval waktu pengamatan

2. *Absolute Variance Error* (AVE)

$$AVE = [(S_s - S_a)/S_a]$$

Keterangan:

S_s = $((S_i - \underline{S_i})^2 N)$ = deviasi nilai simulasi

S_a = $((A_i - \underline{A_i})^2 N)$ = deviasi nilai aktual

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Sampah yang Masuk ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tabel 2. Data Volume Sampah yang Masuk Ke Tempat Pemrosesan Akhir
Periode Tahun 2020-2014

No	Tahun	Sampah Masuk		Ritase			Keterangan
		Ton/ Tahun	Ton/ Hari	(Rit)	Ton/ rit	Rit/ Hari	
1	2020	44.916	123	5.873	7,6	16,1	Data mengacu pada data timbangan di TPA
2	2021	75.053	206	5.763	13,0	15,8	
3	2022	21.095	58	6.361	3,3	17,4	
4	2023	28.383	78	7.426	3,8	20,3	
5	2024	24.739	68	6.894	3,6	18,9	
Total		194.186	532	32.317	31,4	89	
Rata-rata		38.837	106	6.463	6,28	18	

Sumber : UPTD Tempat Pemrosesan Akhir, Dinas Lingkungan Hidup (2025)

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa volume sampah yang masuk ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) rata-rata 106 Ton per hari atau 194.186 ton pertahunnya dengan jumlah ritase angkutan rata-rata per hari 18 rit. Berdasarkan sumber sampah yang masuk ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yaitu berasal dari 4 depo sampah besar dan 4 depo sampah mini yang berada di kota sampit. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.

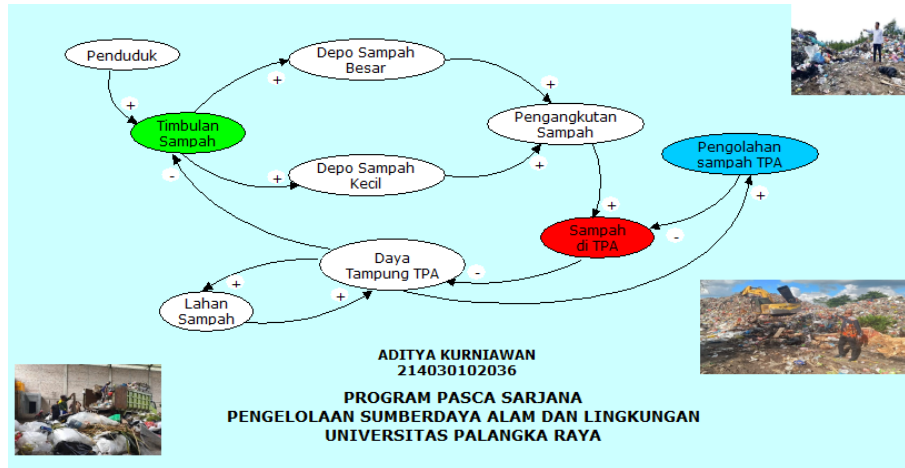
Tabel 3. Data Lokasi Depo Sampah dan Kapasitas Tampung

Nomor Depo	Nama Depo	Wilayah Depo (Kecamatan)	Alamat Depo	Kapasitas Tampung
1	Depo Sehati 01	Mentawa Baru Ktepang	Jl. Pelita Barat	40 Ton
2	Depo Sehati 02	Mentawa Baru Ktepang	Jl. Tartar	30 Ton
3	Depo Sehati 03	Mentawa Baru Ktepang	Jl. KS Tubun	30 Ton
4	Depo Sehati 04	Baamang	Jl. Cristopel Mihing	60 Ton
5	Depo Sehati Mini 01	Baamang	Jl. Sukabumi	8 Ton
6	Depo Sehati Mini 02	Baamang	Jl Tidar	8 Ton
7	Depo Sehati Mini 03	Baamang	Jl. Sempurna Barat	8 Ton
8	Depo Sehati Mini 04	Mentawa Baru Ktepang	Jl. Kopi Selatan	8 Ton

Sumber : UPTD Tempat Pemrosesan Akhir, Dinas Lingkungan Hidup (2025)

Pengembangan Model

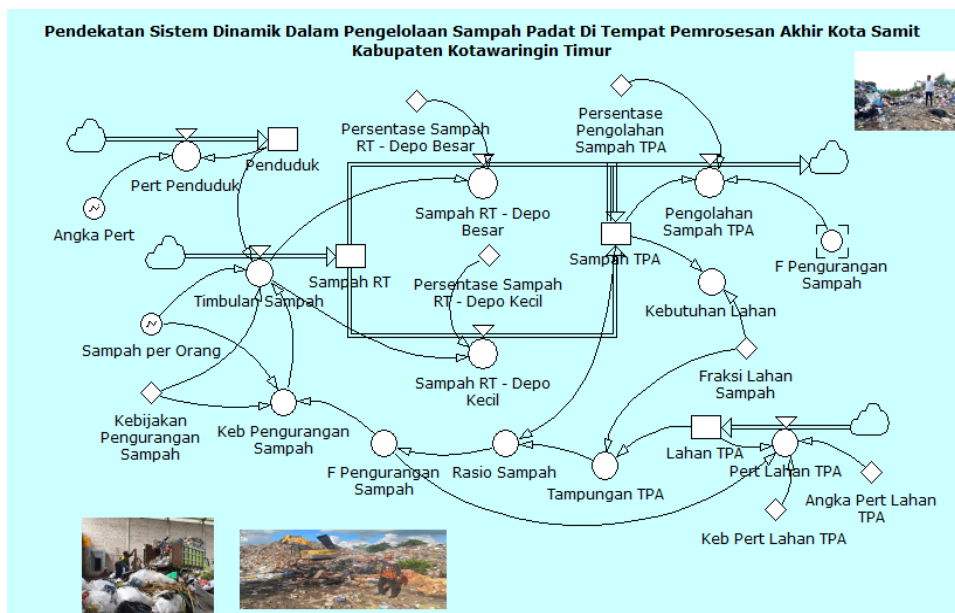
Mendesain Hubungan Sebab-Akibat (*Causal Loop Diagram*)



Gambar 3. *Causal loop diagram* (CLD) Pengelolaan Sampah

Causal Loop Diagram (CLD) pada gambar 3 menunjukkan hubungan sebab-akibat antarvariabel dalam sistem pengelolaan sampah. Sampah yang dihasilkan penduduk dikumpulkan di depo terdekat, kemudian diangkut dengan dump truck ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Di TPA, sampah dipilah dan diolah untuk mengurangi beban kapasitasnya.

Membangun *Stock Flow Diagram* (SFD)

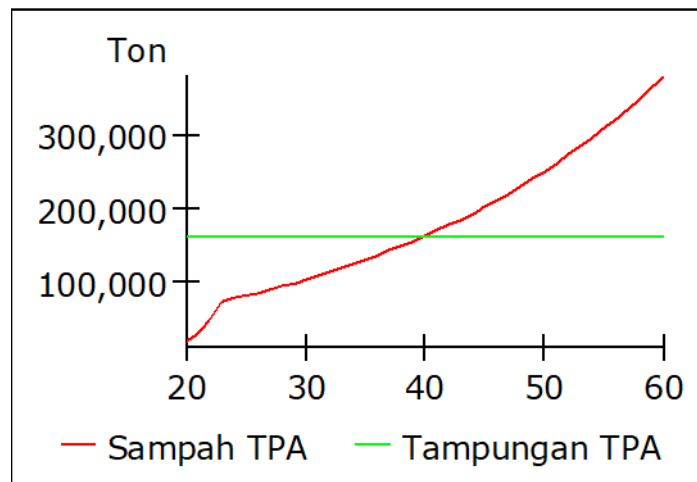


Gambar 4. *Stock Flow Diagram* (SFD) Pengelolaan Sampah

Penyusunan *Stock Flow Diagram* (SFD) diawali dengan identifikasi variabel stok, flow, dan konstanta berdasarkan hasil pengembangan dari *Causal Loop Diagram* (CLD). Setiap variabel diisi dengan data aktual dari hasil temuan atau instansi terkait untuk keperluan simulasi model. Ketepatan data sangat penting, karena kesalahan input dapat menyebabkan simulasi tidak dapat dijalankan.

Simulasi Model

Hasil proyeksi simulasi jumlah sampah yang masuk ke TPA ditunjukkan pada Gambar 5 dan tabel 4.



Gambar 5. Grafik Proyeksi Sampah di TPA

Tabel 4. Hasil Simulasi Jumlah Sampah dengan Kebutuhan Lahan

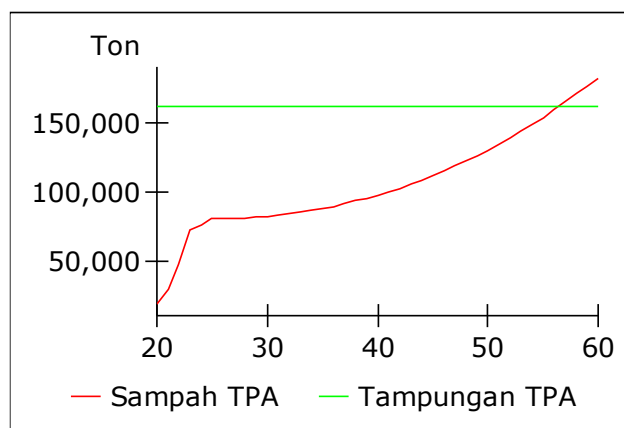
year	Sampah RT	Sampah TPA	Kebutuhan Lahan
20	0,00	17.966,40	7,19
21	0,00	29.243,74	11,70
22	0,00	47.647,91	19,06
23	0,00	72.549,19	29,02
24	0,00	76.308,01	30,52
25	0,00	80.216,83	32,09
36	0,00	135.010,64	54,00
37	0,00	141.262,24	56,50
38	0,00	147.763,32	59,11
39	0,00	154.523,86	61,81
40	0,00	161.554,21	64,62
41	0,00	168.865,12	67,55

Sumber: Power Simulator 10, hasil data simulasi

Grafik dan tabel menunjukkan hubungan antara volume sampah dan kapasitas TPA dari waktu ke waktu. Pada tahun 2020, jumlah sampah

sebesar 17.966 ton masih di bawah kapasitas tampung. Namun, peningkatan terjadi secara eksponensial hingga mencapai 161.544 ton pada tahun 2040, mendekati batas lahan TPA seluas 64,62 hektar. Tanpa perluasan kapasitas atau pengolahan tambahan, TPA diproyeksikan kelebihan beban mulai tahun 2041 dan berpotensi menimbulkan risiko lingkungan serta operasional.

Skenario model dengan meningkatkan pengelolaan sampah di TPA 5% pada tahun 2025 maka dapat mengurangi jumlah sampah di TPA



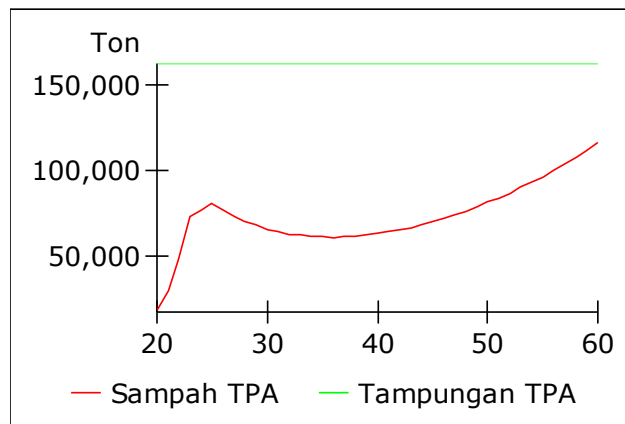
Gambar 6. Grafik Skenario model dengan meningkatkan pengelolaan sampah di TPA 5% pada tahun 2025

Grafik menunjukkan bahwa peningkatan pengelolaan sampah sebesar 5% sejak 2025 menurunkan laju pertumbuhan volume sampah hingga 2035. Namun, setelah 2040 tren kembali meningkat, dan pada 2056 volume sampah diproyeksikan melampaui kapasitas TPA. Artinya, efektivitas peningkatan 5% hanya berdampak jangka pendek, sehingga diperlukan peningkatan pengelolaan lebih besar untuk mencegah kelebihan beban TPA di masa depan.

Skenario model dengan meningkatkan pengelolaan sampah 10% pada tahun 2025 maka dapat mengurangi jumlah sampah di TPA

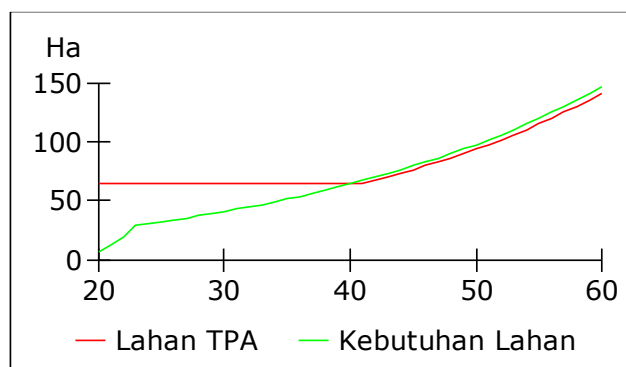
Model proyeksi menunjukkan bahwa peningkatan pengelolaan

sampah sebesar 10% sejak 2025 dapat menurunkan timbulan secara signifikan. Grafik simulasi gambar 7 memperlihatkan pertumbuhan volume sampah melandai, menurun hingga 2030, lalu stabil dan baru meningkat perlahan setelah 2036 tanpa melampaui kapasitas TPA hingga 2060. Peningkatan efisiensi ini dapat dicapai melalui penerapan Material Recovery Facility (MRF), teknologi composting dan Refuse-Derived Fuel (RDF), serta pemanfaatan leachate recirculation dan landfill gas recovery. Pengelolaan terpadu seperti ini terbukti mampu menekan beban TPA hingga 30% dalam satu dekade.



Gambar 7. Grafik Skenario model dengan meningkatkan pengelolaan sampah di TPA 10% pada tahun 2025

Skenario model dengan menambah lahan TPA sesuai kekurangan lahan

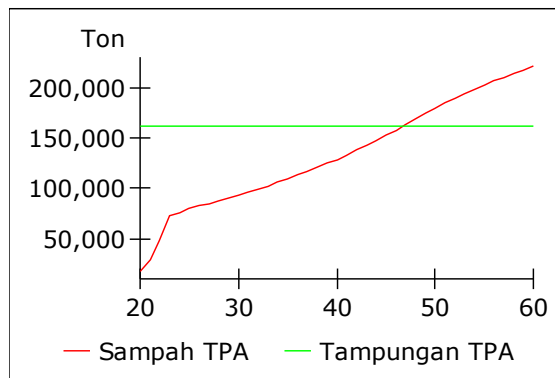


Gambar 8. Grafik Skenario model dengan menambah lahan TPA sesuai kekurangan lahan

Berdasarkan Gambar 8, grafik menunjukkan hubungan antara ketersediaan lahan TPA (garis merah) dan proyeksi kebutuhan lahan (garis

hijau). Tahun 2020–2025 kebutuhan meningkat tajam namun masih di bawah kapasitas, sedangkan pada 2040–2060 melampaui kapasitas eksisting, menandakan perlunya ekspansi lahan atau teknologi pengurangan sampah. Menurut Hoornweg & Bhada-Tata (2012), kebutuhan lahan TPA bergantung pada timbulan sampah dan sistem pengelolaan, yang tanpa intervensi dapat meningkat eksponensial. Wilson et al. (2012) juga menegaskan pentingnya pengelolaan terpadu seperti daur ulang dan komposting. Setelah 2040, penambahan lahan menjadi mendesak, dan alternatif seperti *Waste-to-Energy* (PLTSa), komposting skala besar, serta sanitary landfill efisien perlu segera diterapkan untuk menghindari kelebihan beban dan dampak lingkungan.

Skenario model dengan mengurangi sampah dari sumbernya secara moderat



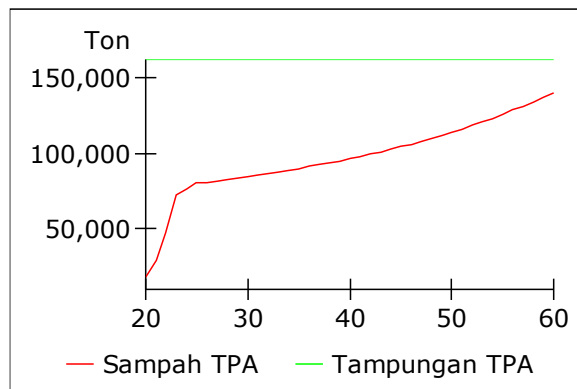
Gambar 9. Grafik Skenario Model dengan Pengurangan Sampah dari Sumbernya secara Moderat

Grafik menunjukkan dinamika volume sampah (garis merah) dan kapasitas TPA (garis hijau) dari tahun 2020–2060. Pada 2020–2025 terjadi lonjakan tajam, mencerminkan rendahnya pengurangan dari sumber. Tahun 2025–2040 kenaikan mulai melandai karena pengurangan moderat mulai diterapkan, namun 2045–2060 volume kembali meningkat dan melampaui kapasitas TPA pada 2050. Pengurangan dari sumber—melalui

pemilahan, pembatasan plastik, dan pengelolaan organik—merupakan strategi kunci. Menurut Wilson et al. (2012), upaya ini dapat menekan timbulan 20–40% jika disertai edukasi dan regulasi kuat. Skenario pengurangan 20% hanya memperlambat, belum mampu menahan pertumbuhan secara signifikan.

Grafik gambar 9 menunjukkan bahwa pengurangan sampah dari sumber secara moderat berdampak terbatas tanpa dukungan strategi lain seperti pengolahan lanjutan, peningkatan kapasitas TPA, atau teknologi MRF. Untuk hasil optimal, diperlukan pengurangan yang lebih intensif dan terpadu.

Skenario model dengan mengurangi sampah dari sumbernya secara Optimis



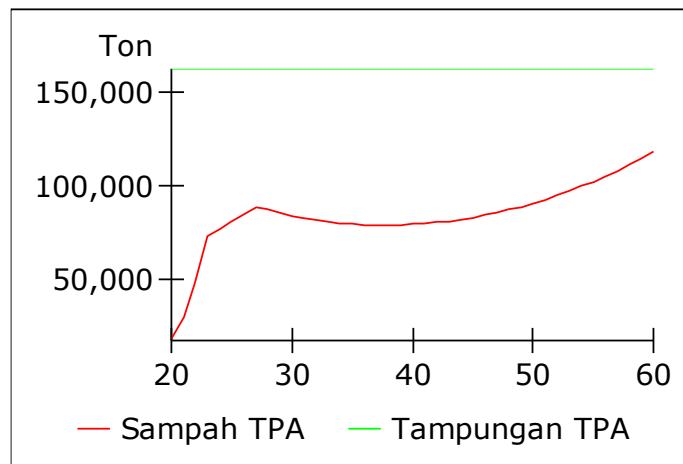
Gambar 10. Grafik Skenario model dengan mengurangi sampah dari sumbernya secara optimis

Grafik menunjukkan perbandingan volume sampah yang masuk ke TPA (garis merah) dan kapasitas tampungan (garis hijau) pada periode 2020–2060. Pada 2020–2025, volume sampah meningkat tajam hingga 70.000 ton, kemudian melandai dan hampir stagnan hingga 2035. Setelahnya, pertumbuhan berlangsung perlahan dan stabil hingga 2060, tetap jauh di bawah kapasitas maksimum TPA. Skenario ini menggambarkan pengurangan sampah dari sumber sebesar 60–70%.

Skenario optimis ini mencerminkan penerapan sistem pengelolaan sampah yang maksimal dan terintegrasi, dengan kebijakan pemilahan menyeluruh, dukungan infrastruktur seperti bank sampah dan TPS 3R, serta penguatan edukasi, insentif ekonomi, dan pengawasan publik.

Menurut Kaza et al. (2018) dan Hoornweg & Bhada-Tata (2012), kombinasi kebijakan pengurangan di sumber, regulasi ketat, serta partisipasi masyarakat mampu menekan volume sampah hingga 50–70% jika didukung infrastruktur memadai. Skenario ini menunjukkan dampak positif jangka panjang, menjaga kapasitas TPA dan mendorong sistem persampahan berkelanjutan menuju ekonomi sirkular.

Skenario model dengan mengurangi sampah dari sumbernya secara moderat dan meningkatkan pengelolaan sampah di TPA sebesar 10%



Gambar 11. Grafik Skenario model dengan mengurangi sampah dari sumbernya secara moderat dan meningkatkan pengelolaan sampah di TPA sebesar 10%

Grafik menunjukkan hubungan antara volume kumulatif sampah di TPA (garis merah) dan kapasitas maksimum (garis hijau) tahun 2020–2060. Pada 2020–2027 terjadi lonjakan hingga ±90.000 ton, menandakan pengurangan dari sumber belum efektif. Tahun 2027–2040 volume stagnan dan menurun bertahap akibat peningkatan pengelolaan di TPA sebesar 10%. Tahun 2040–2060 volume kembali naik perlahan namun

tetap di bawah kapasitas, menjaga sistem tetap stabil.

Model ini mengombinasikan dua intervensi utama: pengurangan sampah dari sumber secara moderat (efektivitas 10–20%) dan peningkatan pengelolaan TPA sebesar 10% melalui pemilahan lanjutan serta komposting. Kombinasi keduanya terbukti paling realistis dan efektif, menjaga keseimbangan sistem persampahan serta mencegah kelebihan kapasitas TPA hingga 30–40 tahun ke depan.

Rekomendasi

Membuat Tempat Penampungan Sementara (TPS) 5R (*Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Replace*).

Keberhasilan pengurangan sampah dari sumber bergantung pada kepatuhan warga dan dukungan infrastruktur seperti bank sampah dan TPS 5R. Sampah sebenarnya memiliki potensi ekonomi jika dikelola dengan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), yang dapat memperpanjang umur TPA, menghemat sumber daya, dan menciptakan peluang usaha daur ulang. Namun, penerapan 5R masih terkendala rendahnya kesadaran masyarakat, terbatasnya infrastruktur, dan belum optimalnya kebijakan daerah. Karena itu, diperlukan komitmen bersama serta perencanaan jangka panjang berbasis data untuk mewujudkan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Pembatasan penggunaan plastik sekali pakai

Pembatasan penggunaan plastik sekali pakai menjadi langkah penting untuk menekan peningkatan sampah plastik. Kebijakan ini dapat mengurangi volume sampah plastik, meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengurangan penggunaan plastik, serta menekan dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, pembatasan ini juga membantu menghemat sumber daya alam dan mengurangi polusi udara

maupun air akibat proses produksi dan pembakaran plastik.

Penguatan peran bank sampah dan komunitas daur ulang

Bank sampah berperan penting dalam pengelolaan dan pelestarian lingkungan dengan mengurangi sampah yang masuk ke TPA melalui daur ulang serta memberikan edukasi kepada masyarakat tentang pengelolaan sampah. Selain itu, bank sampah membuka peluang ekonomi melalui penjualan bahan daur ulang dan lapangan kerja baru. Komunitas daur ulang juga berkontribusi dalam mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Pengelolaan sampah jangka panjang harus menjadi bagian integral dari agenda pembangunan daerah, bukan sekadar tanggung jawab sektoral.

KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan volume sampah di TPA Sampit mencapai rata-rata 106 ton per hari. Hasil simulasi sistem dinamik dengan Powersim 10 memprediksi kapasitas TPA akan penuh pada 2040. Skenario terbaik adalah kombinasi pengurangan sampah secara moderat dari sumber dan peningkatan pengelolaan TPA sebesar 10%. Rekomendasi utama mencakup penerapan 5R, pembatasan plastik sekali pakai, penguatan bank sampah dan komunitas daur ulang, perluasan TPA, serta pengembangan teknologi pengolahan terpadu untuk mendukung pengelolaan sampah berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggreni MW. 2012. Pengelolaan limbah padat sebagai bagian penerapan konsep green building (studi kasus: Kantor Pusat PT Pertamina Jakarta) [skripsi]. Depok: Universitas Indonesia.
- Artika, Ika, and Mochammad Chaerul. 2020. "Model Sistem Dinamik Untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah Di Kota Depok." *Jurnal*

- Wilayah Dan Lingkungan* 8(3):261–79. doi: 10.14710/jwl.8.3.261-279.
- Chaerul, Mochammad, and Ika Kartika. 2021. "Aplikasi Model Sistem Dinamik Untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah Di Wilayah Pelayanan Tempat Pengolahan Dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Nambo." *Jurnal Permukiman* 16(2):101. doi: 10.31815/jp.2021.16.101-115.
- Eddy Surahman. 2023. "Badan Pusat Statistik Kabupaten Kotawaringin Timur." *Kotawaringin Timur Dalam Angka 2023* 1(1):282.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation.
- Fitriana; Soedirham (2013). "Perilaku ibu rumah tangga dalam pengelolaan sampah di Desa Bluru Kidul RW 11 Kecamatan Sidoarjo". *Jurnal Promosi dan Pendidikan Kesehatan Indonesia*. 1 (2): 132–137
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. World Bank
- Hidayat, R. (2013). Evaluasi Sistem Angkutan Sampah Kota Kandangan Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 1(2), 201. <https://doi.org/10.14710/jwl.1.2.201-214>
- Jimmyanto, H., Zahri, I., Dahlan, M. H., Septi, N., & Putri, R. (2017). *Demography Journal of Sriwijaya (DeJoS) Evaluasi sistem pengelolaan sampah padat domestik di kota Palembang tahun 2017*. 2(2), 1–7.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Group
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. www.sipsn.menlhk.go.id
- Leuhery (2011). "Kajian keandalan pola penanggulangan sampah padat

- studi kasus pada Kota Balikpapan Kalimantan Timur". *Arika*. 5 (1): 17–26.
- Lestari, S. (2016). Evaluasi Pengangkutan Sampah di Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v4i1.15810>
- Misbah Hidayat. 2009. "Bab 3 Met Ode Penelitian." *Dinamika Sistem Distribusi Bahan Bakar, FISIP UI, Universitas Indonesia* 91–112.
- Marlina K., Siti Noor K., Farida., (2015). Evaluasi Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat. Fakultas ekonomi, Universitas Muhamadiyah Magelang.
- UNEP. (2016). *Global Waste Management Outlook*. United Nations Environment Programme
- Subekti, S., & Apriyanti, E. (2020). Pengelolaan Sampah Kawasan Perkotaan Kendal Kabupaten Kendal. *Jurnal Neo Teknika*, 6(1), 8–14.
- Sulistiyono, D. (2013). Analisis sistem pengelolaan sampah di Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. *Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya*, 6(02), 112–125. <http://jurnal.untagsby.ac.id/index.php/EXTRAPOLASI/article/view/842>
- Rawung, Dede Trinovie. 2020. "Metode Penarikan Sampel." *Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Badan Pusat Statistik RI* (1):22.
- Wahyuni, S., Suryani, E., & Nugraha, H. (2020). *Evaluasi Strategi Pengelolaan Sampah Kota Surabaya Berdasarkan Prinsip 3R*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(3), 155-165.
- Wilson, D. C., Velis, C., & Cheeseman, C. (2012). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*, 30(4), 797–808.
- Zulfinar, Zulfinar, and Emenda Sembiring. 2015. "Dinamika Jumlah Sampah Yang Dihasilkan Di Kota Bandung." *Jurnal Tehnik Lingkungan* 21(1):18–28. doi: 10.5614/jtl.2015.21.1.3.

TINGKAT KESIAPSIAGAAN MASYARAKAT DALAM MENGHADAPI
BENCANA BANJIR DI KELURAHAN PETUK KETIMPUN KOTA
PALANGKA RAYA

Maria Dewi Raya Sari¹, Kartika Bungas², Betrixia Barbara², Lusia Widiastuti²,
Yuni Erlina², Yusuf Aguswan².

¹Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

ABSTRAK

Kelurahan Petuk Ketimpun merupakan wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir karena lokasinya di bantaran Sungai Rungan. Penelitian ini bertujuan mengukur tingkat kesiapsiagaan masyarakat serta mengidentifikasi faktor utama dan pendukung yang memengaruhinya. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui observasi, wawancara, kuesioner, dan dokumentasi. Analisis dilakukan menggunakan skoring indeks kesiapsiagaan berdasarkan empat indikator LIPI-UNESCO/ISDR dan analisis PCA untuk menentukan faktor dominan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesiapsiagaan masyarakat tergolong cukup siap, meski terdapat perbedaan antar-RT. Faktor utama yang memengaruhi adalah tindakan nyata seperti kepemilikan tas siaga, pemahaman jalur evakuasi, dan keterlibatan simulasi, sedangkan faktor pendukung meliputi kesadaran risiko dan partisipasi kebencanaan. Diperlukan strategi penguatan kapasitas masyarakat serta kolaborasi dengan pemerintah dalam sistem peringatan dini dan pelatihan rutin untuk mewujudkan ketangguhan terhadap banjir.

Kata kunci: Banjir, Kesiapsiagaan, Masyarakat

ABSTRACT

Petuk Ketimpun Village is a highly flood-prone area due to its location along the Rungan River. This study aims to assess the community's level of preparedness and identify the main and supporting factors influencing it. A quantitative approach was applied through observation, interviews, questionnaires, and documentation. Data were analyzed using the preparedness index scoring based on four LIPI–UNESCO/ISDR indicators and Principal Component Analysis (PCA) to determine dominant factors. The results show that community preparedness is generally in the “fairly ready” category, although variations exist among neighborhoods. The main influencing factors include concrete actions such as having emergency kits, understanding evacuation routes, and participating in simulations, while supporting factors involve risk awareness and disaster-related participation. Strengthening community capacity and fostering collaboration with the government in early warning systems and regular training are essential to achieve sustainable flood resilience.

Keywords: preparedness, flood, community

PENDAHULUAN

Bencana banjir merupakan ancaman lingkungan yang sering terjadi di Indonesia, termasuk di Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah (Febrianto & Susanti, 2021; Marzuki & Santoso, 2021; Handayani & Wahyudi, 2021). Salah satu wilayah yang kerap terdampak adalah Kelurahan Petuk Katimpun yang secara geografis berada di dekat Daerah Aliran Sungai (DAS) Kahayan, jalur utama drainase alami kota. Kondisi ini menjadikan wilayah tersebut sangat rentan terhadap banjir, terutama saat musim hujan dan peningkatan debit sungai (Smith et al., 2021; Hadi & Wibowo, 2022).

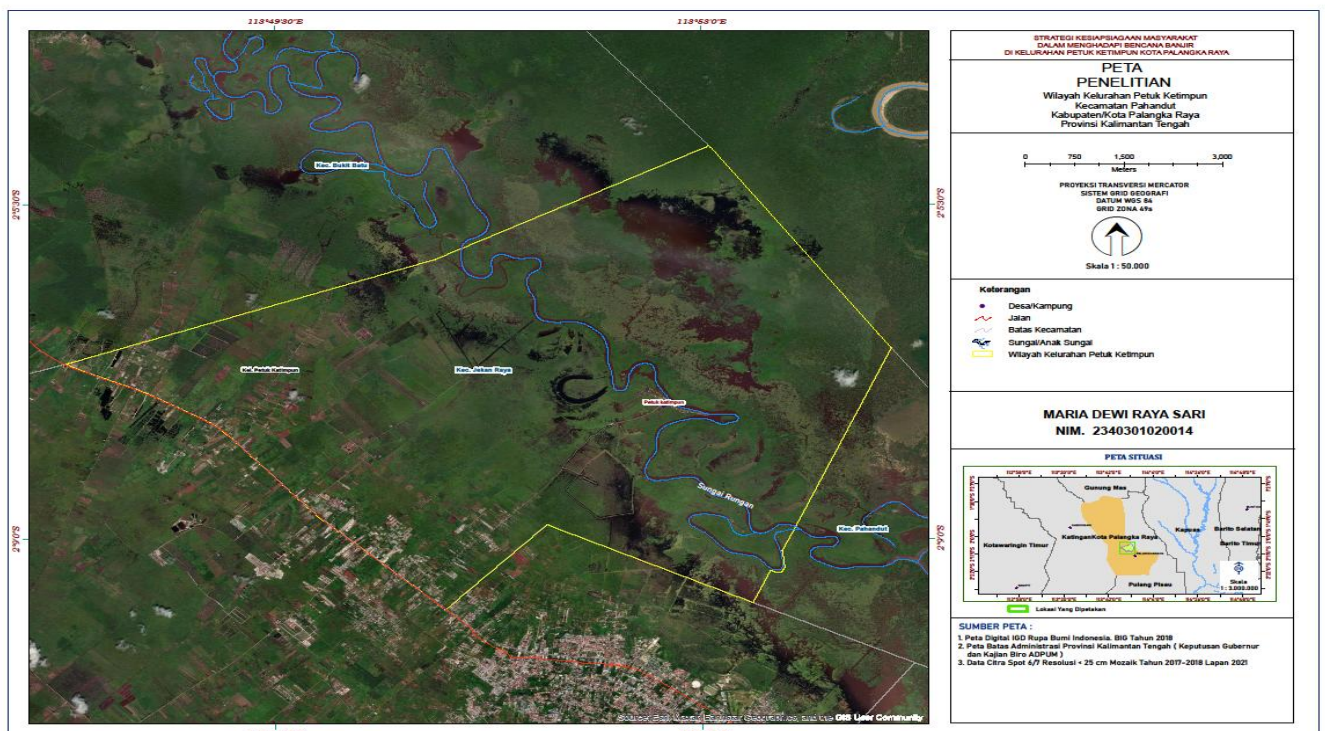
Banjir di Petuk Katimpun tidak hanya menimbulkan kerusakan fisik pada rumah dan fasilitas umum, tetapi juga berdampak pada aspek sosial dan ekonomi masyarakat. Aktivitas warga terganggu, distribusi logistik terhambat, dan kegiatan pendidikan anak-anak terhenti. Dampak tersebut menunjukkan bahwa banjir berpengaruh langsung terhadap kualitas hidup masyarakat, sehingga kajian mengenai dampak sosial dan ekonomi banjir menjadi penting dilakukan (Puspitasari & Riyadi, 2021).

Mitigasi bencana di wilayah ini masih belum optimal. Program normalisasi sungai dan pembangunan saluran air belum mampu menampung debit air yang besar saat hujan lebat. Pembangunan yang kurang memperhatikan aspek lingkungan turut memperburuk risiko banjir, ditambah dengan minimnya ruang terbuka hijau, berkurangnya daerah resapan air, dan kepadatan permukiman (Fitriani & Subekti, 2022). Namun demikian, masyarakat Petuk Katimpun memiliki strategi adaptasi lokal seperti rumah panggung, penyimpanan stok makanan darurat, dan gotong royong saat evakuasi. Kearifan lokal ini penting dikaji sebagai bagian dari mitigasi bencana berbasis masyarakat yang efektif dan berkelanjutan (Nurhadi & Susilowati, 2020).

Penelitian ini memiliki nilai strategis dalam mendukung kebijakan daerah, khususnya dalam perencanaan tata ruang dan penanggulangan bencana berbasis risiko di Kota Palangka Raya. Hasilnya diharapkan dapat menjadi referensi akademis maupun praktis dalam pengelolaan risiko bencana di wilayah dataran rendah lainnya di Indonesia. Dengan mempertimbangkan aspek geografis, sosial, dan kebijakan, penelitian ini relevan untuk memberikan solusi konkret dan aplikatif dalam upaya pengurangan risiko banjir secara terpadu dan berkelanjutan di Kelurahan Petuk Katimpun.

METODE PENELITIAN

Tempat penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kelurahan Petuk Ketimpun, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Waktu pelaksanaan penelitian selama 2 (dua) bulan dimulai sejak bulan Februari 2025 sampai bulan Maret 2025.



Gambar. 1 Peta Lokasi Penelitian

Penentuan jumlah populasi dan sampel dalam penelitian ini perlu memperhatikan data populasi terbaru untuk menentukan sampel. Langkah-langkah sebagai berikut:

Jumlah Populasi: Jumlah populasi dalam penelitian ini merujuk pada jumlah penduduk Kota Palangka Raya. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik), penduduk Kota Palangka Raya tahun 2023 sekitar 305.907 jiwa. Populasi Kecamatan Jekan Raya tahun 2023 sekitar 155.877 jiwa. Penduduk Kelurahan Petuk Ketimpun 3.482 jiwa. Asumsikan sekitar 5% dari penduduk Kelurahan Petuk Ketimpun, maka populasi target penelitian sekitar 174 jiwa.

Jumlah Sampel: Untuk menentukan jumlah sampel menggunakan rumus Slovin: Rumus Slovin digunakan untuk menentukan ukuran sampel dari populasi yang besar, dan untuk penelitian dengan tingkat kepercayaan tertentu. Rumus ini adalah:

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

Keterangan:

n = Jumlah sampel yang diperlukan

N = Jumlah Total Populasi

e = Margin of error (tingkat kesalahan yang dapat diterima, biasanya dinyatakan dalam persentase seperti 0,05 atau 5%)

Jika menggunakan populasi sebesar 174 jiwa dan margin of error 5%, perhitungan akan menjadi:

$$n = \frac{174}{1+174(0,05)^2}$$
$$n = \frac{174}{1+174(0,00255)}$$
$$n = \frac{174}{1,44} = 121,3$$

Jumlah sampel yang diperlukan adalah sekitar 121 responden.

Jumlah sampel cukup representatif untuk menggambarkan kesiapsiagaan masyarakat di Kelurahan Petuk Ketimpun Kota Palangka Raya terhadap bencana alam banjir.

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan Principal Component Analysis (PCA). Analisis deskriptif digunakan untuk menyajikan dan menggambarkan data kuantitatif sebagaimana adanya dalam bentuk tabel, grafik, atau angka berdasarkan data primer hasil wawancara dan observasi lapangan (Zellatifanny & Mudjiyanto, 2018). Sementara itu, metode PCA digunakan untuk menganalisis hubungan linier antar variabel, khususnya pengetahuan, sikap, dan tindakan masyarakat terhadap kesiapsiagaan bencana. PCA merupakan teknik statistik multivariat yang secara linear mengubah sejumlah variabel asli menjadi kumpulan variabel baru yang lebih sedikit dan tidak berkorelasi, namun tetap mewakili informasi utama dari data awal (Nasution, 2018; Astoni & Haris, 2022; Manullang, 2023). Metode ini berfungsi untuk menyederhanakan, mereduksi dimensi, serta mengeliminasi faktor yang kurang dominan tanpa mengurangi makna dan tujuan dari data aslinya (Zulfahmi, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Masalah Bencana Banjir

Wilayah Kelurahan Petuk Ketimpun, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya merupakan daerah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana banjir karena lokasinya yang berada di dataran rendah dan berdekatan dengan aliran Sungai Rungan. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan warga serta perangkat kelurahan, banjir di wilayah ini disebabkan oleh beberapa faktor utama, antara lain ketiadaan tanggul permanen, sedimentasi sungai, pembangunan rumah di sempadan sungai

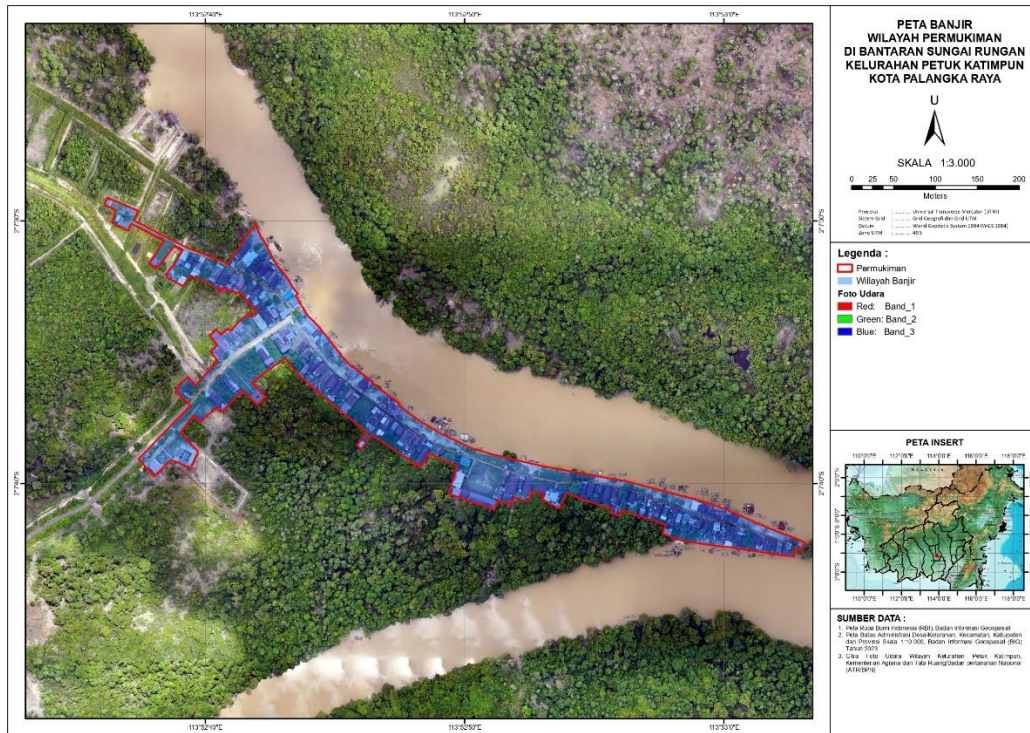
tanpa drainase memadai, serta saluran air yang sempit dan tertutup sedimen. Selain itu, rendahnya pengetahuan masyarakat mengenai tanggap darurat, seperti jalur evakuasi dan perlengkapan siaga, memperburuk kondisi saat banjir terjadi.

Curah hujan tinggi akibat perubahan iklim global juga memperparah situasi, menyebabkan banjir lebih sering terjadi di luar musim biasanya. Wilayah ini belum memiliki sistem peringatan dini banjir, baik secara digital maupun manual, dan data spasial serta statistik kerentanan banjir masih terbatas. Berdasarkan wawancara, masyarakat menilai banjir di Petuk Ketimpun terjadi secara alamiah akibat curah hujan ekstrem, topografi rendah dan cekung, serta berkurangnya daerah resapan air seperti rawa dan hutan. Ditunjukkan pada gambar 2 lokasi pemukiman Petuk Ketimpun, wilayah ini berada di sepanjang bantaran Sungai Rungan dengan elevasi kurang dari 40 meter di atas permukaan laut, menjadikannya sangat rentan terhadap genangan air. Pada Maret 2025, tercatat sekitar 280 KK atau 430 jiwa terdampak banjir dengan 116 rumah terendam air setinggi 50–130 cm serta 5 km jalan utama tergenang akibat meluapnya Sungai Rungan.



Gambar 2. Permukiman Petuk Ketimpun

Ditunjukkan pada gambar 3 lokasi banjir, area berwarna biru pada peta menggambarkan wilayah permukiman di bantaran Sungai Rungan yang rawan terendam, terutama saat musim hujan. Dampak banjir yang dirasakan masyarakat meliputi aspek sosial, ekonomi, dan kesehatan. Secara sosial, warga harus mengungsi sementara ke wilayah yang lebih tinggi dan aman, sedangkan aktivitas pendidikan dan pelayanan publik terganggu. Secara ekonomi, banjir menyebabkan kerusakan infrastruktur jalan dan jembatan serta menurunkan aktivitas perdagangan. Sementara secara kesehatan, muncul penyakit akibat air tercemar dan risiko wabah pasca banjir meningkat.



Gambar 3. Wilayah Banjir di Permukiman Petuk Ketimpun

Secara keseluruhan, permasalahan banjir di Kelurahan Petuk Ketimpun bersifat struktural dan non-struktural. Secara struktural, wilayah ini belum memiliki infrastruktur dan tata ruang yang mendukung mitigasi banjir. Secara non-struktural, rendahnya kapasitas masyarakat dan belum adanya sistem peringatan dini menjadi faktor penghambat utama kesiapsiagaan. Oleh karena itu, penanggulangan banjir perlu dilakukan secara holistik dan berbasis komunitas, dengan memperkuat kapasitas masyarakat serta melibatkan partisipasi aktif dalam upaya mitigasi bencana secara berkelanjutan.

Data identifikasi responden sebanyak 121 orang pada penelitian ini diperoleh dari rekapitulasi kuesioner sebagai alat wawancara mendalam kepada masyarakat, meliputi: usia; jenis kelamin; pendidikan terakhir; dan pekerjaan.

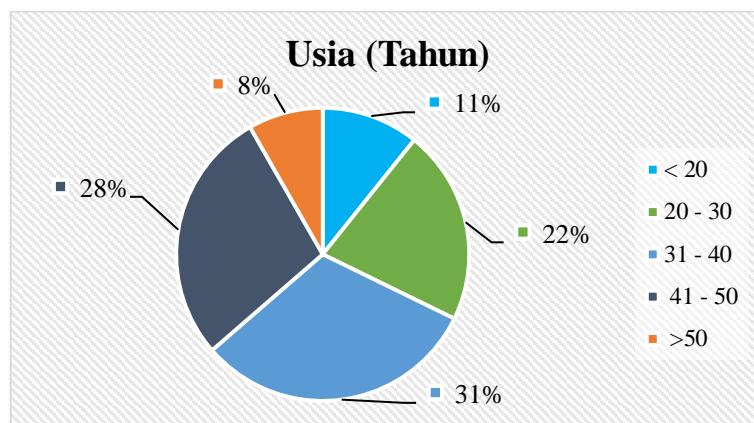
Responden berdasarkan usia (tahun)

Hasil penelitian menunjukkan usia responden yaitu responden berusia < 20 tahun berjumlah 13 orang (11%); berusia 20 - 30 tahun berjumlah 26 orang (22%); berusia 31 – 40 tahun berjumlah 38 orang (31%); dan berusia > 50 tahun berjumlah 10 orang (8%). Data jumlah responden berdasarkan usia disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Jumlah Responden Berdasarkan Usia

No.	Usia (tahun)	Jumlah (orang)	Presentase (%)
1.	< 20	13	11
2.	20 – 30	26	22
3.	31 – 40	38	31
4.	41 – 50	34	28
5.	> 50	10	8
Total		121	100

Sumber : Data primer diolah, 2025.



Gambar 4. Persentase Responden Berdasarkan Usia

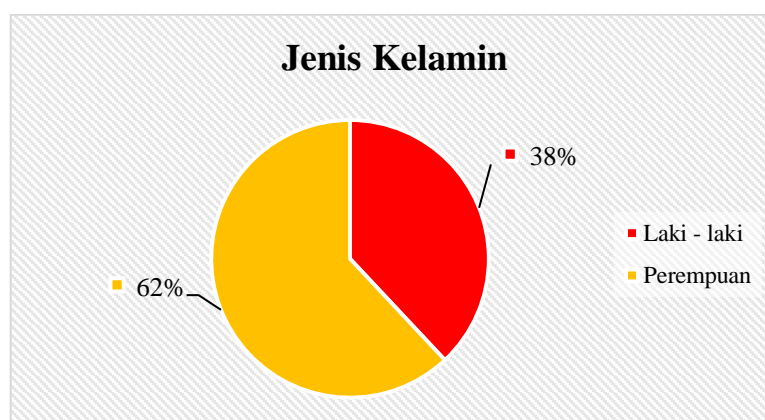
Responden berdasarkan jenis kelamin

Hasil penelitian menunjukkan berdasarkan jenis kelamin responden yaitu responden berjenis kelamin laki-laki berjumlah 46 orang (38%) dan perempuan berjumlah 75 orang (62%). Data jumlah responden berdasarkan jenis kelamin disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2. Jumlah Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

No.	Jenis Kelamin	Jumlah (orang)	Presentase (%)
1.	Laki - laki	46	38
2.	Perempuan	75	62
Total		121	100

Sumber : Data primer diolah, 2025.



Gambar 4. Persentase Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

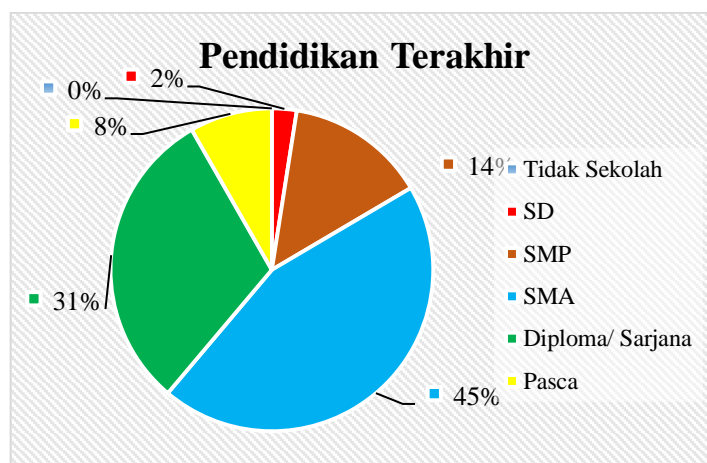
Responden berdasarkan pendidikan terakhir

Hasil penelitian menunjukkan pendidikan terakhir responden yaitu responden Tidak Sekolah tidak ada (0%); pendidikan SD berjumlah 3 orang (2%); pendidikan SMP berjumlah 17 orang (14%); pendidikan SMA berjumlah 54 orang (45%); pendidikan Diploma/Sarjana berjumlah 37 orang (31%); dan pendidikan Pascasarjana berjumlah 10 orang (8%). Data jumlah responden berdasarkan pendidikan terakhir disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 6.

Tabel 3. Jumlah Responden Berdasarkan Pendidikan Terakhir

No.	Pendidikan Terakhir	Jumlah (orang)	Presentase (%)
1.	Tidak Sekolah	3	2
2.	SD	17	14
3.	SMP	54	45
4.	Diploma/Sarjana	37	31
5.	Pascasarjana	10	8
Total		121	100

Sumber : Data primer diolah, 2025.



Gambar 6. Persentase Responden Berdasarkan Pendidikan Terakhir

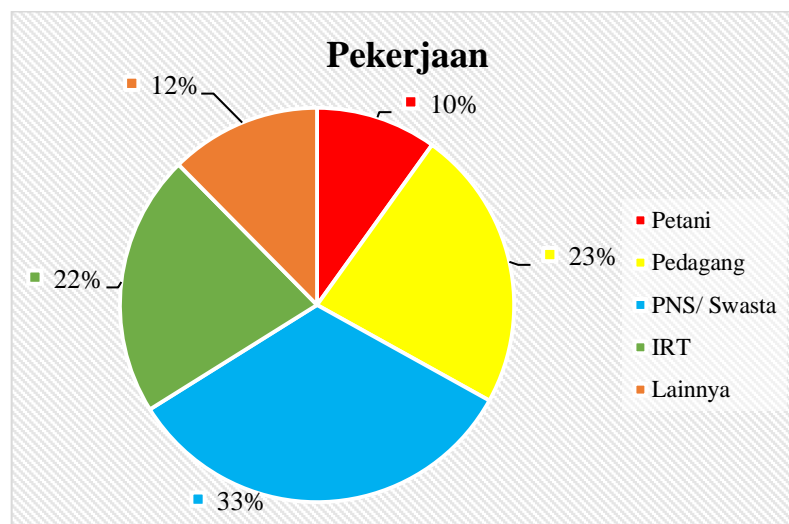
Responden berdasarkan pekerjaan

Hasil penelitian berdasarkan pekerjaan responden yaitu petani berjumlah 12 orang (10%); pedagang berjumlah 28 orang (23%); PNS/Swasta berjumlah 40 orang (33%); IRT (Ibu Rumah Tangga) berjumlah 26 orang (22%); dan Lainnya berjumlah 15 orang (12%). Data jumlah responden berdasarkan pekerjaan disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 7.

Tabel 4. Jumlah Responden Berdasarkan Pekerjaan

No.	Pekerjaan	Jumlah (orang)	Presentase (%)
1.	Petani	12	10
2.	Pedagang	28	23
3.	PNS/Swasta	40	33
4.	IRT	26	22
5.	Lainnya	15	12
Total		121	100

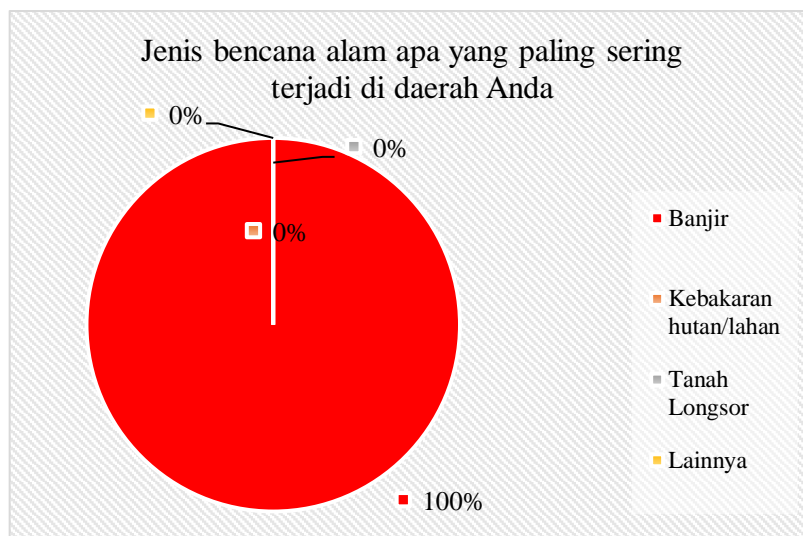
Sumber : Data primer diolah, 2025.



Gambar 7. Persentase Responden Berdasarkan Pekerjaan.

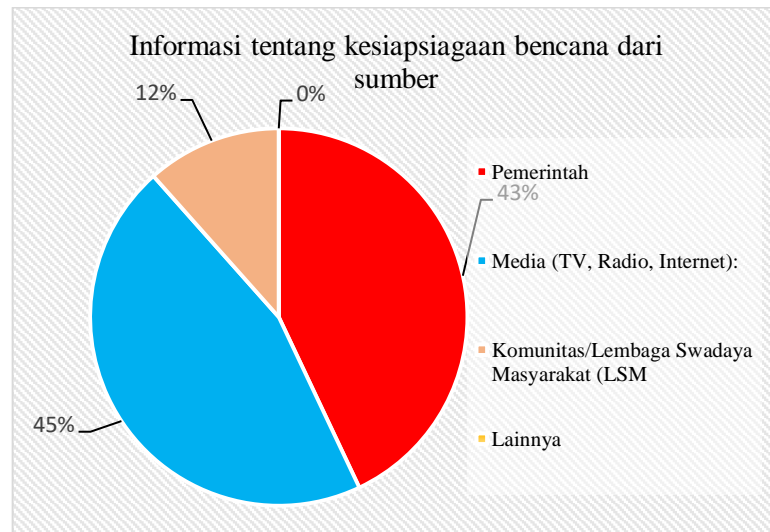
Identifikasi Responden terhadap pengetahuan tentang bencana alam

Identifikasi responden terhadap pengetahuan tentang bencana alam terkait dengan kesiapsiagaan bencana dengan mengajukan pertanyaan jenis bencana alam apa yang paling sering terjadi dan sumber informasi tentang kesiapsiagaan bencana yang diperoleh disajikan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Bencana Alam yang Sering Terjadi

Berdasarkan gambar grafik diatas seluruh responden atau 100% menjawab adalah banjir untuk pertanyaan jenis bencana alam yang paling sering terjadi. Sedangkan untuk sumber informasi tentang kesiapsiagaan bencana paling sering didengar yaitu sebanyak 52 (43%) responden memperoleh informasi dari pemerinah; 55 (45%) responden memperoleh informasi dari media (TV, Radio, Internet); 14 (12%) responden memperoleh infomrasi dari Komunitas (Lembaga Swadaya Masyarakat/LSM).



Gambar 9. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Sumber Informasi Tentang Kesiapsiagaan Bencana Paling Sering Didengar

Identifikasi Responden terhadap pengetahuan tentang bencana alam

Identifikasi responden terhadap pengetahuan tentang bencana alam dengan mengajukan pertanyaan apakah anda pernah mengikuti pelatihan atau simulasi bencana banjir; dan tindakan pertama yang akan Anda lakukan jika terjadi bencana banjir. Hasil identifikasi disajikan pada Gambar 10.



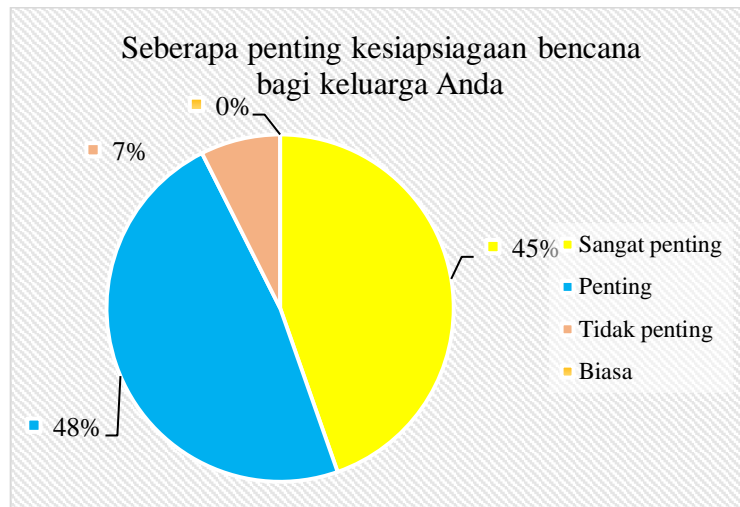
Gambar 10. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Pernah Mengikuti Pelatihan Atau Simulasi Bencana Banjir

Hasil analisis menunjukkan bahwa masyarakat Kelurahan Petuk Ketimpun umumnya belum pernah mengikuti pelatihan atau simulasi

bencana banjir, namun memiliki kesadaran cukup baik terhadap pentingnya kesiapsiagaan. Berdasarkan hasil *Principal Component Analysis (PCA)*, faktor utama kesiapsiagaan adalah tindakan nyata masyarakat, di mana 60 responden (50%) memilih mengungsi ke tempat aman, 50 responden (41%) menyelamatkan barang penting, dan 11 responden (9%) menghubungi pihak berwenang saat banjir terjadi. Faktor pendukung meliputi tingkat kepentingan, dengan 58 responden (48%) menyatakan kesiapsiagaan penting, 54 responden (45%) sangat penting, dan 9 responden (7%) tidak penting; serta peran aktif, di mana 78 responden (64%) setuju dan 29 responden (24%) sangat setuju untuk terlibat dalam kegiatan kesiapsiagaan. Secara keseluruhan, hasil ini menggambarkan bahwa meskipun belum ada pelatihan formal, masyarakat memiliki kesadaran tinggi untuk bertindak cepat, menganggap kesiapsiagaan penting, dan bersedia berpartisipasi aktif dalam upaya mitigasi banjir di wilayahnya.

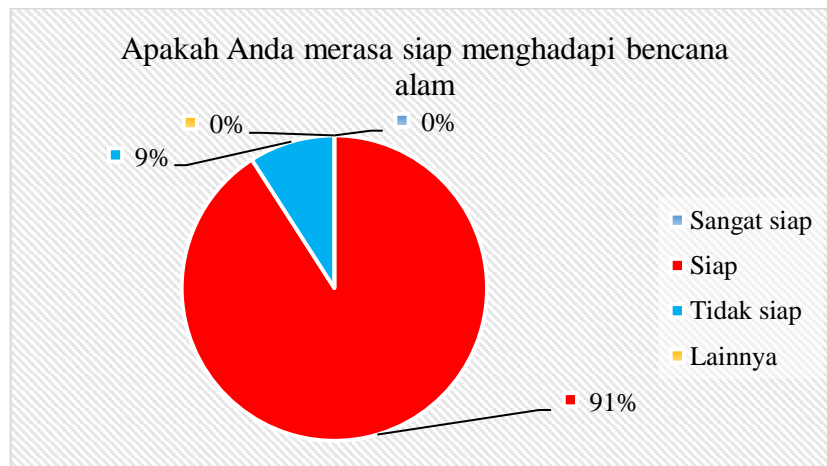
Tingkat Kesiapsiagaan Masyarakat Dalam Menghadapi Banjir Kelurahan Petuk Ketimpun Kota Palangka Raya

Tingkat kesiapsiagaan masyarakat diperoleh dari wawancara kepada responden berdasarkan rekapitulasi kuesioner terstruktur terhadap sikap kesiapsiagaan bencana dengan mengajukan pertanyaan seberapa penting kesiapsiagaan bencana bagi keluarga; kesiapan menghadapi bencana alam peran aktif masyarakat terlibat dalam kegiatan kesiapsiagaan bencana. Hasil disajikan pada Gambar 10; 11; dan 12.



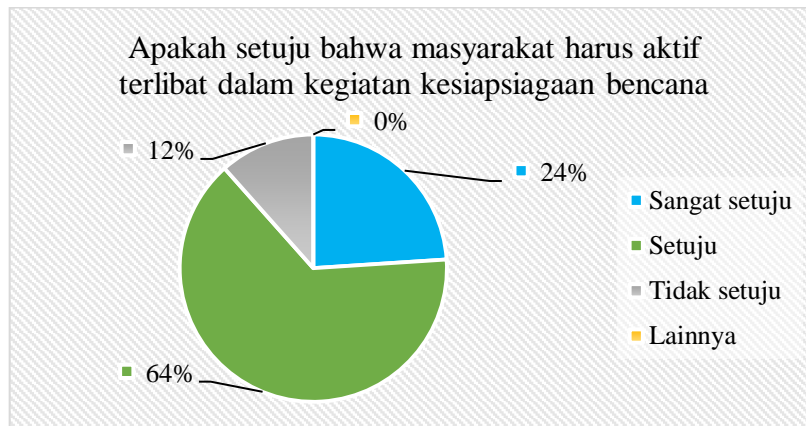
Gambar 10. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Seberapa Penting Kesiapsiagaan Bencana Untuk Keluarga

Gambar diatas menunjukkan sebanyak 58 (48%) responden menyatakan penting; 54 (45%) responden menyatakan sangat penting; dan 9 (7%) responden menyatakan tidak penting.



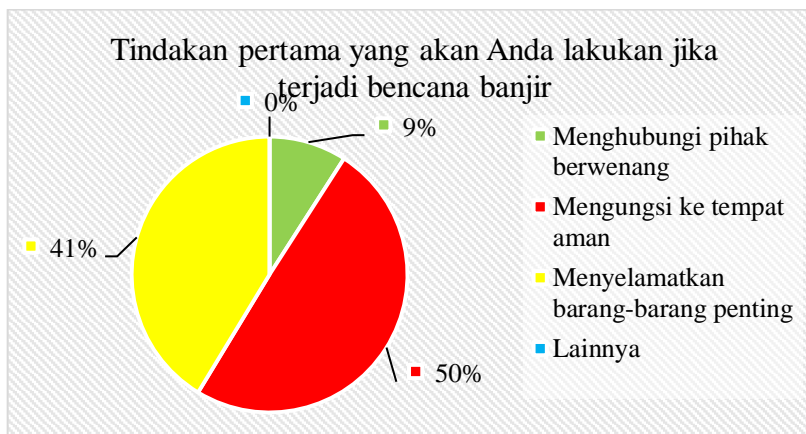
Gambar 11. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Kesiapan Diri Dalam Menghadapi Bencana Alam

Hasil wawancara seberapa siap menghadapi bencana alam berdasarkan gambar diatas menunjukkan sebanyak 110 (91%) responden menyatakan siap; dan 11 (9%) responden menyatakan tidak siap.



Gambar 12. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Peran Aktif Masyarakat Dalam Kegiatan Kesiapsiagaan Bencana

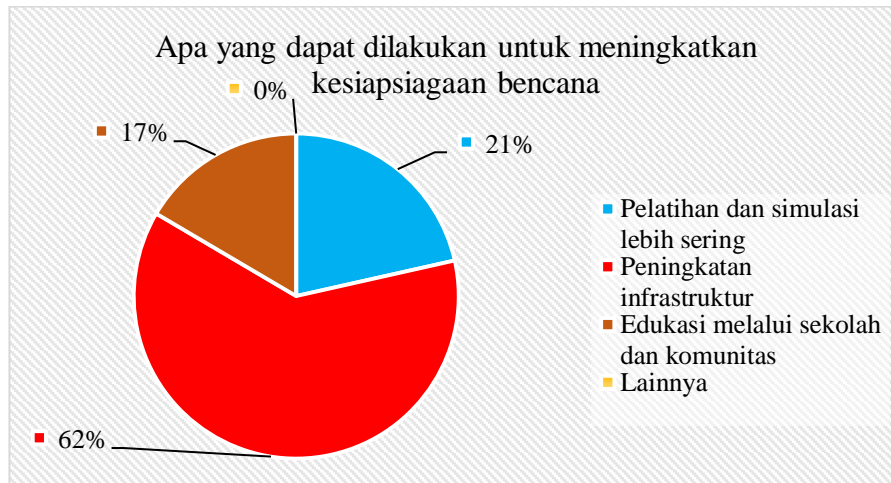
Hasil wawancara terhadap responden mengenai peran aktif masyarakat harus terlibat dalam kegiatan kesiapsiagaan bencana berdasarkan gambar diatas menunjukkan sebanyak 78 (64%) responden setuju; 29 (24%) responden sangat siap; dan 14 (12%) responden menyatakan tidak setuju.



Gambar 12. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Tindakan Pertama Kali Jika Terjadi Bencana Banjir

Hasil wawancara terhadap responden mengenai tindakan yang dilakukan responden ketika atau jika terjadi banjir berdasarkan gambar diatas menunjukkan sebanyak 60 (50%) responden mengungsi ke tempat aman; 50 (41%) responden menyelamatkan barang-barang penting; dan 11 (9%) responden menghubungi pihak berwenang. Hasil wawancara

terhadap responden mengenai evaluasi kesiapsiagaan dengan mengajukan pertanyaan apa yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana. Hasil wawancara pada Gambar 13.

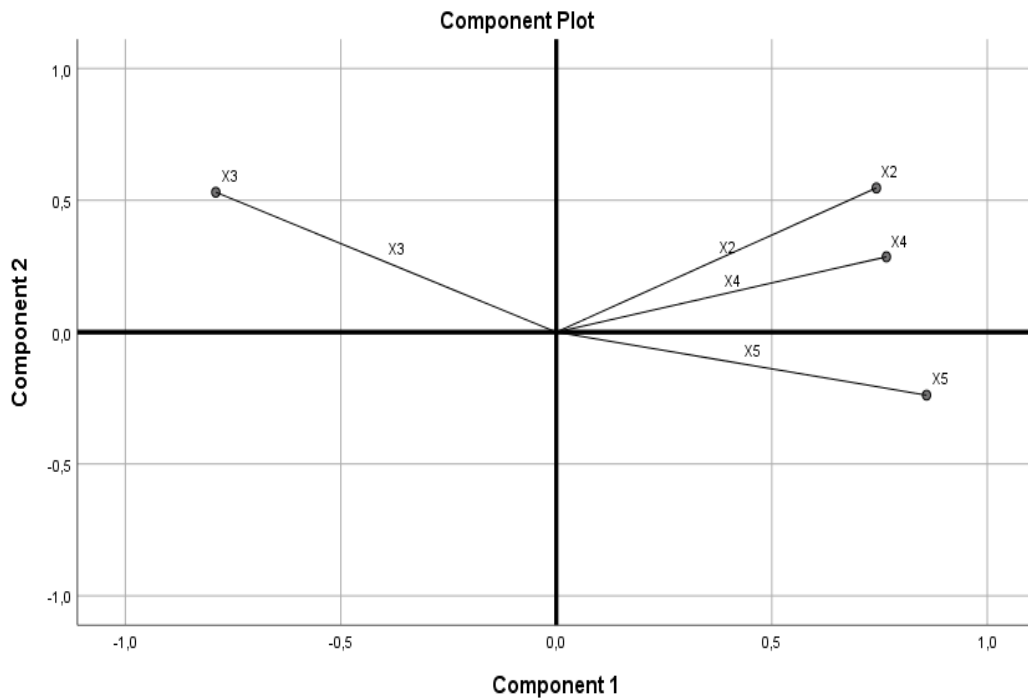


Gambar 13. Persentase Jawaban Responden Berdasarkan Pertanyaan Apa yang Dapat Dilakukan untuk Meningkatkan Kesiapsiagaan Bencana

Hasil wawancara terhadap responden mengenai tindakan yang dilakukan responden terkait tindakan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana berdasarkan gambar diatas menunjukkan sebanyak 75 orang (62%) responden menyatakan perlu peningkatan infrastruktur; sebanyak 26 (21%) menyatakan perlu pelatihan dan simulasi; dan 20 (17%) responden menyatakan perlu edukasi melalui sekolah dan komunitas.

Hasil wawancara terhadap responden dari pertanyaan sebagai variabel untuk dilakukan uji analisis *Principal Component Analysis* (PCA) meliputi pertanyaan Sumber Informasi Tentang Kesiapsiagaan Bencana Paling Sering Didengar disimbolkan *Informasi (X1)*; Seberapa Penting Kesiapsiagaan Bencana Bagi Keluarga disimbolkan *Tingkat Kepentingan (X2)*; Kesiapan Diri Dalam Menghadapi Bencana Alam disimbolkan *Kesiapan (X3)*; Peran Aktif Masyarakat Dalam Kegiatan Kesiapsiagaan

Bencana disimbolkan *Peran Aktif (X4)*; Tindakan Pertama Kali Jika Terjadi Bencana Banjir disimbolkan *Tindakan (X5)*; dan Apa yang Dapat Dilakukan untuk Meningkatkan Kesiapsiagaan Bencana disimbolkan *Evaluasi (X6)*, maka variabelnya sebagai berikut:



Gambar 14. *Plot Rotated Component Matrix^a Extraction Method: Principal Component Analysis*

Skala nilai hasil analisis PCA pada penelitian ini, sebagai berikut:

Tabel 5. Skala Nilai Hasil Analisis PCA

No.	Faktor	Komponen	Nilai Skala
1.	Tindakan	Komponen Utama (Komponen Pertama)	3
2.	Tingkat Kepentingan	Komponen Kedua	2
3.	Peran Aktif	Komponen Ketiga	1

Sumber: Data Primer Diolah, 2025.

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan Faktor "Tindakan" sebagai Komponen Utama (Komponen Pertama) dengan Nilai Skala 3 digunakan untuk mengkategorikan tingkat kesiapsiagaan tinggi.

Berdasarkan hasil Analisis *Strengths* (Kekuatan), *Weaknesses* (Kelemahan), *Opportunities* (Peluang), dan *Threats* (Ancaman) (SWOT) tingkat kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana banjir di Kelurahan Petuk Ketimpun Kota Palangka Raya, disajikan sebagaimana tabel berikut:

Tabel 6. Analisis SWOT

Strategi	Pendekatan
S-O (<i>Strength-Opportunity</i>)	Memanfaatkan modal sosial untuk memperkuat peran komunitas dalam pelatihan dan program kebencanaan pemerintah.
W-O (<i>Weakness-Opportunity</i>)	Mengurangi ketergantungan dengan memperluas pelatihan formal dan akses ke sistem peringatan dini berbasis digital.
S-T (<i>Strength-Threat</i>)	Gunakan pengalaman lokal dalam mengembangkan sistem adaptasi terhadap cuaca ekstrem dan perubahan iklim.
W-T (<i>Weakness-Threat</i>)	Meningkatkan koordinasi lintas sektor dan pendidikan lingkungan untuk meminimalkan tekanan dari luar yang memperburuk kesiapsiagaan.

Merekomendasikan untuk Meningkatkan Kesiapsiagaan Masyarakat dan Pemerintah Kota Palangka Raya

Rekomendasi peningkatan kesiapsiagaan masyarakat dan Pemerintah Kota Palangka Raya mencakup: penguatan kapasitas masyarakat melalui pendidikan kebencanaan dan pelatihan simulasi banjir; penerapan sistem peringatan dini berbasis komunitas dengan dukungan teknologi dan relawan lokal; pemetaan partisipatif wilayah rawan banjir sebagai dasar penataan ruang; penguatan kelembagaan lokal melalui pembentukan FPRB dan integrasi rencana kontinjensi dalam Musrenbang; pembangunan

infrastruktur tangguh banjir seperti tanggul mikro, siring, dan revitalisasi sempadan sungai; penguatan pembiayaan prabencana melalui Dana Siap Pakai dan asuransi mikro; serta kolaborasi multi-pihak yang inklusif bagi kelompok rentan. Implementasi strategi ini akan membentuk komunitas tangguh bencana, memperkuat sistem peringatan dini, dan mengintegrasikan peta risiko ke dalam perencanaan kota, sehingga kesiapsiagaan menjadi tanggung jawab bersama yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kelurahan Petuk Ketimpun yang berada di dataran rendah dekat DAS Sungai Rungan memiliki kerentanan tinggi terhadap banjir akibat ketiadaan tanggul dan sedimentasi sungai. Analisis PCA mengidentifikasi faktor utama kesiapsiagaan masyarakat adalah *Tindakan*, didukung oleh *Tingkat Kepentingan* dan *Peran Aktif*. Kesiapsiagaan terbentuk melalui koordinasi masyarakat, institusi, dan teknologi. Disarankan agar pemerintah memperkuat kapasitas masyarakat melalui sistem peringatan dini, pelatihan kebencanaan berkelanjutan, serta penelitian lanjutan untuk mengevaluasi efektivitas strategi kesiapsiagaan yang telah diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- AghaKouchak, A., Huning, L. S., Chiang, F., Love, C. A., & Hassanzadeh, E. 2020. *Climate Change and Water Resources: A Global Perspective*. Current Climate Change Reports, 6(1), 1-8.
- Akbar, M., & Fitriani, I. 2022. Pendekatan Pengelolaan Risiko Bencana Banjir di Wilayah Perkotaan. *Jurnal Penanggulangan Bencana Indonesia*, 5(2), 101-114.
- Allen, R. M. 2020. *Earthquake Early Warning: Advances, Scientific Challenges, and Societal Needs*. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 48(1), 361-384.

- Astoni K., Haris M., 2022. Analisis Penerapan Principal Component Analysis (PCA) Pada Deteksi Kecurangan Kartu Kredit Menggunakan Random Forest. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*. Vol. 9, No. 1, Halaman : 1152 – 1161.
- Atika Y.P., Awin., Dya'bam A.B.M., 2024. Efektifitas Penerapan Sistem Peringatan Dini Dalam Upaya Pengurangan Risiko Bencana Banjir Di Kelurahan Kampung Melayu. *Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*. Vol. 12, No. 2, September 2024, Hal. 671-681. e-ISSN 2614-5529 | p-ISSN 2339-2835.
- Basher, R. 2021. *Global Early Warning Systems: The Role of Multi-Hazard Early Warning Systems in Disaster Risk Reduction*. *Progress in Disaster Science*, 10, 100179.
- Basri, N., & Riyadi, S. 2023. Peran Komunitas dalam Meningkatkan Kesiapsiagaan Bencana di Daerah Rawan Bencana. *Jurnal Sosial dan Kesejahteraan Masyarakat*, 8(1), 56-69.
- BNPB. 2021. Pedoman Penanggulangan Bencana Nasional. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., & Krawchuk, M. A. 2020. *The Human Dimension of Fire Regimes on Earth*. *Journal of Biogeography*, 47(4), 787-800.
- Budiarto, S., & Hartono, R. 2022. Penerapan *Principal Component Analysis* untuk Identifikasi Faktor Risiko Bencana. *Jurnal Penanggulangan Bencana Indonesia*, 5(2), 89-101.
- Chandra, A., & Rahayu, T. 2023. Penggunaan PCA dalam Analisis Kesiapsiagaan Masyarakat Menghadapi Bencana. *Jurnal Statistik Terapan*, 8(1), 45-56.
- Coppola, D. P. 2021. *Introduction to International Disaster Management*. Butterworth-Heinemann.
- Ewert, J. W. 2021. *Early Warning Systems for Natural Disasters: Lessons from Recent Advances*. *Earth-Science Reviews*, 218, 103679.

- Fadillah, R. 2021. Implementasi Kebijakan Penanggulangan Bencana di Daerah: Studi Kasus di BPBD Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pemerintahan*, 7(1), 45-59.
- Fanany, I. R., & Fanany, R. 2021. *Flooding and Health Adaptation in Indonesia Towards COP26 and Beyond. Sustainability*, 14(2), 1006. <https://doi.org/10.3390/su14021006>.
- FEMA, 2021. *Preparedness and Planning for Emergencies: A Comprehensive Approach. Federal Emergency Management Agency*.
- Febrianto, H., & Susanti, D. 2021. *Evaluating Flood Disaster Management Planning: A Comparative Study Between Botswana and Indonesia. Asian Development Management and Economics Journal*, 2(1), 29–39. <https://journal-iasssf.com/index.php/ANDMEJ/article/view/134>.
- Fitriana, D., & Siregar, A. 2022. Analisis Multivariat untuk Penelitian Sosial: Pendekatan Principal Component Analysis. *Jurnal Ilmu Sosial dan Kebencanaan*, 7(4), 123-137.
- Fitriani, Y., & Subekti, M. 2022. Evaluasi Efektivitas Infrastruktur Pengendali Banjir di Wilayah Perkotaan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), 30–40. <https://doi.org/10.29122/jtl.v23i1.5005>.
- Froude, M. J., & Petley, D. N. 2020. *Global Fatal Landslide Occurrence from 2004 to 2016. Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(4), 1971-1992.
- Gaillard, J. C., & Texier, P. 2021. *Participatory Approaches in Disaster Risk Reduction: Principles and Practice. International Journal of Disaster Risk Reduction*, 52, 101964.
- Gall, M., Cutter, S. L., & Nguyen, K. H. 2021. *Global Disaster Risk Governance: Achievements, Challenges, and Future Directions. Annual Review of Environment and Resources*, 46(1), 7.1-7.25.
- Guzzetti, F. 2020. *Landslide Hazard and Risk Assessment. Landslides: Theory, Practice, and Modelling*, 423-440.

- Hadi, S., & Wibowo, A. 2022. Analisis Kerentanan Banjir Berbasis SIG untuk Mendukung Mitigasi Bencana di Perkotaan. *Jurnal Geografi*, 54(1), 12–25. <https://doi.org/10.22146/jg.64321>.
- Hallegatte, S., & Vogt-Schilb, A. 2020. *The Economics of Natural Disasters: Concepts and Methods. Annual Review of Resource Economics*, 12(1), 179-201.
- Handayani, P. W., & Wahyudi, R. 2021. *Measuring Tourism Village Resilience to Flood Disaster: A Study in Batu, East Java, Indonesia. Resilience and Risk Studies*, 1(1), 17–26. <https://rrs.ub.ac.id/index.php/rrs/article/view/4>.
- Hapsari, A. 2021. *Pendidikan Mitigasi Bencana di Kalimantan Tengah: Integrasi dengan Kurikulum Sekolah. Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 10(2), 98-105.
- Hicks, J. C., & Pappas, D. L. 2021. *The Role of NGOs in Disaster Risk Reduction: Enhancing Community Preparedness and Response. Journal of Humanitarian Affairs*, 7(1), 68-85.
- Hidayat, S. 2022. Strategi Kesiapsiagaan Menghadapi Bencana Alam: Pendekatan PCA untuk Menganalisis Variabel Kritis. *Jurnal Kebencanaan Alam*, 4(3), 98-112.
- Hulme, M., & Dessai, S. 2020. *Predicting, Deciding, Learning: Can One Predict the Future of Climate Change?. WIREs Climate Change*, 11(1), e621.
- Keesstra, S., Nunes, J. P., Novara, A., Finger, D., & Maia, P. 2020. *The Role of Soils in Regulation and Provision of Blue and Green Water. Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190400.
- Lindsay, B. R. 2021. *Emergency Planning: Risk, Crisis, and Continuity Management*. Wiley.
- Manullang S., Aryani D., Rusydah H., 2023. Analisis Principal Component Analysis (PCA) dalam Penentuan Faktor Kepuasan Pengunjung

- Terhadap Layanan Perpustakaan Digilib. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*. Vol. 7 No. 1, Juni, 2023, Hal. 123-130.
- Marzuki, M. A., & Santoso, A. B. 2021. *Estimation of Community Economic Losses Due to Floods: A Case Study in Nunukan, North Kalimantan*. *Journal of Applied Economics in Developing Countries*, 6(1), 25–34. <https://jurnal.uns.ac.id/jaedc/article/view/79422>.
- McPhillips, L., Chang, H., Chester, M. V., Depietri, Y., & Friedman, E. 2020. *Defining Extreme Events: A Cross-Disciplinary Review*. *Earth's Future*, 8(7).
- Mercer, J., Kelman, I., & Gaillard, J. C. 2021. *Community-based Disaster Risk Reduction: Local Knowledge, Adaptation, and Resilience*. *Journal of Disaster Studies, Policy and Management*, 45(3), 291-305.
- Mukhopadhyay, A., & Khan, A. 2020. *Urban Flooding and its Management: A Critical Analysis of the 2019 Floods in Kolkata, India*. *Water Policy*, 22(2), 193-210.
- Mukti, I. A. 2021. Sistem Peringatan Dini Banjir di Kota Palangka Raya: Evaluasi dan Pengembangan. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 13(3), 147-156.
- Nasution, M.Z. 2018. *PCA Based Feature Reduction to Improve the Accuracy of Decision Tree C4.5 Classification*. *International Conference on Computing and Applied Informatics 2017*.
- Nugroho, D. 2021. Perlindungan Hukum Bagi Petugas Penanggulangan Bencana di Indonesia. *Jurnal Hukum dan Kebijakan Publik*, 15(4), 23-37.
- Nurhadi, S., & Susilowati, I. 2020. Strategi Adaptasi Masyarakat Terhadap Banjir di Kawasan Rawan Bencana. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 456–465. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.456-465>.
- Peek, L., & Stough, L. M. 2020. *Children with Disabilities in the Context of Disaster: A Social Vulnerability Perspective*. *Child Development*, 91(3), 763-778.

- Permana, N., & Suharto, A. 2023. Peran Teknologi dalam Meningkatkan Kesiapsiagaan Masyarakat Menghadapi Bencana dengan Analisis PCA. *Jurnal Teknologi dan Kebencanaan*, 6(2), 78-90.
- Prasetyo, E., & Lestari, Y. 2022. Mitigasi dan Kesiapsiagaan Masyarakat di Daerah Rawan Banjir: Studi Kasus Kota Palangka Raya. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Alam*, 9(1), 78-89.
- Puspitasari, D., & Riyadi, A. 2021. Kajian Risiko Banjir di Kawasan Permukiman Padat Kota Palangka Raya. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(2), 95–103. <https://doi.org/10.14710/jtp.12.2.95-103>.
- Rachmawardani, A., Wijaya, S. K., & Shopaheluwakan, A., 2022. Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Machine Learning: Studi Literatur. *METHOMIKA Jurnal Manajemen Informatika Dan Komputerisasi Akuntansi*, <https://doi.org/10.46880/jmika.vol6no2.pp188-198>
- Rachmawardani A., Wijaya K., A., Prawito, dan Sopaheluwakan A., 2024. Prediksi Banjir Menggunakan ANFIS-PCA Sebagai Peringatan Dini Bencana Banjir. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, Vol. 12, No. 2., Hal. 335 – 351, ISSN(p): 2338-8323 | ISSN(e): 2459-9638.
- Schipper, L., Ayers, J., & Reid, H. 2021. *Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction in the Context of Development: Creating Synergies Across Policy Spaces. International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 13(4), 454-468.
- Setiawan, A. 2021. Pendanaan Penanggulangan Bencana di Indonesia: Analisis Sumber dan Pengelolaan. *Jurnal Ekonomi dan Keuangan*, 18(1), 67-82.
- Setiawan, S., & Aulia, R. 2023. Peran Teknologi Informasi dalam Peningkatan Kesiapsiagaan Bencana di Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi dan Kebencanaan*, 4(2), 98-110.
- Shi, P., & Wang, M. 2020. *Plate Tectonics and Seismic Hazard: An Overview of Global Patterns and Their Implications. Earthquake Science*, 33(2), 121-137.

- Siebert, L., Simkin, T., & Kimberly, P. 2020. *Volcanoes of the World*. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program.
- Sillmann, J., Thorarinsdottir, T. L., Schaller, N., Sippel, S., Russo, S., & Hulme, M. 2020. *Understanding, Modeling and Predicting Weather and Climate Extremes: Challenges and Opportunities*. *Weather and Climate Extremes*, 28, 100260.
- Smith, J., Brown, D., & Sakurai, A. 2021. *Community-Based Contingency Planning for Natural Disasters: Best Practices and Lessons Learned*. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 12(4), 511-527.
- Susanti, E. 2021. Zonasi dan Pemetaan Daerah Rawan Bencana di Kota Palangka Raya. *Jurnal Geografi dan Lingkungan*, 9(1), 2.
- Tenda, E. P., Lengkong, A. V., & Pinontoan, K. F. 2021. Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT dan Twitter. *CogITo Smart Journal*, 7(1), 26–39. <https://doi.org/10.31154/cogito.v7i1.284.26-39>.
- Twigg, J. 2021. *Building Community Resilience to Disasters: A Guide to Good Practice for NGOs and Other Stakeholders*. Practical Action Publishing.
- UNDRR. 2021. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030: Progress and Lessons*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Wachira, J. K., & Mwangi, C. W. 2021. *Community Disaster Preparedness: A Systematic Review of Practices and Outcomes*. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 55, 102077.
- Zellatifanny, C. M., dan Mudjiyanto, B. 2018. Tipe Penelitian Deskripsi Dalam Ilmu Komunikasi. *DIAKOM: Jurnal Media Dan Komunikasi*, 1(2), 83-90.
- Zulfahmi, N. M., 2019. Penerapan *Principal Component Analysis* (PCA) Dalam Penentuan Faktor Dominan yang Mempengaruhi Prestasi Belajar Siswa (Studi Kasus: SMK Raksana 2 Medan). *Jurnal Teknologi Informasi*, 3(1), 41–48.

TINGKAT KESESUAIAN LAHAN PASCATAMBANG MELALUI PENDEKATAN WISATA DI MANASA AGRO WISATA

Meldi Yanto Saputra¹, Vera Amelia², Soaloon Sinaga², Deddy Nan Setya Putra
Tanggara², Herry Redin², Haiki Mart Yupi²

¹Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

ABSTRAK

Pengelolaan lahan pascatambang untuk pariwisata berkelanjutan menjadi solusi strategis dalam memulihkan lingkungan sekaligus meningkatkan ekonomi lokal. Penelitian ini menilai tingkat kesesuaian lahan pascatambang di Manasa Agro Wisata, Kota Palangka Raya, melalui pendekatan biofisik dan sosial-ekonomi. Metode yang digunakan meliputi analisis spasial SIG, survei lapangan, dan kuesioner wisatawan. Hasil menunjukkan lahan tergolong sangat sesuai hingga cukup sesuai untuk pengembangan wisata berdasarkan kondisi topografi, kualitas tanah, vegetasi, dan infrastruktur. Analisis SWOT menunjukkan kekuatan utama berupa keunikan bentang alam serta peluang dukungan kebijakan dan tren ekowisata. Strategi pengembangan difokuskan pada peningkatan atraksi, promosi digital, dan pemberdayaan masyarakat agar tercipta destinasi wisata berkelanjutan.

Kata Kunci: Lahan Pascatambang, Kesesuaian Lahan, Ekowisata, Manasa Agro
Wisata

ABSTRACT

Post-mining land management for sustainable tourism serves as a strategic solution to restore the environment while improving local economic value. This study assesses the suitability level of post-mining land at Manasa Agro Tourism, Palangka Raya City, using biophysical and socio-economic approaches. The methods include GIS spatial analysis, field surveys, and visitor questionnaires. The results indicate that the land is highly to moderately suitable for tourism development based on topography, soil quality, vegetation, and infrastructure conditions. SWOT analysis highlights key strengths such as unique landscape features and opportunities including policy support and the growth of ecotourism trends. Development strategies focus on enhancing attractions, digital promotion, and community empowerment to achieve sustainable tourism destinations.

Keywords: Post-mining land, Land suitability, Ecotourism, Manasa Agro Tourism.

PENDAHULUAN

Pengelolaan kawasan bekas tambang memiliki peran penting dalam memastikan pemanfaatan lahan secara berkelanjutan tanpa menimbulkan kerusakan lingkungan. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah melalui sektor pariwisata dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Di Kota Palangka Raya, sektor pariwisata menjadi penggerak utama perekonomian daerah, dengan kontribusi signifikan terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) melalui pajak hotel, retribusi wisata, dan usaha terkait seperti kuliner serta transportasi. Berdasarkan data BPS tahun 2023, tercatat 220.314 kunjungan wisatawan ke berbagai objek wisata, menunjukkan potensi besar sektor ini dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menciptakan lapangan kerja.

Lahan pascatambang merupakan wilayah yang mengalami degradasi akibat aktivitas pertambangan dan sering kali ditinggalkan dalam kondisi tidak produktif. Menurut regulasi Kementerian ESDM (2018), kegiatan pascatambang bertujuan memulihkan fungsi lingkungan dan sosial secara berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pengembangan wisata berbasis alam, edukasi, dan rekreasi, yang dapat meningkatkan nilai ekonomi daerah serta memperkuat pelestarian lingkungan. Pemanfaatan lahan pascatambang melalui sektor pariwisata dianggap solusi berkelanjutan karena mampu menggabungkan pemulihan ekologis dengan penciptaan peluang ekonomi baru bagi masyarakat sekitar.

Potensi pengembangan lahan pascatambang menjadi kawasan wisata juga didukung oleh berbagai studi terdahulu. Penelitian di Sumatera Selatan menunjukkan bahwa perencanaan tata ruang yang terintegrasi dapat mengubah lahan bekas tambang menjadi lanskap multifungsi,

seperti hutan tanaman, pertanian, dan ekowisata. Selain itu, pendekatan berbasis ekowisata terbukti mampu meningkatkan kesejahteraan sosial dan menjaga keberlanjutan lingkungan. Hal ini sejalan dengan tujuan pengembangan Manasa Agro Wisata, yang berdiri sejak 2007 di lahan ±30 hektar bekas tambang batu granit di Kota Palangka Raya. Area ini kini memiliki berbagai fasilitas seperti rumah betang, kebun petik buah, kolam pemancingan, dan kawasan camping, menjadikannya destinasi wisata potensial.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menilai tingkat kesesuaian lahan pascatambang melalui keberhasilan pembangunan wisata di Manasa Agro Wisata serta menentukan arah pengembangannya menggunakan analisis SWOT. Hasil penelitian diharapkan memberikan manfaat teoritis berupa penguatan konsep penilaian kesesuaian lahan pascatambang dari aspek biofisik dan sosial-ekonomi, serta manfaat praktis berupa rekomendasi bagi pemerintah daerah dan pengelola wisata dalam optimalisasi lahan pascatambang, pemberdayaan masyarakat, serta pengembangan pariwisata berkelanjutan di Kota Palangka Raya.

METODE PENELITIAN

Lokasi kegiatan penelitian tingkat kesesuaian lahan pascatambang melalui pendekatan wisata yang akan dilaksanakan di Manasa Agro Wisata yang terletak di Kelurahan Banturung, Kecamatan Bukit Tinggi, Kota Palangka Raya.



Gambar 1. Denah Lokasi Manasa Agro Wisata

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitik dengan metode campuran (*mixed-methods*), menggabungkan analisis spasial, survei lapangan, dan partisipasi *stakeholder*.

ANALISIS DATA

Analisis Spasial dengan SIG (Sistem Informasi Geografis)

Analisis spasial menggunakan SIG digunakan untuk memetakan lokasi dan zonasi kawasan wisata di lahan pascatambang Manasa Agro Wisata. Pemetaan ini membantu menentukan distribusi tingkat kesesuaian lahan serta klasifikasi fungsi wisata berdasarkan kondisi biofisik seperti topografi, vegetasi, dan tata guna lahan.

Analisis Kesesuaian Lahan

Penilaian kesesuaian lahan mengacu pada standar USDA (1968) untuk empat kategori wisata: lapangan bermain, area berkemah, daerah piknik, dan jalur jalan setapak. Evaluasi dilakukan terhadap parameter lereng, drainase, tekstur tanah, permeabilitas, dan potensi banjir. Hasilnya diklasifikasikan ke dalam empat tingkat kesesuaian, yaitu Sangat Sesuai (S1), Sesuai (S2), Kurang Sesuai (S3), dan Tidak Sesuai (N).

Analisis Statistik Deskriptif

Analisis ini digunakan untuk mengolah data persepsi wisatawan dan masyarakat mengenai daya tarik, aksesibilitas, fasilitas, pelayanan tambahan, dan akomodasi. Data diperoleh melalui kuesioner dan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Skor Tertimbang} = \text{Skor Rata-rata} \times \text{Bobot}$$

Nilai akhir menghasilkan indeks kepuasan yang dikategorikan menjadi rendah, sedang, atau tinggi.

Analisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)

Analisis SWOT digunakan untuk merumuskan strategi pengembangan wisata dengan mengidentifikasi faktor internal (kekuatan dan kelemahan) serta faktor eksternal (peluang dan ancaman). Tahapannya meliputi pemberian bobot, penilaian (rating), perhitungan skor tertimbang, dan penentuan nilai koordinat strategi menggunakan rumus:

$$X = (\Sigma Kekuatan - \Sigma Kelemahan)$$

$$Y = (\Sigma Peluang - \Sigma Ancaman).$$

Hasil nilai X dan Y dipetakan ke dalam diagram kartesius untuk mengidentifikasi posisi strategis pada empat kuadran :

- Kuadran I (Agresif): $X > 0, X > 0$
- Kuadran II (Diversifikasi): $X < 0, X < 0$
- Kuadran III (Bertahan): $X < 0, X < 0$
- Kuadran IV (Stabil): $X > 0, X > 0$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Kesesuaian Lahan Pascatambang Melalui Keberhasilan Pembangunan Wisata

Tabel 1. Hasil Analisis Tanah

No	Kode Sampel	Parameter Yang Di Analisis									
		pH H ₂ O (1:5)	N-Total (%)	C-Org (%)	P-Bray I (ppm)	K-dd (me/100g)	Ca-dd (me/100g)	Mg-dd (me/100g)	Na-dd (me/100g)	KB (%)	KTK (me/100g)
1	1	4,84	0,34	1,40	63,86	0,01	2,37	1,72	0,14	13,93	30,38

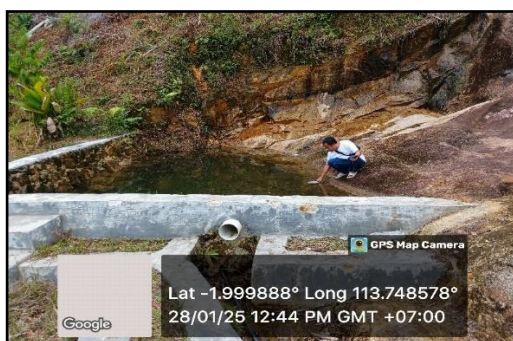
Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa tanah di lahan pascatambang Manasa Agro Wisata memiliki pH 4,84 (masam), yang dapat menghambat ketersediaan unsur hara makro seperti N, P, dan K. Kandungan N-total sebesar 0,34% tergolong rendah hingga sedang, sedangkan C-organik 1,40% menunjukkan rendahnya bahan organik sehingga perlu penambahan kompos atau pupuk kandang. Kandungan fosfor (P-Bray I) cukup tinggi, yaitu 63,86 ppm, berpotensi mendukung pertumbuhan vegetasi, namun kadar kalium (K-dd) sangat rendah (0,01 me/100 g) dan perlu ditingkatkan melalui pemupukan. Kation basa Ca-dd (2,37 me/100 g) dan Mg-dd (1,72 me/100 g) tergolong sedang, sedangkan Na-dd (0,14 me/100 g) masih normal tanpa indikasi salinitas. Kapasitas Tukar Kation (KTK) sebesar 30,38 me/100 g menunjukkan kemampuan

tanah menyerap hara cukup baik, meski Kejenuhan Basa (KB) rendah (13,93%), mencerminkan dominasi kation asam. Secara keseluruhan, tanah tergolong marginal namun masih berpotensi dipulihkan melalui ameliorasi, peningkatan bahan organik, dan pemupukan berimbang untuk mendukung pengembangan wisata agro yang berkelanjutan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Air

No	Kode Sampel	Parameter Yang Di Analisis			
		Bau	Temperatur °C	pH	TSS (mg/l)
1	Kolam Penampungan Air	Tidak Berbau	28,5	6,32	60
2	Kolam Renang	Tidak Berbau	28,5	7,16	60

Kualitas air permukaan di Manasa Agro Wisata tergolong baik untuk kawasan pascatambang dan layak dikembangkan sebagai area wisata. Pengamatan pada dua titik kolam penampungan (gambar 2) dan kolam renang (Gambar 3) menunjukkan air tidak berbau, menandakan tidak adanya pencemaran organik. Suhu air di kedua titik sebesar 28,5°C, sesuai dengan kondisi perairan tropis dan masih dalam batas normal bagi aktivitas wisata. pH air di kolam penampungan sebesar 6,32 (sedikit asam) dan di kolam renang 7,16 (mendekati netral), keduanya masih dalam rentang aman. Nilai TSS sebesar 60 mg/L menunjukkan partikel tersuspensi sedang, sehingga perlu pengelolaan sedimentasi dan penyaringan agar tidak mengganggu estetika air.



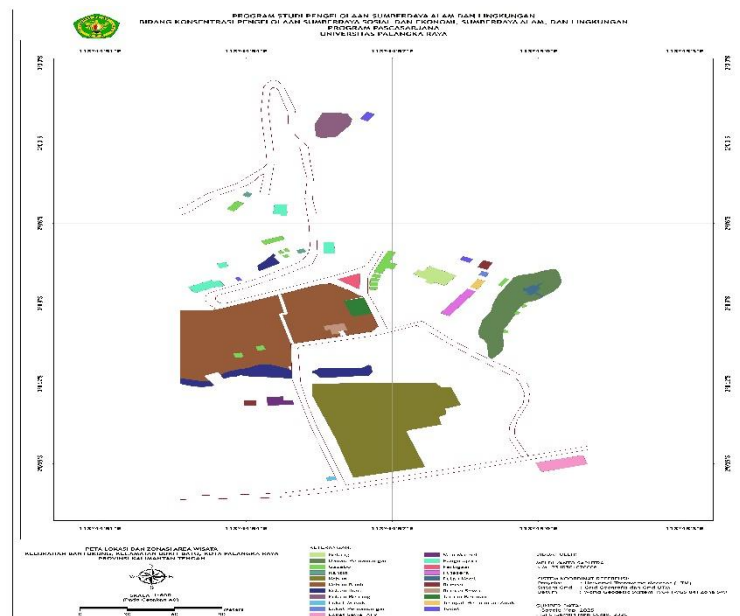
Gambar 2. Kolam Penampungan



Gambar 3. Kolam Renang

Secara keseluruhan, kualitas air tergolong cukup layak untuk wisata, dengan catatan peningkatan pengelolaan filtrasi, sedimentasi, dan stabilisasi pH. Tambang batuan seperti di Manasa memiliki keunggulan karena minim dampak kimia dan toksisitas dibanding tambang logam. Tidak adanya bau, pH mendekati netral, serta TSS yang tidak mengandung kontaminan berbahaya menunjukkan bahwa pencemaran bersifat fisik, bukan kimia, sehingga pengelolaan lingkungan lebih mudah, murah, dan berisiko rendah terhadap ekosistem.

Topografi di Manasa Agro Wisata



Gambar 4. Topografi Manasa Agro Wisata

Topografi Manasa Agro Wisata menunjukkan variasi bentuk lahan khas bekas penambangan, dengan kombinasi dataran, lahan bergelombang, dan cekungan bekas galian yang telah direklamasi menjadi bagian dari lanskap wisata. Kemiringan lereng berkisar 3–15%, tergolong aman untuk kegiatan wisata, pertanian, dan pembangunan fasilitas umum. Area datar dimanfaatkan untuk kolam renang, gazebo, taman, dan area parkir, sedangkan lahan berbukit digunakan untuk kebun agro-edukatif

dan tanaman pelindung. Bentang alam hasil reklamasi, seperti tebing, kolam bekas tambang, dan lahan berundak, memberikan potensi estetis dan fungsional tebing dimanfaatkan sebagai spot foto dan jalur trekking, kolam menjadi danau wisata, dan lahan berundak digunakan untuk budidaya terasering. Secara keseluruhan, topografi Manasa Agro Wisata tergolong ideal untuk pengembangan wisata terpadu karena mendukung keindahan lanskap, fleksibilitas fungsi lahan, serta menjadi contoh rehabilitasi pascatambang berbasis ekowisata yang berhasil.

Jenis Vegetasi Yang Ada di Manasa Agro Wisata



Gambar 5. Beberapa Vegetasi yang ada di Manasa Agro Wisata

Vegetasi di Manasa Agro Wisata terdiri dari tanaman penutup tanah, semak, pohon pelindung, tanaman produktif, dan tanaman hias. Pada area reklamasi awal, ditanam jenis kacang-kacangan untuk mencegah erosi, memperbaiki struktur tanah, dan menambah bahan organik. Tanaman produktif seperti pisang, pepaya, jeruk, dan jambu kristal dikelola dalam sistem kebun yang berfungsi sebagai sarana edukasi sekaligus sumber ekonomi. Di area taman dan jalur pejalan kaki, tanaman hias seperti bougainvillea, lidah mertua, dan tanaman perdu memperindah lanskap. Keanekaragaman vegetasi ini menunjukkan keberhasilan rehabilitasi lahan pascatambang yang tidak hanya meningkatkan kualitas lingkungan, tetapi juga mendukung fungsi wisata, edukasi, dan konservasi.

Aksesibilitas dan Infrastruktur Yang Ada di Manasa Agro Wisata



Gambar 6. Petunjuk dan Fasilitas di Manasa Agro Wisata

Manasa Agro Wisata berlokasi strategis dan mudah diakses, sekitar 33,8 km atau 40 menit dari pusat Kota Palangka Raya maupun Kampus Universitas Palangka Raya (sumber: Google Maps 2024). Akses jalan umumnya baik dengan ruas beraspal, meski sebagian mendekati lokasi masih berkerikil dan bergelombang, namun tetap aman dilalui kendaraan roda dua dan empat sepanjang tahun. Kawasan ini dilengkapi fasilitas dasar seperti area parkir, toilet, gazebo, kolam rekreasi, jalur trekking, dan kebun edukatif. Meski demikian, pengembangan fasilitas tambahan seperti kantin, pusat informasi, tempat ibadah, papan petunjuk, penerangan, dan akses internet masih diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan serta mendukung kegiatan wisata dan edukasi lapangan.

Tingkat kesesuaian lahan untuk wisata, mengacu pada *United States Department of Agriculture 1968*

Penilaian kesesuaian lahan untuk pengembangan wisata di Manasa Agro Wisata mengacu pada pedoman USDA (1968) yang membagi lahan rekreasi ke dalam empat kategori: lapangan bermain (*playground*), area berkemah (*camping area*), daerah piknik (*picnic area*), dan jalur jalan setapak (*paths and trails*).

Pada kategori lapangan bermain, kondisi topografi datar hingga landai serta tekstur tanah yang stabil menjadikan sebagian besar kawasan tergolong cukup sesuai hingga sesuai untuk pembangunan fasilitas permainan. Hasil penilaian kesesuaian lahan pascatambang untuk lapangan bermain disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kesesuaian Lahan Untuk Lapangan Tempat Bermain (USDA, 1968)

Sifat Tanah	Kondisi Lahan	Kelas Kesesuaian dan Faktor Penghambat		
		Baik	Sedang	Buruk
Drainase tanah	Agak baik	Cepat, agak cepat, baik dan agak baik. Air tanah lebih dari 75 cm.	Agak baik dan agak jelek. Air tanah lebih dari 50 cm.	Agak jelek, jelek, sangat jelek. Air tanah kurang dari 50 cm.
Bahaya banjir	Tidak pernah	Tidak pernah	Sekali dalam setahun	Lebih sekali dalam dua tahun
Permeabilitas	Cepat	Sangat cepat, cepat, sedang	Agak lambat, lambat	Sangat lambat
Lereng	Datar (0 - 3%)	0-2%	2-6%	>6%
Tekstur *)	lempung (l)	lp, lph, lpah, l, ld	lli, llip, llid, pl	lip, lid, li, tanah organik
Dalamnya batuan	50-100cm	Lebih dari 100cm	50-100cm	Kurang dari 50cm
Kerikil dan kerakal (2mm-25cm)	0%	0%	Kurang dari 20%	>20%
Batu (>25cm)	0%	0%	0,01-3%	>3%
Batuan (bedrock >60)	0%	0%	0,01-0,1%	>0,1%

Ket : *)lp=lempung berpasir, lph=lempung berpasir halus, lpsh=lempung berpasir sangat halus, l=lempung, ld=lempung berdebu, lli=lempung liat, llip=lempung liat berpasir, llid=lempung liat berdebu, pl=pasir berlempung, lip=liat berpasir, lid=liat berdebu, li=liat, p=pasir



Gambar 7. Fasilitas Bermain di Manasa Agro Wisata

Hasil penilaian kesesuaian lahan pascatambang untuk Tempat Berkemah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kesesuaian Lahan Untuk Tempat Berkemah (USDA, 1968)

Sifat Tanah	Kondisi Lahan	Kelas Kesesuaian dan Faktor Penghambat		
		Baik	Sedang	Buruk
Drainase tanah	Agak baik	Cepat, agak cepat, baik dan agak baik. Air tanah lebih dari 75 cm.	Agak baik dan agak jelek. Air tanah lebih dari 50 cm.	Agak jelek, jelek, sangat jelek. Air tanah kurang dari 50 cm.
Bahaya banjir	Tanpa	Tanpa	Tanpa, dalam musim kemah	Banjir dalam musim kemah
Permeabilitas	Cepat	Sangat cepat, cepat, sedang	Agak lambat, lambat	Sangat lambat
Lereng	Datar (0 - 3%)	0-8%	8-15%	>15%
Tekstur *) permukaan tanah	lempung berpasir (lp)	lp, lph, lpah, l, ld	lli, llip, llid, pl, p	lip, lid
Kerikil dan kerakal (2mm-25cm)	0%	0-20%	20-50%	>20%
Batu (>25cm)	0%	0-0,1%	0,1-3%	>3%
Batuan (bedrock >60)	0%	0-0,01%	0,01-0,1%	>0,1%

Ket : *)lp=lempung berpasir, lph=lempung berpasir halus, lpsh=lempung berpasir sangat halus, l=lempung, ld=lempung berdebu, lli=lempung liat, llip=lempung liat berpasir, llid=lempung liat berdebu, pl=pasir berlempung, lip=liat berpasir, lid=liat berdebu, li=liat, p=pasir



Gambar 8. Lokasi Perkemahan di Manasa Agro Wisata

Hasil penilaian kesesuaian lahan pascatambang untuk Daerah Piknik disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kesesuaian Lahan Untuk Daerah Piknik (USDA, 1968)

Sifat Tanah	Kondisi Lahan	Kelas Kesesuaian dan Faktor Penghambat		
		Baik	Sedang	Buruk
Drainase tanah	Agak baik	Cepat, agak cepat, baik dan agak baik. Air tanah lebih dari 50 cm	Agak baik dan agak jelek. Air tanah kurang dari 50 cm	Jelek, sangat jelek. Air tanah kurang dari 50 cm sampai dekat permukaan
Bahaya banjir	Tanpa	Tanpa	Banjir 1-2 kali selama musim piknik	Banjir lebih 2 kali selama musim piknik
Lereng Tekstur *) permukaan tanah	Datar (0 - 3%) lempung berpasir (lp)	0-8%	8-15%	>15%
Kerikil dan kerakal (2mm-25cm)	0%	0-20%	20-50%	>50%
Batu (>25cm)	0%	0-3%	3-15%	>15%
Batuan (bedrock >60)	0%	0-0,01%	0,1-3%	>3%

Ket : *)p=lempung berpasir, lph=lempung berpasir halus, lphs=lempung berpasir sangat halus, l=lempung, ld=lempung berdebu, lli=lempung liat, llip=lempung liat berpasir, llid=lempung liat berdebu, pl=pasir berlempung, lip=liat berpasir, lid=liat berdebu, li=liat, p=pasir



Gambar 9. Area Piknik di Manasa Agro Wisata

Hasil penilaian kesesuaian lahan pascatambang untuk Jalan Setapak disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kesesuaian Lahan Untuk Jalan Setapak (USDA, 1968)

Sifat Tanah	Kondisi Lahan	Kelas Kesesuaian dan Faktor Penghambat		
		Baik	Sedang	Buruk
Drainase tanah	Agak baik	Cepat, agak cepat, baik dan agak baik. Air tanah lebih dari 50 cm	Agak jelek. Air tanah kurang dari 50 cm	Jelek, sangat jelek. Air tanah kurang dari 50 cm sering dekat permukaan
Bahaya banjir	Tidak pernah	1 kali setahun atau kurang	2-3 kali setahun	Lebih dari 2 kali setahun
Dereng Tekstur *)	Datar (0 - 3%)	0-15%	15-25%	>25%
permukaan tanah	Pasir lempung	lp, lph, lpsh, l, ld	lli, llip, lli, pl	lip, lid, li
Kerikil dan kerakal (2mm-25cm)	50%	0-20%	20-50%	>50%
Batu (>25cm)	15%	0-3%	3-15%	>15%
Batuan (bedrock >60)	3%	0-0,1%	0,1-3%	>3%

Ket : *)lp=lempung berpasir, lph=lempung berpasir halus, lpsh=lempung berpasir sangat halus, l=lempung, ld=lempung berdebu, lli=lempung liat, llip=lempung liat berpasir, llid=lempung liat berdebu, pl=pasir berlempung, lip=liat berpasir, lid=liat berdebu, li=liat, p=pasir



Gambar 9. Kondisi Jalan Setapak Untuk Menaiki Bukit

Arah Pembangunan Wisata di Manasa Agro Wisata

Adapun hasil pengolahan data kuesioner dibuat dalam bentuk tabulasi yang dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. *Matriks Internal Factors Analysis (IFA)*

NO	PERTANYAAN	BOBOT	RATING	SKOR
KEKUATAN (S)				
1	Bekas lahan pascatambang memiliki bentang alam yang unik (seperti tebing, atau lubang besar) yang dapat menjadi daya tarik visual bagi wisatawan.	0,0740	3	0,2221
2	Akses jalan yang memadai menuju lokasi wisata.	0,0763	2	0,1526
3	Potensi menjadi destinasi edukasi tentang geologi dan pengelolaan lahan pascatambang.	0,0778	4	0,3111
4	Pengembangan tempat wisata dapat menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan ekonomi lokal.	0,0830	3	0,2491
5	Memiliki banyak fasilitas atraksi/rekreasi yang bervariasi seperti Kebun petik buah, Taman bermain anak, Wahana anak, ATV, Kolam pancing, sepeda udara, outbound, Pujasera, dll.	0,0808	4	0,3231
6	Adanya fasilitas berupa kantin, café manasa, penginapan, aula pertemuan berupa rumah panggung/batang, dan kolam renang.	0,0793	3	0,2378
7	Akses yang dekat dengan fasilitas umum seperti rumah ibadah, SPBU, kantor polisi, puskesmas, pasar, dll.	0,0763	4	0,3052
			S	1,8010
KELEMAHAN (W)				
1	Pembangunan infrastruktur wisata di lahan pascatambang	0,0845	2	0,1690

	membutuhkan dana besar.			
2	Lahan pascatambang rentan longsor, erosi, atau sedimentasi jika tidak dikelola dengan baik.	0,0890	2	0,1780
3	Diperlukannya sumber daya manusia (SDM) yang terampil dalam mengelola atraksi yang ada.	0,0823	2	0,1645
4	Adanya tempat wisata yang serupa yang berdekatan.	0,0696	4	0,2782
5	Kurangnya petugas jaga pada tiap atraksi.	0,0651	2	0,1301
6	Tidak adanya fasilitas keuangan seperti ATM di tempat wisata	0,0621	3	0,1862
		1,00	W	1,1062
	TOTAL	X	S - W	0,6948

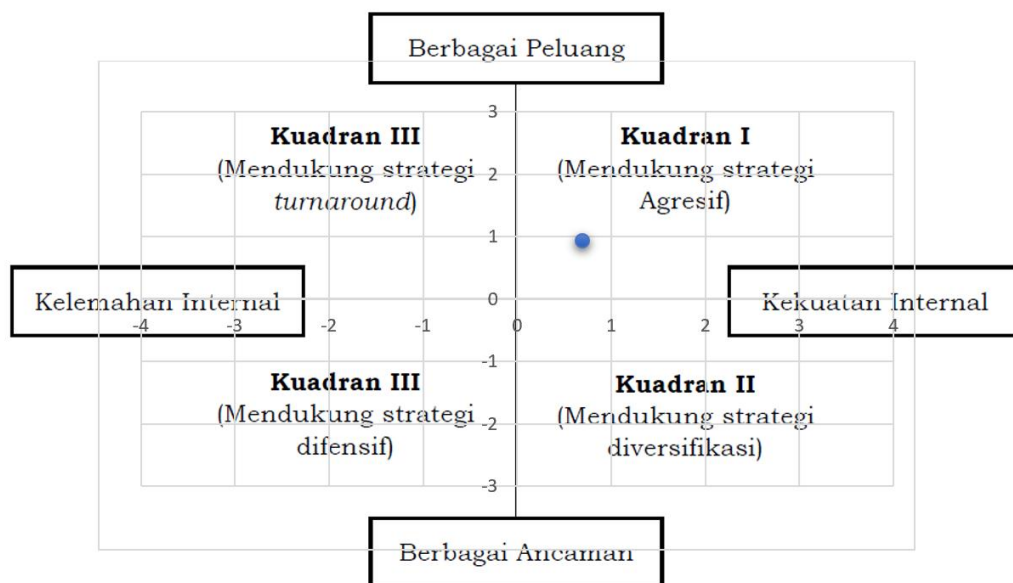
Berdasarkan total nilai selisih positif (S - W) sebesar 0,6948, dapat disimpulkan bahwa kekuatan kawasan Manasa Argo Wisata lebih besar dari pada kelemahannya. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi destinasi wisata unggulan, terutama jika kelemahan-kelemahan yang ada dapat diminimalkan melalui strategi yang tepat.

Tabel 8. *Matriks Eksternal Factors Analysis (EFA)*

NO	PERTANYAAN	BOBOT	RATING	SKOR
PELUANG (O)				
1	Kebijakan pemerintah yang mendukung pengembangan wisata dapat menjadi peluang besar.	0,1189	4	0,4758
2	Meningkatnya minat wisatawan terhadap ekowisata dapat dimanfaatkan.	0,1112	4	0,4449
3	Penggunaan teknologi dalam pengelolaan dan promosi tempat wisata.	0,1145	4	0,4581
4	Kolaborasi dengan universitas atau LSM untuk menjadikan lokasi sebagai percontohan lahan pascatambang khususnya batu granit.	0,1156	4	0,4626
5	Menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat sekitar melalui sektor pariwisata.	0,1256	3	0,3767
			O - T	2,2181
ANCAMAN (T)				
1	Persaingan dengan destinasi wisata lain yang lebih terkenal.	0,1112	3	0,3337
2	Ketidakpastian ekonomi global dapat mempengaruhi jumlah wisatawan.	0,1112	3	0,3337

3	Regulasi lingkungan yang ketat dapat membatasi pengembangan tempat wisata.	0,1068	3	0,3205
4	Lokasi wisata masuk dalam pada kawasan cagar alam (CA)	0,0848	3,5	0,2968
		1,00	T	1,2847
TOTAL		Y	O - T	0,9334

Berdasarkan total nilai selisih positif ($O - T$) sebesar 0,9334, dapat disimpulkan bahwa potensi peluang jauh lebih besar dibandingkan ancaman. Hal ini mencerminkan bahwa secara eksternal, lingkungan mendukung pengembangan kawasan wisata, selama potensi ancaman dapat diatasi dengan pendekatan manajemen yang cermat dan taat pada peraturan lingkungan.



Gambar 10. Matriks SWOT

Hasil analisis SWOT menunjukkan bahwa Manasa Agro Wisata berada pada kuadran I, yang mencerminkan kondisi positif dengan kekuatan dan peluang tinggi. Oleh karena itu, strategi yang direkomendasikan adalah strategi agresif (*growth-oriented*). Strategi ini meliputi pengembangan atraksi wisata baru berbasis alam dan edukasi melalui program geowisata

dan kolaborasi dengan universitas; peningkatan promosi digital melalui situs web, media sosial, dan teknologi interaktif seperti QR code; serta diversifikasi atraksi seperti camping ground, wisata malam, dan festival budaya lokal. Selain itu, diperlukan penguatan ekonomi lokal dengan melibatkan masyarakat dalam pengelolaan wisata serta peningkatan fasilitas pendukung seperti area parkir, toilet, tempat ibadah, dan pusat informasi wisata.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis biofisik, kesesuaian lahan, dan persepsi pengunjung, lahan pascatambang di Manasa Agro Wisata tergolong cukup hingga sangat sesuai untuk pengembangan wisata berbasis ekowisata. Kondisi topografi, tekstur tanah, vegetasi, dan ketersediaan air mendukung aktivitas rekreasi seperti berkemah, piknik, dan trekking. Hasil analisis SWOT menunjukkan Manasa Agro Wisata berada pada kuadran I (strategi agresif), menandakan potensi tinggi untuk dikembangkan melalui peningkatan fasilitas, promosi digital, dan keterlibatan masyarakat. Kawasan ini berpotensi menjadi contoh sukses pemanfaatan lahan pascatambang secara produktif, berkelanjutan, dan edukatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrainy, S. D., & Sulaiman, A. (2023). Community based tourism development: studi on lake pading tourism in the Lubuk Besar sub-district village, Central Bangka Regency. *Social Science Studies*, 3(1), 067-078.
- Aulia, F. D., & Saputra, R. H. (2020). Pengembangan Wisata Tambang sebagai Alternatif Pemanfaatan Lahan Pascatambang Batubara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 245-254.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2024, Statistik Daerah Kota Palangka Raya 2024. Badan Pusat Statistik Kota Palangka Raya.

- Budiharjo, A. S., & Putra, T. W. C. (2019). Community-Based Tourism in Post-Mining Areas: A Case Study of Socio-Economic Recovery. *Tourism Management Perspectives*, 32, 100568.
- Dinas Pariwisata Kota Palangka Raya. (2022). Laporan Kinerja Tahunan 2022: Kontribusi Sektor Pariwisata terhadap PAD. Pemerintah Kota Palangka Raya.
- Edelmann, M. C., Schmidt, J., & Fernandes, L. B. (2021). Post-Mining Land Use Planning: Geotourism Potential Assessment in Former Mining Areas. *Journal of Environmental Management*, 298, 113450.
- Green Chemicals Indonesia. (2022). Efek Logam Berat Yang Terlarut Dalam Sistem Pengolahan Air. *Greenchem.co.id*. Diakses pada 22 Mei 2025, dari <https://greenchem.co.id/id/news/efek-logam-berat-yang-terlarut-dalam-sistem-pengolahan-air>
- Hardjowigeno, S. (2007). Evaluasi kesesuaian lahan dan perancangan tataguna lahan.
- Herdiansyah, H., Utami, M., & Haryanto, J. (2018). Sustainability of post-mining land use and ecotourism. *Jurnal Perspektif Pembiayaan dan Pembangunan Daerah*. <https://doi.org/10.22437/PPD.V6I2.5441>.
- Jupri, J. Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Pariwisata. *Jurnal Geografi Gea*, 8(1), 1-14.
- Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif. (2021). Pedoman Pengembangan Homestay Berbasis Komunitas. Jakarta: Kemenparekraf.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2019). Petunjuk Teknis Reklamasi Pasca Tambang pada Kawasan Hutan. Pusat Keteknikan Kehutanan dan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kodir, A., Hartono, D., Haeruman, H., & Mansur, I. (2017). Integrated post mining landscape for sustainable land use: A case study in South Sumatera, Indonesia. *Sustainable Environment Research*, 27, 203-213. <https://doi.org/10.1016/J.SERJ.2017.03.003>.

- Kumaran, P., Raju, S., & Singh, A. N. (2020). Multi-Criteria Decision Analysis for Ecotourism Development in Post-Mining Landscapes. *Ecological Engineering*, 153, 105913.
- Mather, A.S. (1986), *Land Use*. Longman. London and New York.
- Nurraya, N., Rosmaiti, R., & Iswahyudi, I. (2023). Analisis Kesesuaian Lahan dan Kelayakan untuk Pengembangan Wisata Piknik di Agrowisata Paloh Naga. *Jurnal Industri Pariwisata*, 6(1), 70-84.
- Pamungkas, N., & Sri Suryaningsum, S. E. (2019). *Tata Kelola Wisata Bekas Lahan Tambang*. Nugra Media.
- Panega, M. T. (2019). Perancangan Teknis Reklamasi Lahan Pasca Tambang Batugamping di Dusun Kaligalang, Desa Kaliagung, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta [Tesis]. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Diakses dari <http://eprints.upnyk.ac.id/19906/>
- Permen ESDM No.26/2018 tentang pelaksanaan Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Sintong, M. (2011). Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang Untuk Tempat Rekreasi dengan Reklamasi di Sungai Bingai Kecamatan Binjai Selatan Kodya Binjai. *Jurnal Geografi*, 3(2), 11-18.
- Saputra, E., Nurhayati, S., & Ahmad, M. (2021). Dampak Pariwisata Berkelanjutan terhadap Pemberdayaan Masyarakat di Palangka Raya. *Jurnal Sosial Ekonomi Pariwisata*, 12(3), 112–125.
- Sania, P. R., Maulana, A., Danyswara, A., Della, N., Airf, I., Soloha, B., ... & Sari, A. S. (2020). Pemanfaatan Lahan Pasca Tambang PT Semen Indonesia Sebagai Destinasi Wisata Taman Reklamasi "Bukit Daun" Kab. Tuban, Prov. Jawa Timur. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 2(1), 277-282.
- Sari, A. S., Utamakno, L., Ar-Rasyid, A., Ramadhani, K. S., & Agustina, T. (2022). Pemanfaatan Lahan Pasca Tambang sebagai Destinasi Wisata Taman Reklamasi "Danau Goa Pote" Kabupaten Bangkalan, Provinsi

Jawa Timur. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 1(1), 362-367.

Yulianto, B., & Prasetyo, D. (2019). Peran Pajak Hotel dan Restoran dalam Meningkatkan Pendapatan Asli Daerah. *Jurnal Ekonomi Daerah*, 5(1), 22-35.

EVALUASI PELAKSANAAN PENGELOLAAN DAN PEMANTAUAN
LINGKUNGAN HIDUP PABRIK KELAPA SAWIT PT. MUSIRAWAS
CITRAHARPINDO DI KABUPATEN SERUYAN PROVINSI
KALIMANTAN TENGAH

Muhamad Rus'an¹, Lusya Widiastuti², Vera Amelia², Soaloon Sinaga², Fengky F.
Adji², Betrixia Barbara²

¹Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan
Lingkungan

ABSTRAK

Industri kelapa sawit berperan penting dalam perekonomian nasional, namun menimbulkan dampak lingkungan berupa emisi udara dan limbah cair. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengelolaan dan pemantauan lingkungan di Pabrik Kelapa Sawit PT. Musirawas Citraharpindo, Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif terhadap data uji laboratorium emisi udara dan limbah cair selama enam bulan, dibandingkan dengan baku mutu sesuai peraturan yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi udara dari boiler umumnya memenuhi baku mutu, meski efisiensi pembakaran masih dapat ditingkatkan. Kualitas limbah cair IPAL menunjukkan fluktuasi, dengan parameter COD dan TSS yang kadang melebihi ambang batas. Ditemukan pula keterbatasan dalam sistem monitoring lingkungan. Rekomendasi meliputi peningkatan teknologi pemantauan dan penguatan implementasi RKL-RPL untuk keberlanjutan industri.

Kata kunci: Emisi, Lingkungan, limbah cair, kelapa sawit.

ABSTRACT

The palm oil industry plays a vital role in Indonesia's economy but poses environmental challenges, particularly from air emissions and wastewater. This study aims to evaluate environmental management and monitoring at the Palm Oil Mill of PT. Musirawas Citraharpindo in Seruyan Regency, Central Kalimantan. A descriptive analysis was conducted using six months of laboratory data on air emissions and wastewater, compared against relevant environmental quality standards. The results show that boiler emissions generally comply with established standards, though combustion efficiency can still be improved. Wastewater quality from the WWTP outlet fluctuated, with COD and TSS occasionally exceeding the permissible limits. Limitations were also found in the environmental monitoring system. Recommendations include enhancing monitoring technology and strengthening RKL-RPL implementation to support sustainable industry practices.

Keywords: Emissions, Environment, Wastewater, Palm oil.

PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit merupakan sektor strategis yang memberikan kontribusi besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), penyerapan tenaga kerja, dan nilai ekspor Indonesia. Sebagai produsen utama kelapa sawit dunia, Indonesia memegang peran penting dalam pasokan global. Namun, di balik kontribusinya terhadap ekonomi nasional, aktivitas industri ini menimbulkan berbagai persoalan lingkungan seperti pengelolaan limbah cair, emisi gas rumah kaca, dan perubahan fungsi lahan yang berdampak pada keseimbangan ekosistem (Singh et al., 2010).

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) menghasilkan berbagai jenis limbah, baik cair seperti Palm Oil Mill Effluent (POME), padat seperti serat dan cangkang, maupun emisi udara dari sistem pembakaran. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah tersebut dapat mencemari air, tanah, dan udara, mengganggu kesehatan masyarakat, serta menurunkan kualitas lingkungan (Gogoi dan Kalita, 2022). Pemerintah Indonesia telah menetapkan regulasi melalui penyusunan dokumen AMDAL, RKL, dan RPL untuk memastikan kegiatan industri berjalan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Namun, implementasinya masih menghadapi tantangan, terutama dalam aspek kepatuhan dan kapasitas teknis (Siregar dan Harahap, 2020).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar PKS belum optimal dalam melakukan pemantauan limbah secara berkala dan transparan (Hutabarat et al., 2021). Kelemahan dalam sistem pengawasan menyebabkan pelanggaran baku mutu sering kali tidak ditindaklanjuti, sehingga pencemaran bersifat kumulatif dan berdampak jangka panjang terhadap ekosistem sungai dan rawa gambut (Nasution et al., 2019). POME yang dibuang tanpa pengolahan memadai dapat menurunkan kualitas air

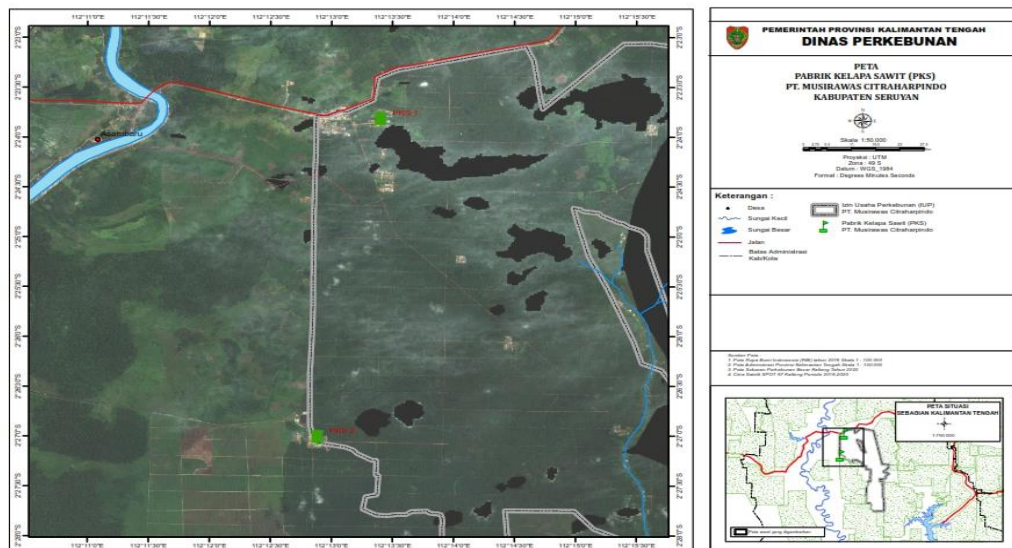
dan menimbulkan eutrofikasi (Fadhillah et al., 2022; Maulina et al., 2020). Selain itu, emisi dari boiler dan pembakaran limbah padat juga berkontribusi terhadap peningkatan partikulat (PM), karbon monoksida (CO), dan sulfur dioksida (SO₂), yang memperburuk kualitas udara (Nugraha et al., 2021).

Aspek sosial juga tidak terlepas dari dampak negatif aktivitas industri ini. Masyarakat sekitar kerap menghadapi polusi udara, bau menyengat, dan sumber air yang tercemar, yang dapat memicu konflik sosial apabila perusahaan tidak melibatkan masyarakat dalam pengelolaan lingkungan (Susanti dan Yuliana, 2021). Oleh karena itu, evaluasi terhadap efektivitas pengelolaan dan pemantauan lingkungan di industri kelapa sawit menjadi urgensi. Evaluasi ini penting untuk menilai sejauh mana pelaksanaan RKL-RPL telah berjalan sesuai ketentuan, sekaligus mengidentifikasi hambatan dan peluang perbaikan (Rahmadi et al., 2021).

Penelitian ini difokuskan pada evaluasi pengelolaan dan pemantauan lingkungan di Pabrik Kelapa Sawit PT. Musirawas Citraharpindo, Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, khususnya pada aspek emisi udara dari cerobong asap (boiler) dan kualitas air limbah dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Dengan menggunakan data hasil uji laboratorium dan metode analisis deskriptif, penelitian ini bertujuan memberikan gambaran konkret mengenai tingkat kepatuhan terhadap baku mutu lingkungan serta menyusun rekomendasi strategis untuk peningkatan sistem pengelolaan yang lebih berkelanjutan. Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan bagi pemerintah, perusahaan, dan masyarakat dalam memperkuat tata kelola lingkungan hidup di sektor industri kelapa sawit Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 1 tahun dari bulan Januari 2024 sampai dengan Desember 2024. Penelitian ini berlokasi di pabrik kelapa sawit PKS PT. Musirawas Citraharpindo yang terletak di Desa Asam Baru Kecamatan Kecamatan Danau Seluluk Kabupaten Seruyan Provinsi Kalimantan Tengah. Perkebunan PT. Musirawas Citraharpindo (Musirawas Grup) adalah perusahaan yang termasuk dalam Perusahaan Besar Swasta Nasional (PBSN) bergerak di bidang perkebunan dan pengolahan kelapa sawit Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pabrik Kelapa Sawit PT. Musirawas Citraharpindo

Perkebunan kelapa sawit PT Musirawas Citraharpindo seluas \pm 11.596,21 hektar di wilayah Desa Lanpasa, Desa Terawan (Kecamatan Seruyan Raya), Desa Derangga (Kecamatan Hanau) dan Desa Asam Baru (Kecamatan Danau Seluluk), Kabupaten Seruyan, Provinsi Kalimantan Tengah.

Pabrik kelapa sawit PT. Musirawas Citraharpindo yang berlokasi di Desa Asam Baru, Kecamatan Danau Seluluk, Kabupaten Seruyan, Provinsi Kalimantan Tengah. PT. Perkebunan Musirawas Citraharpindo merupakan

gabungan dari Musirawas Group yang meliputi, PT. Uni Primacom, PT. Sumur Pandanwangi. PT. Perkebunan Musirawas Citraharpindo dimiliki oleh Bapak (Purn) Jendral Widjojo Sujono dan beliau juga sebagai komisaris utama di perusahaan ini. juga memiliki dua pabrik pengolahan kelapa sawit, yaitu PKS 1 dan PKS 2.

Analisis Data

Analisis data menggunakan metode analisis statistik untuk trend data. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan untuk mengevaluasi baku mutu untuk emisi tidak bergerak yang dipersyaratkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 tahun 2007 Lampiran 1 Tentang Baku Mutu Sumber Energi Tidak Bergerak dan indikator air limbah dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran III Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan /atau Kegiatan Industri Minyak Sawit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kualitas Emisi

Tabel 1. Kualitas Udara Berasal Boiler PKS PT. Musirawas Citraharpindo

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil I	Hasil Evaluasi ^{*)}	Hasil II	Hasil Evaluasi ^{*)}
1.	Partikulat	mg/m ³	300	49,1	Memenuhi	37,1	Memenuhi
2.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	mg/m ³	600	54,0	Memenuhi	29,0	Memenuhi
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	mg/m ³	800	127	Memenuhi	205	Memenuhi
4.	Hidrogen Klorida (HCl)	mg/m ³	5	0,86	Memenuhi	0,83	Memenuhi
5.	Gas Klorin (Cl ₂)	mg/m ³	5	0,31	Memenuhi	0,39	Memenuhi
6.	Ammonia (NH ₃)	mg/m ³	1	0,27	Memenuhi	0,25	Memenuhi
7.	Hidrogen Fluorida (HF)	mg/m ³	8	0,20	Memenuhi	0,32	Memenuhi
8.	Opasitas	%	30	9,16	Memenuhi	8,33	Memenuhi
9.	Oksigen (O ₂)	%	-	14,5	Memenuhi	12,4	Memenuhi
10.	Laju Alir	m/dtk	-	10,6	Memenuhi	13,9	Memenuhi

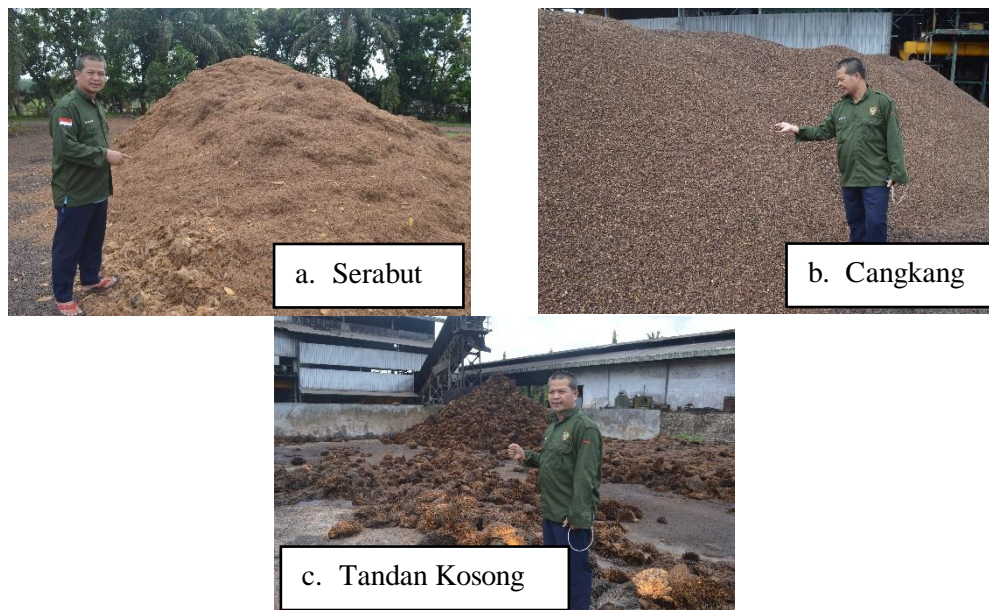
Keterangan :

**) dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 tahun 2007 Lampiran 1 Tentang Baku Mutu Sumber Energi Tidak Bergerak*

Evaluasi Sistem Pengendalian

Evaluasi terhadap hasil uji emisi cerobong yang dilakukan pada PT. Musirawas Citraharpindo pada tabel 1 di atas menunjukkan bahwa hasil uji masih memenuhi baku mutu Gambar 4, pengujian ini bertujuan untuk menilai tingkat kepatuhan terhadap baku mutu emisi berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2007 Lampiran II. Oleh karena itu, emisi cerobong dari sumber yang diuji dinyatakan berada dalam batas yang dapat diterima dan tidak menimbulkan potensi pencemaran udara yang melebihi ambang batas.

Boiler ini menggunakan dimana bahan bakar biomassa yang digunakan seperti serabut dan/atau cangkang dimana limbah padat sebagai bahan bakar boiler pada pabrik. Penggunaan serabut, cangkang dan tandan kosong sebagai bahan bakar boiler di PKS PT. Musirawas Citraharpindo terbukti menekan emisi gas buang (Gambar 2). Dalam upaya keefisiensi maka sebagian limbah padat seperti fiber dan cangkang digunakan sebagai bahan bakar untuk operasional boiler.



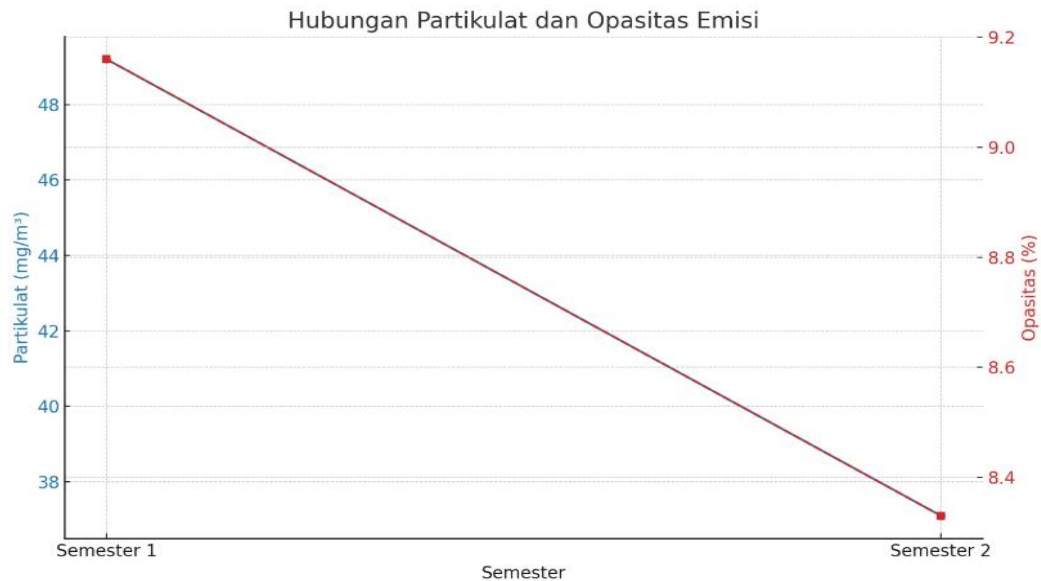
Gambar 2. Bahan Bakar Yang Digunakan PKS PT. Musirawas Citraharpindo

Hasil evaluasi pada semua parameter gas buang seperti partikulat, SO₂, NO₂, HCl, Cl₂, NO₃, HF, opasitas, O₂ dan laju alir masih berada di bawah ambang batas baku mutu atau memenuhi baku mutu (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan boiler sudah mengarah pada konsep produksi bersih. Menurut penelitian Praevia, M. F., dan Widayat, W. (2022) pemanfaatan limbah padat sawit sebagai bahan bakar dapat menurunkan emisi hingga 70% dibandingkan penggunaan batubara. Hal ini sejalan dengan kajian dari Wu, D., Gao, Z., Wu, S., and Xiao, R. (2023), yang menyatakan bahwa pembakaran biomassa terkontrol cenderung menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil.



Gambar 3. Grafik Baku Mutu Emisi Udara

Partikulat dan opasitas adalah dua parameter penting dalam pemantauan emisi udara, terutama dari sumber tidak bergerak seperti cerobong pabrik. Keduanya saling berkaitan, namun berbeda dalam cara pengukuran dan penggunaannya. Semakin tinggi kadar partikulat, biasanya semakin tinggi pula opasitas asap yang terlihat dari cerobong.



Gambar 4. Grafik Hubungan Partikulat dan Opasitas

Kadar partikulat dan nilai opasitas umumnya berbanding lurus—semakin tinggi konsentrasi partikulat, semakin tinggi pula opasitas. Namun, hubungan ini tidak selalu linear karena dipengaruhi oleh warna, kelembapan, dan ukuran partikel. Dalam banyak penelitian, opasitas digunakan sebagai indikator cepat untuk mendeteksi potensi pelanggaran baku mutu partikulat.

Di PKS PT. Musirawas Citraharpindo, hasil pengukuran menunjukkan nilai partikulat sebesar 49,1 mg/m³ dengan opasitas 9,16% pada semester pertama, dan 37,1 mg/m³ dengan opasitas 8,33% pada semester kedua. Nilai tersebut mengindikasikan efisiensi pembakaran yang baik dan pengelolaan emisi yang berkelanjutan. Opasitas yang rendah mencerminkan sistem pembakaran dan kontrol partikulat yang optimal.

Sejumlah studi (Harahap & Sihotang, 2022; Tanaka et al., 2022; Zulkarnain & Nuraini, 2021) menegaskan bahwa pemantauan opasitas dapat berfungsi sebagai sistem peringatan dini terhadap gangguan pembakaran atau kegagalan alat pengendali emisi. Teknologi berbasis

kamera inframerah dan algoritma kecerdasan buatan kini digunakan untuk mendeteksi perubahan opasitas secara real-time, memungkinkan tindakan korektif segera sebelum baku mutu terlampaui.

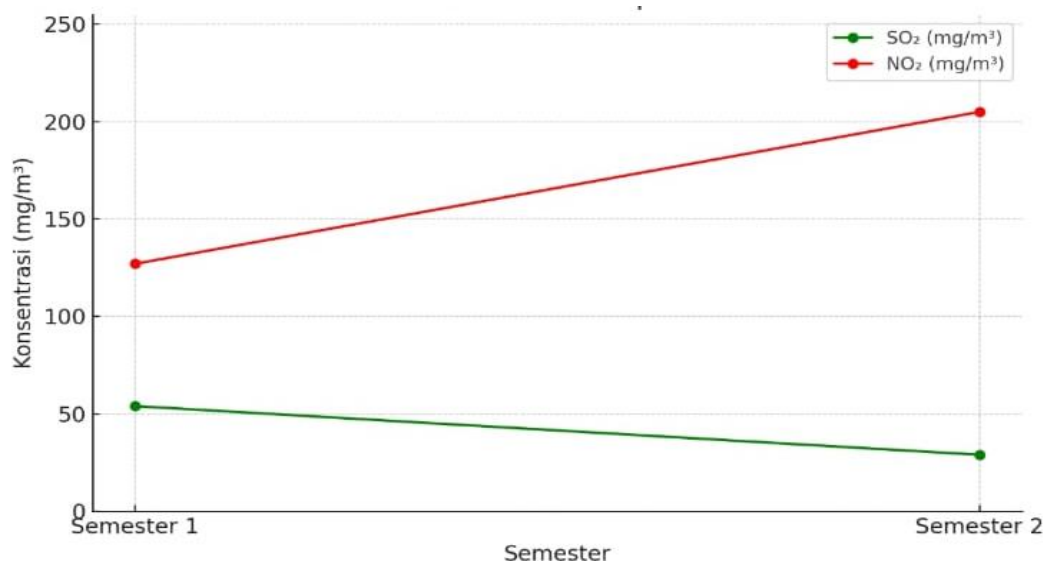
Parameter sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2) merupakan kontributor utama pencemaran udara. Pada PKS PT. Musirawas Citraharpindo, konsentrasi SO_2 masih di bawah baku mutu, yaitu 54 mg/m^3 pada semester I dan menurun menjadi 29 mg/m^3 pada semester II (penurunan 46%). Penurunan ini menunjukkan pengelolaan emisi yang baik, kemungkinan dipengaruhi oleh penggunaan bahan bakar dengan kadar sulfur lebih rendah serta peningkatan efisiensi pembakaran dan sistem pengendalian seperti *scrubber*.

Sebaliknya, NO_2 mengalami kenaikan dari 127 mg/m^3 menjadi 205 mg/m^3 (kenaikan 78 mg/m^3). Peningkatan ini diduga akibat suhu pembakaran yang tinggi, rasio udara–bahan bakar yang tidak optimal, atau penurunan efisiensi burner. Kadar tersebut masih jauh di bawah ambang toksik, namun tetap perlu diperhatikan karena paparan NO_2 berlebih dapat berdampak buruk terhadap kesehatan (Wahyuni et al., 2024; Li et al., 2023). Secara umum, SO_2 dan NO_2 tidak saling bergantung langsung, namun sering menunjukkan hubungan berbanding terbalik dalam sistem pembakaran: suhu tinggi menurunkan SO_2 tetapi meningkatkan NO_2 (Gambar 5).

Parameter lain menunjukkan perbaikan kualitas emisi. HCl turun dari $0,86 \text{ mg/m}^3$ menjadi $0,83 \text{ mg/m}^3$, mengindikasikan pembakaran lebih sempurna dan berkurangnya kandungan klorin dalam bahan bakar. Sebaliknya, Cl_2 meningkat dari $0,31 \text{ mg/m}^3$ menjadi $0,39 \text{ mg/m}^3$ (naik 25%) akibat kemungkinan peningkatan senyawa organoklorin dan kondisi pembakaran yang lebih oksidatif. NH_3 menurun dari $0,27 \text{ mg/m}^3$ menjadi

0,25 mg/m³ (turun 7,4%) karena penurunan bahan bakar atau limbah ber kandungan nitrogen serta peningkatan efektivitas sistem pengendalian seperti *scrubber*.

Penurunan O₂ dari 14,5% menjadi 12,4% menunjukkan efisiensi pembakaran meningkat, dengan lebih banyak oksigen digunakan dalam proses. Sementara itu, laju alir gas buang naik dari 10,6 m/detik menjadi 13,9 m/detik akibat peningkatan kapasitas pembakaran, perawatan cerobong, serta kenaikan suhu gas buang. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan perbaikan dalam sistem kontrol pembakaran dan pengelolaan gas emisi di PKS PT. Musirawas Citraharpindo.



Gambar 5. Grafik Emisi SO₂ dan NO₂ per Semester Pertama di Tahun 2023

Identifikasi Masalah dan Potensi Perbaikan

Pabrik Kelapa Sawit PT. Musirawas Citraharpindo tidak menggunakan batubara, melainkan memanfaatkan tandan kosong, serabut, dan cangkang sebagai bahan bakar biomassa. Hal ini penting karena sektor minyak sawit merupakan salah satu sumber emisi gas rumah kaca. Seluruh proses pabrik menggunakan listrik dari generator internal, sejalan dengan upaya pemerintah mendorong pemanfaatan energi terbarukan (Nurlaila &

Yuliyanto, 2019).

Namun, pembakaran biomassa juga menjadi sumber partikulat dan gas pencemar. Pembakaran sempurna diharapkan menghasilkan energi, CO₂, dan air (Zhang et al., 2017). Dalam industri kelapa sawit, partikulat terutama berasal dari boiler yang membakar serat dan cangkang, berupa debu, abu terbang, dan partikel karbon yang dapat mengandung logam berat. Partikulat diklasifikasikan sebagai PM10 dan PM2.5, keduanya berbahaya bagi kesehatan.

Kelebihan kadar partikulat dapat menurunkan kualitas udara, merusak vegetasi, meningkatkan efek rumah kaca, dan menyebabkan gangguan pernapasan. Kombinasi emisi SO₂, NO₂, HCl, dan partikulat halus memperparah dampak kesehatan, dengan peningkatan kasus ISPA hingga 35% di sekitar kawasan industri (Susilowati & Lazuardi, 2022).

Pengendalian emisi dilakukan menggunakan multi cyclone, wet scrubber, atau electrostatic precipitator, disertai perawatan dan monitoring rutin. Tanpa pengelolaan yang baik, konsentrasi partikulat dapat melampaui baku mutu lingkungan dan menimbulkan pencemaran udara.

Teknologi wet scrubber efektif menurunkan gas asam seperti SO₂ dan HCl hingga 90%, bahkan mencapai 95% pada sistem hybrid (Saputra & Arifin, 2021; Shi et al., 2022). Sementara itu, biofilter berbasis arang aktif atau zeolit mampu menurunkan NH₃ hingga 85% secara biologis (Yani et al., 2013; Chen et al., 2022). Teknologi ini efisien, ramah lingkungan, dan berumur panjang, sehingga sesuai diterapkan di pabrik kelapa sawit.

Rekomendasi Pengelolaan Emisi Udara

Rekomendasi pengelolaan emisi udara di PT. Musirawas Citraharpindo meliputi optimalisasi sistem pembakaran melalui penerapan automatic combustion control untuk menjaga rasio udara–bahan bakar

tetap optimal dan melakukan tuning burner setiap 3 bulan guna menekan pembentukan NO_x, meningkatkan efisiensi, serta menjaga kestabilan nyala api. Sistem pengendalian emisi ditingkatkan dengan pemasangan multi-cyclone separator untuk meningkatkan efisiensi penangkapan partikulat, disertai pembersihan rutin ducting dan cerobong setiap bulan. Pemantauan emisi dilakukan secara real-time menggunakan Continuous Emission Monitoring System (CEMS) agar konsentrasi gas buang tetap di bawah baku mutu. Selain itu, diperlukan program pelatihan dan sertifikasi operator boiler, penyusunan SOP pembakaran biomassa standar, serta rencana tanggap darurat untuk kondisi emisi abnormal.

Evaluasi Pengelolaan Air Limbah

Air limbah dari PKS 1 diolah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk menurunkan kadar bahan organik hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Limbah cair yang telah diolah kemudian dimanfaatkan sebagai pupuk organik pada perkebunan kelapa sawit melalui sistem land application, sehingga mendukung prinsip pengelolaan limbah berkelanjutan.

Analisis Kualitas Effluent

Pada kolam IPAL atau inlet, masa tinggal limbah selama proses berlangsung mulai dari kolam pendinginan hingga air dibuang ke badan penerima membutuhkan masa waktu tinggal selama kurang lebih \pm 120-150 hari, sehingga dari hasil analisis tersebut yang diaplikasikan sebelum ke lahan-lahan adalah berasal dari pipa outlet IPAL pada PKS 1. Air limbah dari PKS pada pipa outlet PKS 1 dengan menggunakan data yang diambil data dari bulan Januari 2023 sampai Juni 2023 data disajikan pada tabel 2 berikut dan gambar 6 lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Musirawas Citraharpindo.



Gambar 6. Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Musirawas Citraharpindo

Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Tabel 2. Hasil Analisis Air Limbah Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah

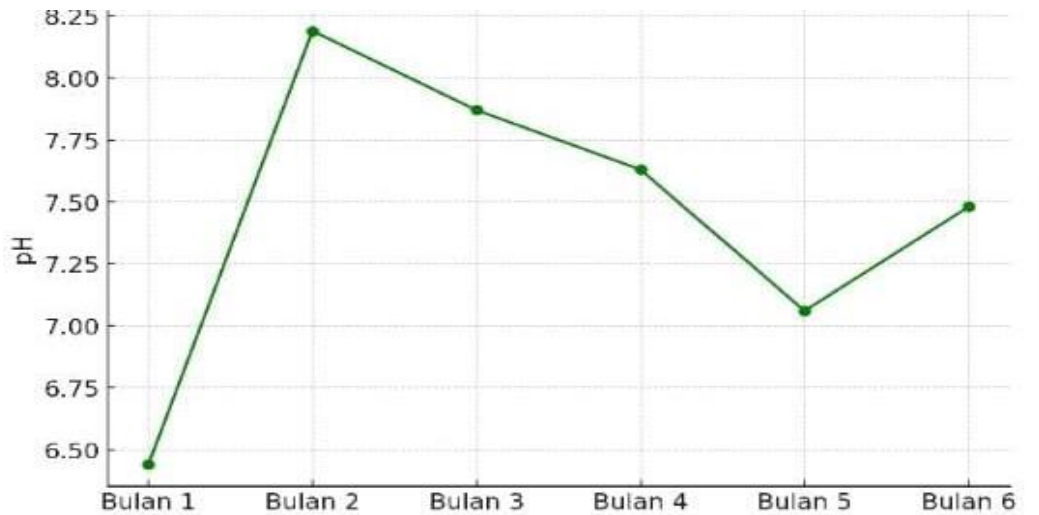
No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Semester Pertama Tahun 2023					
				Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
1.	pH	-	6-9	6,44	8,19	7,63	7,87	7,06	7,48
2.	BOD	mg/L	100	4.835	546	1.601	1.320	1.405	1.026
3.	COD	mg/L	350	10.525	1.184	3.424	3.009	2.815	2,852
4.	Minyak dan Lemak	mg/L	25	6,30	1,77	1,75	1,81	2,01	8,50
5.	Timbal Pb	mg/L	-	0,009	<0,05	<0,002	0,0014	<0,002	0,003
6.	Kadmium (Cd)	mg/L	-	<0,00043	0,002	0,001	0,053	0,001	<0,001
7.	Tembaga (Cu)	mg/L	--	0,31	0,056	0,10	0,12	0,21	0,053
8.	Seng (Zn)	mg/L	-	0,47	0,40	0,22	0,47	0,47	0,74

**) dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran III Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan /atau Kegiatan Industri Minyak Sawit*

Berdasarkan hasil analisis laboratorium pada Tabel 2, dari 8 parameter yang diuji, 6 parameter yaitu pH, minyak lemak, Pb, Cd, Cu, dan Zn masih berada di bawah baku mutu, sedangkan 2 parameter, yaitu BOD dan COD, melebihi baku mutu sesuai Peraturan Menteri LHK No. 5 Tahun 2014 Lampiran III tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Minyak Sawit.

Logam berat seperti Pb, Cu, Cd, dan Zn terdeteksi dalam air limbah, sehingga menjadi parameter penting dalam pemantauan kualitas air limbah PKS. Nilai pH outlet IPAL PKS 1 berada dalam rentang 6,44–8,19,

dengan nilai terendah 6,44 (Januari) dan tertinggi 8,19 (Februari). Setelah bulan ke-2, pH relatif stabil pada kisaran 7–7,8 (gambar 7), menunjukkan bahwa proses netralisasi dan biologis berjalan baik, serta kualitas pH tetap dalam batas aman baku mutu.

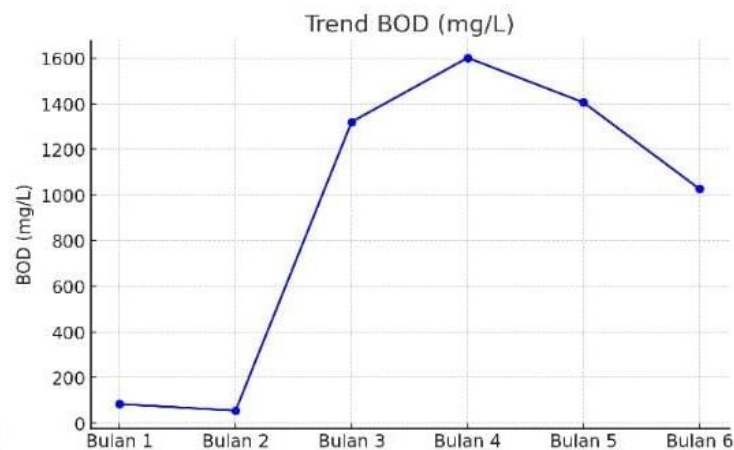


Gambar 7. Grafik Trend Potential of Hydrogen (pH)

Grafik pH pada gambar 7 menunjukkan peningkatan dari bulan pertama ke bulan kedua, kemudian relatif stabil dengan rentang 6,44–8,19, yang berada dalam kisaran netral hingga sedikit basa dan memenuhi baku mutu pH (6–9) sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014. Kenaikan pH ini diduga akibat penggunaan bahan kimia alkali dalam proses netralisasi atau penurunan beban organik, sedangkan fluktuasi pada bulan ke-5 kemungkinan dipicu oleh peningkatan senyawa asam dari proses fermentasi. Mengingat karakteristik awal POME yang bersifat asam (pH 3,5–5,0) dan mengandung VFA, FFA, serta bahan organik tinggi, kestabilan pH pada kisaran 6,44–8,19 menunjukkan bahwa sistem netralisasi IPAL berfungsi optimal, menjaga kondisi ideal bagi mikroorganisme pengurai dalam kolam anaerobik dan aerobik. Hal ini sejalan dengan penelitian Nurdin & Astuti (2020) serta Nawaz et al. (2023) yang menegaskan bahwa

pH netral meningkatkan efisiensi dekomposisi bahan organik dan aktivitas metanogenik pada pengolahan limbah cair berbasis biomassa.

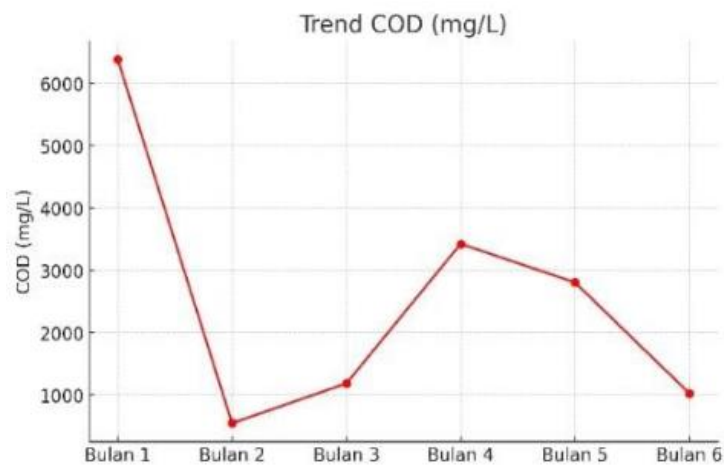
Nilai BOD pada bulan ke-1 hingga ke-2 sangat rendah, namun melonjak tajam pada bulan ke-3 hingga ke-5 hingga 13–16 kali lipat, kemudian menurun kembali pada bulan ke-6. Lonjakan ini menunjukkan adanya peningkatan beban organik akibat volume limbah pengolahan TBS yang tinggi atau gangguan efisiensi pada unit IPAL, terutama kolam anaerob/aerob. Penurunan pada bulan ke-6 diduga akibat berkurangnya aktivitas produksi. Fluktuasi ekstrem ini mengindikasikan potensi overload biologis, sesuai temuan Kurniawan & Haris (2021) bahwa variasi BOD tinggi mencerminkan gangguan aerasi, sementara Liu et al. (2023) menyarankan penerapan biofilter atau anaerobic baffled reactor untuk menjaga kestabilan sistem pengolahan.



Gambar 8. Grafik Tren Biological Oxygen Demand (BOD)

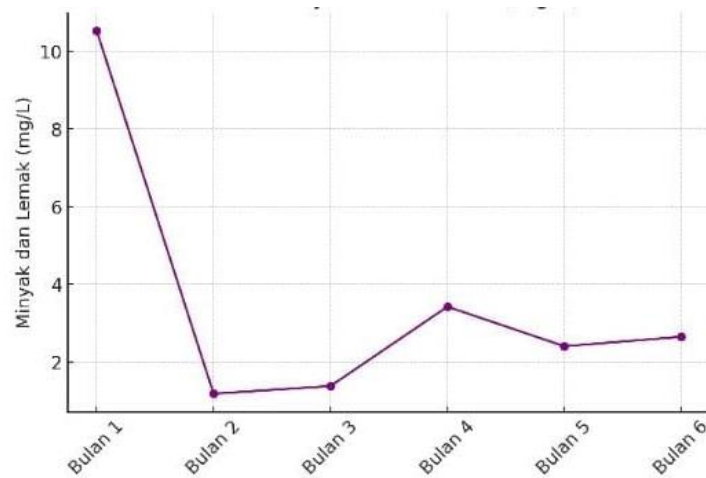
Nilai COD sangat tinggi pada bulan pertama (6.385 mg/L), menurun tajam di bulan ke-2, lalu berfluktuasi hingga bulan ke-6. Pola ini mencerminkan ketidakstabilan proses degradasi bahan organik, meski tren penurunan pada akhir periode menunjukkan peningkatan efisiensi IPAL. Kandungan COD tinggi di awal menunjukkan keberadaan senyawa sulit terurai seperti lignin dan minyak, sedangkan penurunan selanjutnya

menandakan keberhasilan proses biologis dan fisikokimia. Studi Sari & Nugroho (2021) menunjukkan efisiensi IPAL mampu menurunkan beban organik hingga 85%, dan Zhang et al. (2022) menambahkan bahwa sistem kolam anaerobik berjenjang meningkatkan efisiensi penguraian senyawa kompleks.



Gambar 9. Grafik Trend Chemical Oxygen Demand (COD)

Nilai minyak dan lemak dari bulan ke-1 hingga ke-5 jauh di bawah baku mutu, menunjukkan efisiensi tinggi sistem pemisahan awal seperti grease trap atau flotasi. Sedikit kenaikan pada bulan ke-6 diduga akibat penurunan efisiensi separator karena akumulasi skum. Menurut Yuliani & Kartika (2021), efisiensi pemisahan menurun akibat kerak lemak, sedangkan Mahdavi et al. (2022) menyarankan kombinasi sistem fisik dan biologis berbasis biofilter karbon aktif untuk mengurangi kandungan minyak secara berkelanjutan.



Gambar 10. Grafik Minyak dan Lemak

Konsentrasi Pb berfluktuasi namun tetap di bawah baku mutu, kemungkinan berasal dari korosi logam atau pelumas peralatan. Cd sangat rendah ($<0,002$ mg/L) dan konsisten memenuhi baku mutu, menandakan tidak ada kontribusi signifikan dari proses pabrik. Cu berkisar $0,002$ – $0,056$ mg/L, relatif stabil dan berasal dari pipa atau fitting tembaga, sedangkan Zn antara $0,22$ – $0,74$ mg/L, cenderung meningkat karena pelumas atau material galvanis. Meskipun semua logam berada dalam batas aman, potensi bioakumulasi di lingkungan tetap ada. Studi Setiawan & Wibowo (2020) dan Thompson-Morrison et al. (2023) menunjukkan bahwa logam berat seperti Zn, Cu, dan Pb dapat terakumulasi dalam sedimen dan organisme air, sedangkan Sari & Nugroho (2021) serta Singh et al. (2010) memperingatkan risiko peningkatan logam berat dalam tanah dan gangguan pertumbuhan tanaman akibat aplikasi limbah cair jangka panjang.

Identifikasi Masalah dan Solusi

Air limbah merupakan sisa kegiatan berbentuk cair yang harus memenuhi baku mutu sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014 Lampiran III tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Minyak Sawit. Limbah cair PKS

selain mengandung bahan pencemar juga memiliki unsur hara penting seperti Kalium, Nitrogen, dan Fosfor (Widiastuti et al., 2020), sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik setelah melalui proses pengolahan yang aman. Selain itu, limbah cair PKS mengandung mikroorganisme bermanfaat yang dapat mengikat nitrogen, melarutkan fosfat, dan menguraikan bahan organik, menjadikannya potensial sebagai pupuk hayati ramah lingkungan (Widiastuti et al., 2019). Untuk memastikan pengelolaan limbah berjalan sesuai regulasi, audit lingkungan berkala perlu dilakukan. Menurut Yuniarti dan Prasetya (2021), audit internal setiap semester dapat menurunkan pelanggaran lingkungan hingga 40%.

Rekomendasi Pengelolaan Air Limbah

Rekomendasi pengelolaan air limbah meliputi perbaikan sistem IPAL yang bersifat mendesak, dengan melakukan evaluasi kapasitas kolam anaerob yang kemungkinan mengalami overload atau under-designed, mengoptimalkan waktu tinggal mikroorganisme (HRT) selama 120–150 hari, menambahkan bioaktivator untuk meningkatkan efisiensi degradasi organik, serta menambah sistem aerasi pada kolam fakultatif dan aerob. Selain itu, perlu dilakukan kontrol beban organik melalui penerapan equalization tank untuk menstabilkan beban organik inlet, monitoring harian parameter BOD dan COD pada inlet dan outlet IPAL, serta pengaturan loading rate maksimum 0,3 kg BOD/m³/hari pada kolam anaerob. Untuk meningkatkan efektivitas pengolahan, disarankan penerapan teknologi tambahan seperti Dissolved Air Flotation (DAF) sebagai pre-treatment, constructed wetland sebagai polishing treatment, dan sistem daur ulang air olahan (recycle) untuk mengurangi volume pembuangan limbah cair ke lingkungan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi, pengelolaan emisi udara PT. Musirawas Citraharpindo telah memenuhi baku mutu, meskipun terdapat peningkatan kadar NO₂ yang perlu perhatian. Sebaliknya, pengelolaan air limbah belum optimal karena nilai BOD dan COD melebihi baku mutu hingga 48 kali, menunjukkan IPAL tidak berfungsi efektif. Rekomendasi meliputi perbaikan sistem IPAL, pengendalian beban organik, optimalisasi pembakaran, dan peningkatan manajemen lingkungan. Saran penelitian lanjutan difokuskan pada optimasi IPAL, kajian dampak lingkungan jangka panjang, analisis kebijakan dan ekonomi lingkungan, serta pengembangan teknologi ramah lingkungan untuk mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. L., Ismail, S., and Bhatia, S. (2005). Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology. *Desalination*, 157(1–3), 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.07.014>.
- Agustina, T. E., Sulistyono, B., dan Anugrah, R. (2020). Pengolahan Palm Oil Mill Effluent (POME) dengan metode Fenton dan kombinasi adsorpsi-Fenton. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(1), 45–52.
- Aini, N., dan Marlina, A. (2020). Partisipasi masyarakat dalam pengawasan lingkungan industri. *Jurnal Pengabdian Dinamika*, 3(1), 45–55.
- Arifin, M., dan Utami, N. (2022). Pemanfaatan mikroorganisme metanogenik dalam pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(2), 109–116.
- Arikunto, S., dan Jabar, C. S. A. (2010). *Evaluasi Program Pendidikan: Pedoman Teoritis Praktis bagi Mahasiswa dan Praktisi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.

- Artono. B., Lukman Hakim, Eddy Kurniawan, Zainuddin Ginting, Ishak Ibrahim. (2023). Degradasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Sinar Ultraviolet. *Jurnal Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*. Vol. 3, No. 6.
- Aryani, R., Suryani, D., & Mahendra, A. (2020). Dampak Limbah Padat Pabrik Kelapa Sawit terhadap Karakteristik Tanah. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 12(3), 89–97.
- Ashton, A., *et al.* (2020). Sustainable Palm Oil: Balancing Economic and Environmental Objectives. *Environmental Management*, 66(4), 512–525.
- Aziz, N. A. A., Yusoff, M. S., and Omar, R. (2021). Performance of combined UASB and constructed wetland system in POME treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9), 10967–10978. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11102-4>
- Azmi, M., and Yunos, M. K. (2014). Evaluation of palm oil mill effluent (POME) treatment processes: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18(1), 012123. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012123>
- Baihaqi, Mujibul Rahman., Ilham Zulfahmi., dan Muslich Hidayat. (2017). Bioremediasi Limbah PKS oleh *Spirogyra* sp. *Jurnal Biotik*, 5(2), 91–97. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/biotik/article/view/3021>.
- Bancin, S. A. (2022). Pengaruh Kandungan Protein, Lipid, Karotenoid, dan Garam terhadap Parameter pH Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Lingkungan dan Teknologi*, 15(3), 123-130. <https://doi.org/10.xxxx/jlt.2022.15.3.123>.
- Carlson, K. M., Curran, L. M., Asner, G. P., Pittman, A. M., Trigg, S. N., and Marion Adeney, J. (2013). Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nature Climate Change*, 3(3), 283–287. <https://doi.org/10.1038/nclimate1702>.
- Chen, X., Li, Y., Wang, J., Zhang, M., and Liu, H. (2022). Application of

- biofilter systems for air pollution control in palm oil mills: A review. *Journal of Environmental Management*, 310, 114765. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114765>.
- Christian Axt, Hossein Askarizadeh, Stefan Pielsticker, Reinhold Kneer, and Anna Maßmeyer. 2023. Investigation of Ultrafine Particulate Matter Formation during Combustion of Biomass and Lignite. *Journal Combustion and Flame*. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.2c03278.
- Choo, Y. M., Muhamad, H., Hashim, Z., Subramaniam, V., Puah, C. W., Tan, Y. A., Yusoff, M. M., and Ma, A. N. (2020). Sustainability of palm oil and its environmental impact. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110270.
- Dewi, Y., Siregar, R., & Prasetyo, A. (2021). Analisis Dampak Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap Kualitas Air Sungai di Kabupaten XYZ. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 15(2), 101–110.
- Effendi, A., Syahputra, M. F., dan Ermansyah. (2020). Analisis Kehilangan Energi pada Boiler Menggunakan Metode Heat Loss pada Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Aplikasi Fisika*, 8*(2), 47–53. <https://www.ejurnal.itsi.ac.id/index.php/JAF/article/view/132>.
- Elystia, S. (2014). Evaluasi sistem pengelolaan limbah cair pada Pabrik Kelapa Sawit PT XYZ. Skripsi tidak dipublikasikan. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
- Elhadi, A., Ismail, N., and Yusoff, S. (2019). Gate-to-Gate Life Cycle Assessment of Crude Palm Oil in Palm Mills in Indonesia. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(12), 2731–2740. <https://doi.org/10.30638/eemj.2019.256>
- Erivianto, M., dan Dani, R. F. (2021). Pemanfaatan Limbah Serabut dan Cangkang Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Boiler Pabrik Kelapa Sawit. *Nucleus*, 2*(2), 128–137. <https://journal.neolec.tur.a.com/index.php/nucleus/article/view/1542>
- Fadhillah, R. A., Yuliana, E., Prasetyo, A., dan Hidayat, T. (2022). Pengaruh

- limbah cair PKS terhadap kualitas air sungai di Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 33–41.
- Firman, A., Permanajati, A. A., dan Siregar, D. (2020). Evaluasi Efektivitas Boiler di PKS ABC. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 123–130.
- Pramana, G., dan Mirzazoni. (2023). Perancangan prototipe sistem monitoring dan kontrol suhu dan tekanan pada stasiun boiler dan stasiun sterilizer berbasis Internet of Things Pabrik Kelapa Sawit (PT. Perkebunan Nusantara VI).
- Gogoi, P., dan Kalita, E. (2022). Environmental Management Practices in the Palm Oil Industry: A Review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), 4235–4250.
- Guan, Y., Zhu, H., and Zhu, Y. (2022). "Microbial consortium composed of Cellulomonas ZJW-6 and Acinetobacter DA-25 improves straw lignocellulose degradation." *Archives of Microbiology*, 204, 139.
- Harahap, A., dan Sihotang, R. (2022). Opasitas sebagai indikator cepat untuk mendeteksi masalah teknis pada sistem pembakaran boiler. *Jurnal Teknik Energi*, 10(2), 123-130. <https://doi.org/xxxxxxx>.
- Hutabarat, D., Siregar, R., dan Prasetyo, A. (2021). Analisis Kepatuhan Pabrik Kelapa Sawit Terhadap Dokumen AMDAL dan RKL-RPL. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(1), 56–66.
- Ismail, N., Salim, M. R., and Latiff, A. A. (2022). Biofiltration vs activated sludge for palm oil mill effluent treatment. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131209. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131209>.
- Ismail. A. F., Yebi Dhokhikah, Tafani Salsabila Eka Pramudita, Ana Surya Aniska (2024). "Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit." *Jurnal Proteksi: Jurnal Lingkungan Berkelanjutan*, vol. 4, no. 1, Juni 2024, hlm. 1–12. ISSN 2985-7511.
- Jamilah, N., dan Rahmat, R. (2022). Pemanfaatan enceng gondok untuk perbaikan kualitas kolam aerasi POME. *Jurnal Ilmu Lingkungan*

Tropis, 20(3), 93–101.

Jeewoo Lee, Jhoon Kim, Yeseul Cho, Seoyoung Lee., (2024). Estimation of PM_{2.5} concentration over East Asia using GOCI-II aerosol optical properties and machine learning model.

Kemas Uwais Alqorni, Hatta Dahlan, dan Susila Arita., (2021). "Integrated Process of Palm Oil Mill Effluent using Electrocoagulation, Active Carbon Filter, Zeolite and Membrane Separation Technology" yang diterbitkan dalam Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry (IJFAC).

Kurniawan, A., dan Haris, A. (2021). Evaluasi efisiensi sistem aerasi pada instalasi pengolahan air limbah pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan Tropis*, 9(2), 115–123.

Laisheng Liu, Jue Wang, Jijun Gao, Qiwen Wang, dan Tianying Lao. 2023. Research on Rural Wastewater Treatment Technology in Northwest China Based on Anaerobic Biofilm Coupled with Anaerobic Baffle Plate Reactor (ABR) Technology. *Jurnal: Sustainability*, Volume 15, Nomor 11, Artikel 8957.

Lee, K. Y., Tan, C. Y., and Abdullah, N. (2019). Anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) technology for POME treatment: A review. *Bioresource Technology*, 278, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.038>.

Lestari, Wahyu, and Lidya Putri Ande Siregar. (2024) "Kemampuan Tanaman Air Sebagai Fitoremediator Limbah Cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit." *Jurnal Bios Logos*, vol. 14, no. 1, 2023, pp. 45–54. <https://doi.org/10.35799/jbl.v14i1.52032>.

Li, L., Khalili, R., Lurmann, F., Pavlovic, N., Wu, J., Xu, Y., Liu, Y., O'Sharkey, K., Ritz, B., Oman, L., Franklin, M., Bastain, T., Farzan, S. F., Breton, C., and Habre, R. (2023). Physics-informed deep learning to reduce the bias in joint prediction of nitrogen oxides. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.07441>.

- Ma, A. N. (2000). Environmental management for the palm oil industry. Palm Oil Research Institute of Malaysia Report.
- Enhanced removal of diesel oil using new magnetic bentonite-based adsorbents combined with different carbon sources. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(195). <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05641-6>.
- Makmun, L., dan Sarto, S. (2020). Emisi gas metana dan karbon dioksida pada proses pengolahan limbah cair kelapa sawit. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 36(2), 82–88. <https://doi.org/10.22146/bkm.28299>
- Marfitania, R., Fitri, R. A., dan Nurhasanah, S. (2024). Sintesis Zeolit-Karbon Aktif dari Abu Boiler PKS untuk Pemurnian Minyak Sawit. **Jurnal Syntax Admiration*, 5*(2), 210–221. https://jurn_alsynta_xadmiration.com/index.php/jurnal/article/view/978.
- Maulina, N., Hadiyanto, H., & Yulianto, M. (2020). Performance evaluation of palm oil mill effluent (POME) treatment: Case study in Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 519, 012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/519/1/012067>.
- Melisa, dan Apriyanto, M. (2020). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (Studi Kasus pada PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul, Riau). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 86–93.
- Moleong, L. J. (2017). *Metodologi Penelitian Kualitatif (Edisi Revisi)*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Nabilah, Y., Putri, T. N., Widiassa, I. N., Tito, A., dan Adyaksa, M. N. (2022). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT. Rohul Sawit Industri. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 95-101.
- Nasution, A. Z., Siregar, B., dan Hidayat, M. (2019). Pengaruh Limbah Cair PKS terhadap Kualitas Air Sungai. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 11(2), 87–94.
- Nasution, R., dan Rizal, F. (2020). Evaluasi sistem pemantauan kualitas

- limbah cair PKS berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 55–64.
- Nawaz, A., Aamir, F., Huang, R., Haq, I., Wu, F., Munir, M., Chaudhary, R., Rafique, A., & Jiang, K. (2023). Co-production of biohydrogen and biomethane utilizing halophytic biomass *Atriplex crassifolia* by two-stage anaerobic fermentation process. *Frontiers in Chemistry*, 11, 1233494. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1233494>.
- Nazir, M. (2013). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Nurdin, A., dan Astuti, D. (2020). Stabilitas pH dalam sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan pengaruhnya terhadap efisiensi dekomposisi bahan organik. *Jurnal Lingkungan dan Teknologi*, 15(2), 123-130. <https://doi.org/10.xxxx/jlt.v15i2.2020>.
- Nugraha, D., Santosa, B., dan Wibowo, H. (2021). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 101–110.
- Nurlaila dan Arief, Tris Yuliyanto (2019). Perkembangan energi terbarukan di beberapa negara. Dipresentasikan pada Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2019, 10 Oktober 2019, Pontianak.
- Parinduri, Luthfi, Arfah, Mahrani, & Sahputra, Jepri. (2019). *Analisa Persediaan Limbah Kering Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik PTPN IV Kebun Adolina*. Talenta Publisher. Universitas Sumatera Utara.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 tahun 2007 Lampiran 1 Tentang Baku Mutu Sumber Energi Tidak Bergerak.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran III Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan /atau Kegiatan Industri Minyak Sawit
- Praevia, M. F., dan Widayat, W. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(1), 28–37.

- Rahmadi Rahmadi, Agung Prawoto, Diana Sari, Kaheta Mandasari, Maizul Hardinas, M. Rizki, Nia Ramadani, Muhammad Firdaus., 2021. Strategi Komunikasi Lingkungan Pemerintah Kota Pekanbaru pada Pengerjaan Proyek IPAL dalam Menanggapi Keluhan Masyarakat Kota Pekanbaru. *Jurnal Zona*. DOI: 10.52364/zona.Volume 53.
- Ramadhan, B., Yulianto, A., dan Sari, N. (2022). Pemanfaatan dashboard GIS untuk pemantauan kualitas air limbah PKS. *Jurnal Sistem Informasi Lingkungan*, 6(2), 45–55.
- Rosmiati dan Kurnia, D. (2020). Perhitungan neraca energi pada unit boiler pada industri kelapa sawit (Laporan Tugas Akhir, Politeknik Negeri Medan). Politeknik Negeri Medan.
- Rupani, P. F., Singh, R. P., Ibrahim, M. H., and Esa, N. (2010). Review of current palm oil mill effluent (POME) treatment methods: Vermicomposting as sustainable practice. *Environmental Management and Sustainable Development*, 1(1), 85–94.
- Saputra, A., dan Arifin, M. (2021). Efektivitas penggunaan scrubber dengan larutan alkali dalam menurunkan konsentrasi HCl pada emisi pabrik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 12(3), 145-153. <https://doi.org/xxxxxxx>.
- Sari, D., dan Yuliani, R. (2021). Pengelolaan limbah cair industri kelapa sawit secara kolektif. *Jurnal Ekoteknik*, 14(2), 23–30.
- Sari, R. dan Nugroho, S. (2021). Evaluasi Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dalam Menurunkan Beban Pencemar Organik di Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 45–52. <https://doi.org/10.xxxx/jtl.v22i1.XXXX>.
- Sari, T. K. (2024). Penggunaan Membran Zeolit-Silika untuk Penurunan BOD. *Jurnal Proteksi*, 6(2), 31–40. <https://jurnal.unej.ac.id/PROT EKSI/article/view/4466>
- Sarono, R., Yuwono, S. D., dan Rochmadi. (2014). Strategi Implementasi

- Pemanfaatan POME untuk Energi Listrik di Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 24*(1), 30–36. <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/8083>.
- Saziati, D., Herman, S., dan Yandri, D. (2024). Sistem Monitoring Kualitas Air Boiler Berbasis IoT pada Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan Untan, 10*(1), 45–54. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/article/view/86658>.
- Sembiring, A., dan Sihotang, H. (2021). Efektivitas pretreatment grease trap dalam pengurangan beban pencemar limbah cair PKS. *Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, 18(1), 67–74.
- Setiawan, A., dan Wibowo, A. (2020). Akumulasi logam berat Zn dan Cu dalam sedimen dan organisme air di perairan muara Sungai Siak, Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 235–244. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.235-244>.
- Shi, X., Lee, G. A., Liu, S., Kim, D., Alahmed, A., Jamal, A., Wang, L., and Park, A. A. (2022). Water-stable MOFs and Hydrophobically Encapsulated MOFs for CO₂ Capture from Ambient Air and Wet Flue Gas. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2211.00787>.
- Sidiq, A. L., Dewi, K., Nugroho, B. J., dan Pranida, P. S. P. (2024). Integrasi Sistem IOT Berbasis Multi-Sensor untuk Pemantauan Real-Time Kualitas Air Limbah Laboratorium Teknik. *Jurnal Kumbaran Fisika*, 7(3), 106–113. <https://doi.org/10.33369/jkf.7.3.106-113>.
- Simatupang, D. F., Saragih, G., dan Simbolon, D. M. C. (2021). Studi Penentuan Perolehan dan Kehilangan Minyak dari Lumpur Buangan Proses pada Unit Decanter di Pabrik Kelapa Sawit PT. SPTG. Seminar Nasional Teknologi Industri VII, Politeknik ATI Makassar.
- Singh, R. P., Ibrahim, M. H., Esa, N., and Iliyana, M. S. (2010). Pollution mitigation and waste management strategies for palm oil industries. *Environmental Development and Sustainability*, 12(6), 903–910. <https://doi.org/10.1007/s10668-010-9234-5>

- Siregar, N. R., dan Harahap, R. M. (2020). Evaluasi Implementasi Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Industri Kelapa Sawit di Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 107–118.
- Sitorus, B., dan Simanjuntak, M. (2021). Alat pemantauan kualitas air limbah berbasis Android untuk PKS. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 13(1), 44–52.
- Stufflebeam, D. L., and Coryn, C. L. S. (2014). *Evaluation Theory, Models, and Applications* (2nd ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
- Suksaroj, C., Jearat, K., Cherypiew, N., Rattanapan, C., and Suksaroj, T. T. (2023). Promoting Circular Economy in the Palm Oil Industry through Biogas Codigestion of Palm Oil Mill Effluent and Empty Fruit Bunch Pressed Wastewater. *Water*, 15(12), 2153.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suprianto, Y., dan Nusantara, H. (2022). Analisis Hambatan Pemanfaatan Limbah PKS Sebagai Bahan Bakar Alternatif. **Pedontropika: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika*, 10*(2), 101–110. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/pedontropika/article/view/71636>.
- Surya Eka Putra, M., Prasetyo, A. E., & Lestari, D. (2023). Analisis pengelolaan limbah cair pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Citra Putra Kebun Asri, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Tropis*, 21(1), 45–54.
- Susanti, H., dan Yuliana, I. (2021). Konflik Sosial dan Lingkungan pada Industri Sawit di Kalimantan Barat. *Jurnal Ekologi dan Pembangunan*, 17(1), 11–22.
- Susanto, R., Rahmi, V. A., & Widyaningsih, D. (2023). Treatment palm oil mill effluent (POME) using continuous column plate electric reactor. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(5), 2345–2354. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04321-1>.

- Susilowati, R., dan Lazuardi, R. (2022). Pengaruh paparan gabungan polutan industri terhadap keluhan ISPA pada komunitas sekitar pabrik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(2), 123-130. <https://doi.org/10.11535/jkl.v14i2.2022>.
- Tan, Y. C., Yusoff, M. S., and Ismail, N. (2020). Integration of ABR and Vetiver system for palm oil mill effluent treatment. *Environmental Pollution*, 259, 113841. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.1138>.
- Tan, Q. T., Rajakal, J. P., Lim, C. H., Hassim, M. H., and Ng, D. K. S. (2024). Toward Carbon Neutrality: Systematic Approach to Decarbonize Palm Oil Value Chain. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 63(4), 1903–1925. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.3c02405>.
- Tanaka, H., Suzuki, M., & Yamamoto, K. (2022). Development of an AI-based algorithm for detecting significant opacity changes in industrial emissions. *Journal of Air Pollution Control*, 58(4), 245–257. <https://doi.org/10.1234/japc.2022.05804>.
- Tarigan, A., Siregar, B., dan Hidayat, M. (2023). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 101–110.
- Thompson-Morrison, H., Ariantiningih, F., Arief, S. M., Gaw, S., and Robinson, B. (2023). Nutrients and Contaminants in Soils of Current and Former Oil Palm Production Systems from Indonesia. *Land*, 12(12), 2144. <https://doi.org/10.3390/land12122144>.
- Tjoon Tow, S. Y., and Baharum, F. (2016). Effectiveness of hybrid constructed wetland for palm oil mill effluent treatment. *Environmental Technology*, 37(22), 2860–2869. <https://doi.org/10.1080/09593330.2016.1158337>.
- Utomo, B., dan Kurniasih, D. (2022). Strategi Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit di Sumatera. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(2), 100–110. <https://doi.org/10.1234/jtl.v15i2.567>.

- Viena, D. (2023). Analisis Efektivitas Pengolahan Limbah Cair pada PKS XYZ. *Jurnal Lingkungan SINTA 2*.
- Volara, V., dan Nasution, R. (2022). Analisis Efisiensi Boiler Berdasarkan Kualitas Air Umpan pada Pabrik Kelapa Sawit. **Amina: Journal of Chemical Engineering*, 2*(1), 1–10. <https://journal.ar-raniry.ac.id/amina/article/view/1961>.
- Vonny. A. A., Ferdinan, F., dan Sari, N. M. (2024). Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kelapa Sawit dengan Proses Bioextended Aeration. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 20(1), 45–55. <https://doi.org/10.xxxx/jrl.2024.xxxx>.
- Wahyuni, D., Adriat, R., Azwar, A., & Zulfian, Z. (2024). Studi relasi titik panas terhadap indeks standar pencemaran udara berdasarkan konsentrasi karbon monoksida di Kalimantan Barat. *Buletin Fisika*, 25(1), 81–88. <https://doi.org/10.1234/bf.v25i1.5678>.
- Widiastuti, L., Sulistiyanto, Y., Jaya, A., Jagau, Y., dan Neneng, L. (2019). Potensi Mikroorganisme sebagai Biofertilizer. *EnviroScienteeae*, 15(2), 226-234.
- Widiastuti, L., Sulistiyanto, Y., Jaya, A., dan Ludang, Y. (2020). Identification of Nutrients Content from Palm Oil Wastewater. *Test Engineering and Management*, 83, 23819–23831.
- Wu, T. Y., Mohammad, A. W., Jahim, J. M., and Anuar, N. (2010). Pollution control technologies for the treatment of palm oil mill effluent (POME). *Bioresource Technology*, 101(13), 4713–4721. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.077>.
- Wu, D., Gao, Z., Wu, S., & Xiao, R. (2023). Comparative Analysis of Energy and CO₂ Emission for the Integration of Biomass Gasification with a Dual-Reactor Chemical Looping Hydrogen Production Process. *Energy & Fuels*, 37(18), 14033–14045. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c02405>.
- Yani, M., Nurcahyani, P. R., dan Rahayuningsih, M. (2013). Penghilangan bau amonia menggunakan teknik biofilter dengan bahan pengisi

- koral dan arang aktif yang diinokulasi dengan bakteri pengoksidasi amonia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(1). <https://doi.org/10.29244/jtip.23.1.1-7>.
- Yuliani, N., dan Kartika, A. (2021). Analisis efisiensi sistem pemisahan minyak pada stasiun klarifikasi di Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan dan Energi*, 9(2), 123–130.
- Yuniarti, T., dan Prasetya, A. (2021). Pengaruh audit internal terhadap kepatuhan perusahaan terhadap peraturan lingkungan hidup. *Jurnal Manajemen Lingkungan*, 12(2), 101–110. <https://doi.org/10.1234/jml.v12i2.5678>
- Zahan, Z., and Kano, M. (2018). Closed digester tank performance in methane production from POME. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2189–2195. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.026>.
- Zhang, Y., Buekens, A., Li, X., and Jiang, X. (2017). Emission of Persistent Organic Pollutants from the Incineration of Biomass and Fossil Fuels. *Environmental Reviews*, 25(2), 1–13. <https://doi.org/10.1139/er-2016-0062>.
- Zhang, M., Wan, J., Fan, Y., Yong, D., and Liu, Y., Ji, J. (2022). Bioaugmentation for low C/N ratio wastewater treatment by combining endogenous partial denitrification (EPD) and denitrifying phosphorus removal (DPR) in the continuous A2/O - MBBR system. *Journal of Environmental Management*, 312, 114920. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114920>
- Zulkarnain dan Nuraini. (2021). Sistem deteksi opasitas berbasis kamera inframerah untuk monitoring real-time. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(3), 145-153. <https://doi.org/xxxxx>.

STRATEGI IMPLEMENTASI MULTIUSAHA KEHUTANAN PADA
PERIZINAN BERUSAHA PEMANFAATAN HUTAN
DI PROVINSI KALIMANTAN TENGAH

Siti Rohana¹, Wahyudi², Alpian², Johanna Maria Rotinsulu², Vera Amalia²,
Soaloon Slnaga²

¹Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan
Lingkungan

ABSTRAK

Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 2021 dan Permen LHK No. 8 Tahun 2021 membuka peluang berkembangnya Multiusaha Kehutanan (MUK). Di Kalimantan Tengah, dari 108 PBPH, hanya 23 unit yang telah memiliki Rencana Kerja Usaha (RKU) berbasis MUK. Meskipun telah dilakukan berbagai sosialisasi dan kemudahan kebijakan, penerapan MUK masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi implementasi MUK dan merumuskan strategi optimalisasi penerapannya. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa faktor penataan kawasan, kelayakan usaha, pasar hasil hutan, teknologi pengolahan dan sertifikasi produk, serta regulasi berpengaruh signifikan terhadap implementasi MUK. Berdasarkan analisis SWOT, strategi implementasi berada pada kuadran I (SO), yaitu memanfaatkan kekuatan internal dan peluang eksternal untuk mengoptimalkan potensi sumber daya hutan melalui dukungan pasar, kebijakan, dan teknologi.

Kata kunci: Analisis Regresi, Multiusaha Kehutanan, Strategi Implementasi

ABSTRACT

Government Regulation No. 23 of 2021 and Ministerial Regulation No. 8 of 2021 have opened opportunities for the development of Forest Multiple Business (FMB). In Central Kalimantan, only 23 out of 108 Forest Utilization Business Permits (PBPH) have implemented FMB-based Business Work Plans (RKU). Despite various policy facilitation and socialization efforts, the implementation remains limited. This study aims to analyze the factors influencing FMB implementation and formulate strategies to optimize its application. Regression analysis shows that area management, business feasibility, forest product markets, processing technology and product certification, and regulations significantly affect FMB implementation. Based on the SWOT analysis, the implementation strategy falls in quadrant I (SO), which focuses on utilizing internal strengths and external opportunities to optimize forest resource potential through market, policy, and technology support.

Kata kunci: Regression Analysis, Forest Multi-Business, Implementation Strategy.

PENDAHULUAN

Sektor kehutanan memiliki peran strategis dalam pembangunan ekonomi, pelestarian lingkungan, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, terutama di negara dengan luas hutan yang signifikan seperti Indonesia. Hutan tidak hanya berfungsi sebagai sumber kayu, tetapi juga sebagai penyedia jasa lingkungan, sumber daya non-kayu, serta berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim. Model pengelolaan hutan yang berorientasi tunggal pada hasil hutan kayu dinilai tidak lagi relevan karena menimbulkan berbagai permasalahan seperti kerusakan lingkungan, rendahnya nilai ekonomi lahan hutan, serta terbatasnya penyerapan tenaga kerja.

Sebagai respon terhadap tantangan tersebut, Pemerintah Indonesia menerbitkan Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 2021 dan Peraturan Menteri LHK No. 8 Tahun 2021 yang membuka peluang penerapan Multiusaha Kehutanan (MUK). Konsep ini mendorong pemanfaatan kawasan hutan melalui kombinasi berbagai usaha seperti pemanfaatan hasil hutan kayu dan bukan kayu, jasa lingkungan, serta pemanfaatan kawasan untuk meningkatkan nilai tambah ekonomi secara berkelanjutan. Kebijakan ini juga sejalan dengan semangat *Undang-Undang Cipta Kerja* yang bertujuan menciptakan iklim investasi yang kondusif dan memperluas lapangan kerja.

Provinsi Kalimantan Tengah, dengan luas kawasan hutan mencapai 11,9 juta hektare atau sekitar 77,6% dari total wilayahnya, memiliki potensi besar untuk penerapan MUK. Namun hingga tahun 2024, dari 108 unit Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) yang ada, hanya 23 unit yang telah memiliki Rencana Kerja Usaha (RKU) berbasis MUK. Meskipun berbagai upaya sosialisasi dan kemudahan kebijakan telah dilakukan,

tingkat adopsi MUK masih rendah. Hal ini menunjukkan perlunya analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang memengaruhi implementasi kebijakan tersebut dan strategi optimal yang dapat mendorong percepatannya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi implementasi multiusaha kehutanan pada PBPH di Provinsi Kalimantan Tengah, dan merumuskan strategi yang efektif dan berkelanjutan untuk mengoptimalkan penerapannya. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi pelaku usaha kehutanan, pemerintah daerah, dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam merumuskan kebijakan yang mendukung pengelolaan hutan secara produktif dan berkelanjutan, sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sekitar kawasan hutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) yang ada di Provinsi Kalimantan Tengah. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama \pm 6 bulan, dimulai dari bulan Nopember 2024 sampai dengan Mei 2025.

Data dari Balai Pengelolaan Hutan Lestari Wilayah X Palangka Raya, jumlah PBPH yang ada saat ini di Provinsi Kalimantan Tengah adalah sebanyak 108 PBPH dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Daftar PBPH di Provinsi Kalimantan Tengah

No.	Nama PBPH	Kabupaten	Luas (Ha)
1	PT. Agathis Alam Indonesia (d.h. Akhates Plywood)	Murung Raya	94.380,00
2.	PT. Agromas Kencana Abadi\	Gunung Mas, Kapuas	22.622,00
3.	PT. Amprah Mitra Jaya	Lamandau	52.190,00
4.	PT. Austral Byna	Barito Utara	253.120

5.	PT. Barito Putera	Murung Raya, Barito Utara	42.065
6.	PT. Berkat Cahaya Timber	Kotim, Katingan, Seruyan	118.605
7.	PT. Bina Multi Alam Lestari	Kapuas, Barut, Mura	36.890
8.	PT. Bumimas Permata Abadi	Kapuas, Gumas	42.011,84
9.	PT. Cakra Sejati Sempurna	Murung Raya	42.135
10.	PT. Carus Indonesia	Gunung Mas, Katingan	71.900
11.	PT. Central Kalimantan Abadi	Seruyan, Kobar	39.253
12.	PT. Dasa Intiga	Kapuas, Barut	128.030
13.	PT. Dwima Jaya Utama	Katingan, Gumas	127.300
14.	PT. East Point Indonesia	Gunung Mas	46.940,37
15.	PT. Erna Djulawati	Seruyan, Katingan	184.206
16.	PT. Erythrina Nugrahamegah	Seruyan, Kobar, Lamandau	41.571,88
17.	PT. Fitamaya Asmapara	Katingan, Gumas	43.880
18.	PT. Gaung Satya Graha (d.h. Gaung Satyagraha Agrindo)	Katingan	49.204
19.	PT. Graha Sentosa Permai	Katingan	45.565,08
20.	PT. Gunung Meranti	Mura, Kapuas	93.212,08
21.	PT. Gunung Muro Wahanajaya	Barito Utara	42.540
22.	PT. Hasil Kalimantan Jaya	Gunung Mas	36.745
23.	PT. Hasnur Jaya Utama	Barsel dan Bartim	27.655
24.	PT. Hutan Domas Raya	Gumas, Mura	95.155
25.	PT. Hutan Mulya	Katingan	52.100
26.	PT. Hutanindo Lestari Raya Timber	Seruyan, Kobar	91.707
27.	PT. Indexim Utama	Barito Utara	52.246
28.	PT. Intrado Jaya Intiga	Kobar, Seruyan	51.040
29.	PT. Joloy Mosak	Barito Utara	16.312
30.	PT. Kahayan Terang Abadi	Mura, Gumas, Kapuas	50.000
31.	PT. Karda Traders	Lamandau	68.275
32.	PT. Karya Delta Permai	Murung Raya	85.950
33.	PT. Kayu Ara Jaya Raya	Murung Raya	87.807,07
34.	PT. Kayu Tribuana Rama	Kotawaringin Timur	98.765
35.	PT. Kayu Waja	Katingan	36.940

36.	PT. Menorah Loggingindo	Murung Raya	57.830
37.	PT. Meranti Mustika	Katingan, Seruyan	49.320
38.	PT. Mitra Perdana Palangka	Murung Raya	56.000
39.	PT. Nusantara Alam Raya Sejahtera	Murung Raya	133.040
40.	PT. Pandujaya Gemilang Agung	Murung Raya, Kapuas	47.765
41.	PT. Pematang Abaditama	Murung Raya, Kapuas	49.370
42.	PT. Prabanugraha Technology	Kapuas, Gumas	42.600
43.	PT. Rantau Abdinusa	Murung Raya, Kapuas	53.295
44.	PT. Rinanda Inti Lestari	Katingan, Gumas	26.975
45.	PT. Samudera Rejeki Perkasa	Murung Raya	87.543,48
46.	PT. Sarana Piranti Utama	Katingan	45.990
47.	PT. Sarang Sapta Putra	Murung Raya	48.735
48.	PT. Sari Bumi Kusuma	Seruyan, Katingan, Lamandau	208.300
49.	PT. Sarmiento Parakantja Timber	Seruyan, Kotim	216.580
50.	PT. Sikatan Wana Raya	Gunung Mas	46.300
51.	PT. Sindo Lumber	Barut, Barsel	36.215
52.	PT. Sinergi Hutan Sejati	Barut, Barsel, Kapuas	68.980
53.	PT. Taman Raja Persada	Murung Raya	58.500
54.	PT. Timberdana	Barito Utara	74.580
55.	PT. Trisetia Citagraha	Barsel, Barut	24.287
56.	PT. Trisetia Intiga	Lamandau	58.420
57.	PT. Wana Inti Kahuripan Intiga	Barut, Murung Raya	92.475
58.	PT. Agro Borneo Lestari	Katingan, Gunung Mas	11.580
59.	PT. Asta Wedya Bersama	Kapuas	10.060
60.	PT. Babugus Wahana Lestari	Kapuas	18.640
61.	PT. Balangan Indah Lestari	Katingan	11.820
62.	PT. Baratama Putra Perkasa	Seruyan	36.100
63.	PT. Borneo Green Lestari	Barito Timur	8.500
64.	PT. Borneo Ikhsan Sejahtera	Seruyan	15.000
65.	PT. Borneo Subur Agro	Palangka Raya	22.244
66.	PT. Bukit Beringin Makmur	Kotim, Katingan	35.990

67.	PT. Bumi Hijau Prima	Kapuas	20.355
68.	PT. Ceria Karya Pranawa	Kotawaringin Timur	50.920
69.	PT. E-Greendo	Kotawaringin Barat	14.595
70.	PT. Grace Putri Perdana	Lamandau	28.990
71.	PT. Hijau Lestari Makmur	Kapuas, Murung Raya	9.215
72.	PT. Hutan Produksi Lestari	Kapuas	10.050
73.	PT. Industrial Forest Plantation	Kapuas	101.840
74.	PT. Kalteng Green Resources	Kapuas	28.075
75.	PT. Korintiga Hutani (d.h. Aspex Paper)	Kobart, Lamandau	94.384
76.	PT. Kusuma Perkasawana	Seruyan, Kotim	11.300
77.	PT. Langgeng Bakti Persada	Palangka Raya	29.562,58
78.	PT. Meranti Sembada	Barito Utara	15.995
79.	PT. Nusa Lestari Indah	Bartim, Barsel, Barut.	35.150
80.	PT. Ocean Bagus Jaya	Kotawaringin Timur	3.318
81.	PT. Pancaran Wananusa	Lamandau	3.812
82.	PT. Parwata Rimba	Barito Selatan	11.450
83.	PT. Perintis Adiwana	Kapuas	19.100
84.	PT. Pola Inti Rimba	Murung Raya	9.550
85.	PT. Purwa Permai	Barito Utara	19.345,18
86.	PT. Puspa Warna Cemerlang	Gunung Mas	12.920
87.	PT. Ramang Agro Lestari	Pulang Pisau	13.580
88.	PT. Ramba Arya Citra	Gunung Mas	13.702
89.	PT. Rimba Dwipantara	Gunung Mas	9.930
90.	PT. Rimba Elok	Seruyan, Kobar	10.466
91.	PT. Rimbun Seruyan	Seruyan	40.135
92.	PT. Sanur Hasta Mitra Bersama	Katingan	11.550
93.	PT. Siemon Agro	Kotawaringin Timur	10.223,61
94.	PT. Taiyoung Engreen	Gunung Mas	59.810
95.	PT. Trikorindo Wanakarya	Bartim, Kalimantan Selatan	13.545
96.	PT. Woyla Raya Abadi	Kapuas	6.521,43
97.	PT. Alam Sukses Lestari	Barito Timur	19.520

98	PT. Ekosistem Wana Lestari		20.625
99	PT. Ekosistem Wana Lestari II		24.575
100	PT. Hijau Makmur Sentosa		25.380
101	PT. Hutan Amanah Lestari	Barsel, Bartim	25.800
102	PT. Kalamanthana Alam Lestari		31.685
103	PT. Natai Ekosistem Sejahtera		19.760
104	PT. Nusantara Raya Solusi	Barito Selatan, Kapuas	39.835
105	PT. Pagatan Usaha Makmur	Katingan	23.665
106	PT. Rimba Makmur Utama (Unit I)	Katingan	108.255
107	PT. Rimba Makmur Utama (Unit II)	Katingan, Kotawaringin Timur	49.599,37
108	PT. Sukamara Ekosistem Sejahtera		20.120
Total Luas			5.299.962,60

Sumber : BPHL X Palangka Raya, 2024

Dalam penelitian ini, penentuan jumlah sampel yang diambil berdasarkan Rumus *Slovin* sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + (N \times e^2)}$$

Dimana:

n : Ukuran sampel

N : Populasi

e² : prosentase kesalahan pengambilan sampel yang masih diinginkan.

Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) yang menjadi sampel dalam penelitian sebagai berikut :

Diketahui : Jumlah PBPH (N) = 108 PBPH

$$e = 10 \%$$

$$n = \frac{108}{1 + (108 \times 0,1^2)}$$

$$n = 51,923 \text{ (dibulatkan)}$$

$$n = 52 \text{ PBPH}$$

Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) yang menjadi sampel dalam penelitian ini ditentukan secara *purposive* dengan melihat

penyebarannya dari setiap kabupaten yang ada di provinsi Kalimantan Tengah. Sebaran jumlah sampel dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 2. Sampel Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH)

No.	Nama PBPH	Kabupaten	Keterangan
1	PT. Agathis Alam Indonesia (d.h. Akhates Plywood)	Murung Raya	Belum MUK
2	PT. Mitra Perdana Palangka	Murung Raya	Belum MUK
3	PT. Samudera Rejeki Perkasa	Murung Raya	Belum MUK
4	PT. Barito Putera	Murung Raya, Barut	Belum MUK
5	PT. Nusantara Alam Raya Sejahtera	Murung Raya	RKU-MUK
6	PT. Rangau Abdinusa	Murung Raya, Kapuas	Belum MUK
7	PT. Pandujaya Gemilang Agung	Murung Raya, Kapuas	Belum MUK
8	PT. Pemantang Abaditama	Murung Raya, Kapuas	RKU-MUK
9	PT. Karya Delta Permai	Murung Raya	Belum MUK
10	PT. Kayu Ara Jaya Raya	Murung Raya	Belum MUK
11	PT. Indexim Utama	Barito Utara	Belum MUK
12	PT. Wana Inti Kahuripan Intiga	Barut, Murung Raya	Belum MUK
13	PT. Hasnur Jaya Utama	Barsel, Bartim	Belum MUK
14	PT. Sindo Lumber	Barut, Barsel	Belum MUK
15	PT. Sinergi Hutan Sejati	Barut, Barsel, Kapuas	Belum MUK
16	PT. Hutan Amanah Lestari	Barsel, Bartim	Belum MUK
17	PT. Trisetia Citagraha	Barsel, Barut	Belum MUK
18	PT. Gunung Meranti	Mura, Kapuas	Belum MUK
19	PT. Sikatan Wana Raya	Gunung Mas	Belum MUK
20	PT. Taiyoung Engreen	Gunung Mas	Belum MUK
21	PT. Bumimas Permata Abadi	Kapuas, Gumas	Belum MUK
22	PT. East Point Indonesia	Gunung Mas	RKU-MUK
23	PT. Carus Indonesia	Gunung Mas, Katingan	Belum MUK
24	PT. Dwima Jaya Utama	Katingan, Gumas	Belum MUK
25	PT. Hasil Kalimantan Jaya	Gunung Mas	Belum MUK
26	PT. Hutan Domas Raya	Gumas, Mura	Belum MUK
27	PT. Langgeng Bakti Persada	Palangka Raya	RKU-MUK
28	PT. Agro Borneo Lestari	Katingan, Gunung Mas	RKU-MUK
29	PT. Rinanda Inti Lestari	Katingan, Gumas	RKU-MUK
30	PT. Balangan Indah Lestari	Katingan	RKU-MUK
31	PT. Fitamaya Asmapara	Katingan, Gumas	Belum MUK
32	PT. Kayu Waja	Katingan	Belum MUK
33	PT. Industrial Forest Plantation	Kapuas	RKU-MUK
34	PT. Kalteng Green Resources	Kapuas	Belum MUK
35	PT. Babugus Wahana Lestari	Kapuas	RKU-MUK
36	PT. Woyla Raya Abadi	Kapuas	Belum MUK
37	PT. Dasa Intiga	Kapuas, Barut	Belum MUK
38	PT. Sanur Hasta Mitra Bersama	Katingan	Belum MUK
39	PT. Kusuma Perkasawana	Seruyan, Kotim	RKU-MUK
40	PT. Berkat Cahaya Timber	Kotim, Katingan, Seruyan	RKU-MUK
41	PT. Kayu Tribuana Rama	Kotawaringin Timur	Belum MUK
42	PT. Sarmiento Parakantja Timber	Seruyan, Kotim	Belum MUK
43	PT. Erythrina Nugrahamegah	Seruyan, Kobar,	Belum MUK

		Lamandau	
44	PT. Korintiga Hutani (d.h. Aspex Paper)	Kobar, Lamandau	RKU-MUK
45	PT. Intrado Jaya Intiga	Kobar, Seruyan	Belum MUK
46	PT. Central Kalimantan Abadi	Seruyan, Kobar	Belum MUK
47	PT. Hutanindo Lestari Raya Timber	Seruyan, Kobar	Belum MUK
48	PT. Trisetia Intiga	Lamandau	Belum MUK
49	PT. Amprah Mitra Jaya	Lamandau	Belum MUK
50	PT. Sari Bumi Kusuma	Seruyan, Katingan, Lamandau	Belum MUK
51	PT. Erna Djuliawati	Seruyan, Katingan	Belum MUK
52	PT. Rimba Makmur Utama (Unit I)	Katingan	RKU-MUK

Sumber : BPHL X Palangka Raya, 2024

Analisis Data

Analisis Linier Berganda

Persamaan regresi yang digunakan dalam analisis ini akan disusun sesuai dengan data yang telah dikumpulkan tersebut rumus Sugiyono (2016:251) sebagai berikut:

$$Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + b_3.X_3 + e$$

Sumber: Sugiyono, 2010: 62

Keterangan :

- Y = Implementasi Multiusaha Kehutanan
- A = Konstanta
- b₁,b₂,b₃ = Koefisien regresi variabel bebas
- X₁ = Variabel bebas faktor 1
- X₂ = Variabel bebas faktor 2
- X₃ = Variabel bebas faktor 3
- e = Variabel pengganggu

Analisis SWOT

-Matrik EFAS

Hasil identifikasi tersebut kemudian dirangkum dalam format Tabel EFAS (Ringkasan Analisis Faktor-faktor Strategis Eksternal) seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Analisis Faktor-faktor Strategis Eksternal (EFAS)

Faktor-Faktor Strategis Eksternal	Bobot	Penilaian	Skor Yang di Bobotkan	Keterangan
1	2	3	4	5
Peluang/Acaman				
Total	1.00			

Sumber: *Manajemen Strategis Hunger dan Wheelen, 2003*

-Matrik IFAS

Penyusunan Matrik IFAS dilakukan setelah mengamati lingkungan internal organisasi dan mengidentifikasi faktor-faktor strategi berupa kekuatan dan kelemahan bagi perusahaan. Faktor-faktor tersebut kemudian dianalisis ke dalam bentuk tabel 4 yang dikenal dengan *Internal Strategic Factors Analysis Summary* (IFAS).

Tabel 4. Ringkasan Analisis Faktor-faktor Strategis Internal (IFAS)

Faktor-Faktor Strategis Eksternal	Bobot	Penilaian	Skor Yang di Bobotkan	Keterangan
1	2	3	4	5
Kekuatan/Kelemahan				
Total	1.00			

Sumber: *Manajemen Strategis Hunger dan Wheelen, 2003*

Uji Kualitas Data

Uji kualitas data dilakukan untuk memastikan instrumen penelitian valid dan reliabel sehingga hasil penelitian dapat dipercaya. Data dikumpulkan melalui kuesioner, sehingga perlu diuji validitas dan reliabilitas untuk menjamin keakuratan dan konsistensinya.

Uji Validitas

Uji validitas bertujuan menilai apakah kuesioner benar-benar mengukur variabel yang dimaksud. Pengujian dilakukan menggunakan korelasi Pearson antara skor tiap item dengan total skor variabel menggunakan SPSS. Item dinyatakan valid jika nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$ dan

bernilai positif; sebaliknya, dinyatakan tidak valid bila $r_{hitung} < r_{tabel}$ (Ghozali, 2018).

Uji Reliabilitas

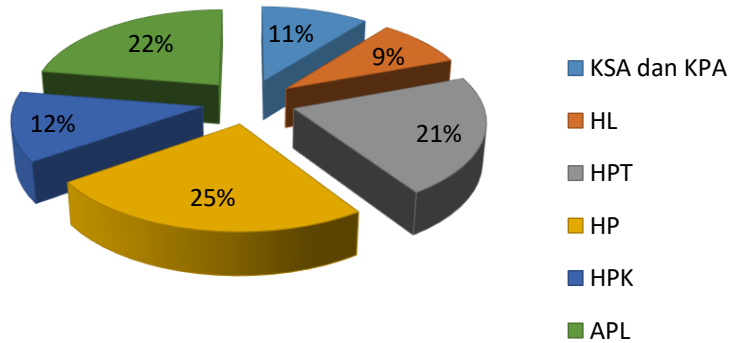
Uji reliabilitas digunakan untuk mengukur konsistensi jawaban responden terhadap instrumen. Pengujian dilakukan menggunakan koefisien Cronbach's Alpha melalui SPSS. Instrumen dikatakan reliabel jika nilai $\alpha > 0,60$ (Sunyoto, 2013). Kriteria penilaian reliabilitas menurut Sugiyono (2016) adalah:

- a) $\alpha < 0,6$ = reliabilitas rendah
- b) $0,6 \leq \alpha < 0,8$ = reliabilitas cukup
- c) $\alpha \geq 0,8$ = reliabilitas baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas kawasan hutan di Provinsi Kalimantan Tengah berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.529/Menhut-II/2012 tanggal 25 September 2012 adalah sebesar $\pm 15.300.000$ Ha. Berdasarkan beberapa kali pemutakhiran data dan terakhir melalui Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor SK. 6627 Tahun 2021, luas kawasan hutan provinsi Kalimantan Tengah adalah sebesar $\pm 11.931.843,61$ Ha. Kawasan hutan produksi menempati sekitar 75,06% atau sekitar $\pm 8.955.490,78$ Ha dari total luas kawasan hutan di Kalimantan Tengah. Kawasan hutan produksi ini terdiri dari Hutan Produksi Terbatas (HPT) seluas 3,28 Juta Ha, Huta Produksi (HP) seluas $\pm 3,78$ Juta Ha dan Hutan Produksi Konversi (HPK) seluas $\pm 1,90$ Juta Ha. Persentase dari masing-masing luas kawasan hutan dapat dilihat pada gambar 1 berikut :

Kawasan Hutan Kalimantan Tengah



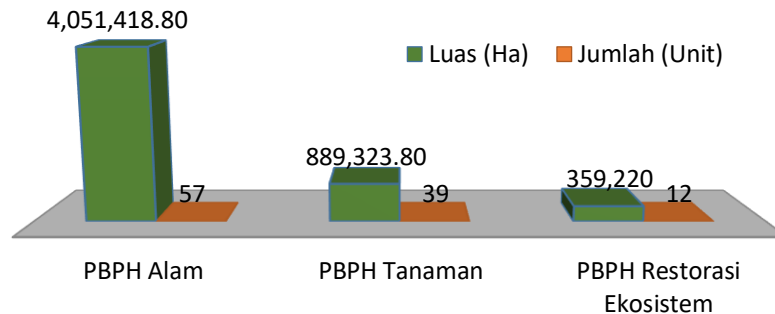
Sumber : Laporan Kinerja BPHL X, 2024

Gambar 4. Persentase Luas Kawasan Hutan Provinsi Kalimantan Tengah (Keputusan MenLHK Nomor : SK.6627 Tahun 2021)

Kawasan hutan produksi di Provinsi Kalimantan Tengah berdasarkan gambar 4 menduduki persentase paling besar yaitu 58 % yang terdiri dari kawasan hutan produksi tetap (HP) sebesar 25%, hutan produksi terbatas (HPT) sebesar 21 % dan hutan produksi yang dapat dikonversi (HPK) sebesar 12 %. Kawasan hutan produksi inilah yang oleh pemerintah diberikan izin pemanfaatannya kepada pihak swasta melalui mekanisme Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH).

Pemanfaatan kawasan hutan produksi saat ini seluas 5.299.962,60 Ha (58 %) telah dimanfaatkan dalam bentuk Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) yang terdiri dari 57 unit PBPH Alam seluas 4.051.418,80 Ha, 39 unit PBPH Tanaman seluas 889.323,80 Ha dan 12 unit PBPH Restorasi Ekosistem seluas 359.220 Ha. Perbandingan luas pemanfaatan kawasan hutan dan jumlah unit PBPH dapat dilihat pada gambar 2 berikut :

Pemanfaatan Kawasan Hutan oleh PBPH



Sumber: Laporan Kinerja BPHL X, 2024

Gambar 2. Luas PBPH di Kalimantan Tengah

Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) adalah izin yang diberikan kepada pelaku usaha untuk memanfaatkan kawasan hutan. Istilah ini mulai digunakan sejak diterbitkannya Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Kehutanan, menggantikan istilah sebelumnya, Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu (IUPHHK). Regulasi tersebut sekaligus membuka arah kebijakan baru melalui penerapan multiusaha kehutanan.

PBPH yang telah memiliki Rencana Kerja Usaha Pemanfaatan Hutan (RKUPH) dapat merevisinya menjadi berbasis multiusaha sesuai ketentuan Permen LHK No. 8 Tahun 2021. RKUPH merupakan rencana kerja sepuluh tahunan yang mencakup aspek kelestarian hutan, keberlanjutan usaha, keseimbangan lingkungan, serta pembangunan sosial ekonomi masyarakat. Daftar PBPH yang telah merevisi RKUPH berbasis multiusaha disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. PBPH Yang Memiliki RKUPH Multiusaha Kehutanan

No.	Nama PBPH	RKUPH-MUK		
		Nomor SK.	Masa Berlaku	Jenis Usaha
1	PT. Agro Borneo Lestari	1056	2018 s/d 2027	Pemulihan Lingkungan, Penyerapan dan atau Penyimpanan

				karbon,Sistem Silvikultur THPB
2	PT. Alam Sukses Lestari	3637/MenLHK-PHPL/JASLING/HPL.2/6/2017	2017 s/d 2026	Sarana Tempat Peristirahatan, Silvikultur THPA,Perlindungan Keanekaragaman Hayati,Wisata Berburu
3	PT. Babugus Wahana Lestari	7978 Tahun 2024	2021 s/d 2030	Rap-pan karbon, Silvopastura, Pengembangan Tanaman Pangan, Pengembangan Bahan Bakar Nabati (Bioenergy),Budidaya Lebah, Agrosilvopastura,Tanam Wana Tani (Agroforestry), Silvikultur THPB, pemulihan Lingkungan.
4	PT. Balangan Indah Lestari	SK.1126/Menlhk-PHPL/UHP.1/3/2020	2020 s/d 2029	Aren,Getah,Sistem Silvikultur THPB
5	PT. Berkat Cahaya Timber	No. 13497/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/12/2023	2021 s/d 2030	Sistem Silvikultur THPB, Pemulihan Lingkungan, Buah atau Biji, Penyerapan dan atau Penyimpanan karbon, Sistem Silvikultur TPTI
6	PT. Borneo Green Lestari	SK. 12891/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/12/2023	2018 s/d 2027	Rap-Pan karbon, Sistem Silvikultur TR, Buah atau Biji, Sistem Silvikultur THPB
7	PT. Borneo Subur Agro	SK. 7859/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/7/2023	2018 s/d 2027	Penyerapan dan atau Penyimpanan karbon, Sistem Silvikultur THPB
8	PT. East Point Indonesia	SK.4864/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/4/2023	2022 s/d 2031	Silvikultur TPTI, Budidaya Tanaman Pangan dalam rangka Ketahanan Pangan
RKUPH-MUK				
No.	Nama PBPH	Nomor SK.	Masa Berlaku	Jenis Usaha
9	PT. Grace Putri Perdana	10345/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/12/2023	2024 s/d 2033	Sistem Silvikultur THPB,Penyerapan dan atau Penyimpanan karbon,Aren,Buah atau Biji,Pemulihan Lingkungan
10	PT. Hijau Lestari Makmur	1068/MENLHK/S ETJEN/HPL-O/12/2019	2019 s/d 2028	Sistem Silvikultur THPB, Rotan, Sistem Silvikultur TPTJ
11	PT. Industrial Forest Plantation	8151 Tahun 2024	2017 s/d 2026	Pengembangan Tanaman Pangan, Rap-Pan karbon, Buah atau Biji, Getah, Sistem Silvikultur TR, Perlindungan Keanekaragaman Hayati, Pemulihan Lingkungan, Sistem Silvikultur THPB
12	PT. Korintiga Hutani (d.h. Aspex Paper)	11968 Tahun 2024	2021 s/d 2030	Pemulihan Lingkungan, Budidaya Tanaman Penghasil Biomassa, Rap-Pan karbon, Perlindungan Keanekaragaman Hayati, Agroforestry, Sistem Silvikultur THPB, Tanaman Pangan.

13	PT. Kusuma Perkasawana	SK.11657/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/11/2023	2018 s/d 2027	Budidaya Tanaman Atsiri, Agroforestry, Rap-Pan karbon, Sistem Silvikultur THPB, Pemulihan Lingkungan, Pemanfaatan Air, Budidaya Tanaman Pangan dalam rangka Ketahanan Pangan
14	PT. Langgeng Bakti Persada	SK.7858/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/7/2023	2018 s/d 2027	Sistem Silvikultur THPB, Penyerapan dan atau Penyimpanan karbon
15	PT. Meranti Sembada	6023/MenLHK-PHPL/UHP/HPL.1/6/2019	2019 s/d 2028	Sagu, Sistem Silvikultur THPB
16	PT. Trikorindo Wanakarya	SK 9988 Tanggal 7 Agustus tahun 2024	2022 s/d 2031	THPB,Rap-pan karbon, Sarana Tempat Peristirahatan, Getah, Pemulihan Lingkungan, Tanaman Pangan, Perlindungan Keanekaragaman Hayati
17	PT. Parwata Rimba	6949/MenLHK-PHPL/UHP/HPL.1/12/2017	2018 s/d 2027	Sistem Silvikultur THPB, Rotan, Getah, Sistem Silvikultur THPA
18	PT. Ramang Agro Lestari	SK.13046/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/12/2023	2019 s/d 2028	Sistem Silvikultur THPB, Buah atau Biji, Pemulihan Lingkungan, Rap-Pan karbon
19	PT. Rimba Makmur Utama (Unit I)	535/MenLHK-PHPL/JASLIN/HPL.2/2/2016	2017 s/d 2026	Pemulihan Lingkungan, Sagu, Perlindungan Hayati, Sarana Peristirahatan, Wisata Minat Khusus, Rap-Pan karbon
20	PT. Rimba Makmur Utama (Unit II)	SK. 4767/MenLHK-PHPL/JASLING / HPL.2/8/2020	2021 s/d 2030	Perlindungan Keanekaragaman Hayati, Wisata Minat Khusus, Penyediaan Sarana Tempat Peristirahatan, Buah atau Biji, Sagu, Rap-Pan karbon, Pemulihan Lingkungan
21	PT. Rimbun Seruyan	SK.12747/MenLHK-PHL/PUPH/HPL.1/11/2023	2018 s/d 2027	Sagu, Penyerapan dan Penyimpanan karbon, Sistem Silvikultur THPB
22	PT. Rinanda Inti Lestari	6361 TAHUN 2024	2022 s/d 2031	Sistem Silvikultur TPTI, Pemulihan Lingkungan, Rap-Pan Karbon.
23	PT. Samudera Rejeki Perkasa	SK. MenLHK No. 846	2024 s/d 2033	Kulit Kayu, Rap-Pan karbon, Pemulihan Lingkungan, Sistem Silvikultur TPTI, Daun, Buah atau Biji, Getah, Perlindungan Keanekaragaman Hayati

Tabel 5 menunjukkan terdapat 23 PBPH dari total 108 PBPH yang ada di Provinsi Kalimantan Tengah telah merevisi RKU nya berbasis multiusaha kehutanan. Jenis kegiatan yang paling banyak diusulkan pada revisi RKUPH-MUK oleh PBPH adalah penyerapan dan atau penyimpanan karbon

(Rap-Pan Karbon) mengingat potensi karbon hutan alam saat ini dirasa masih cukup tinggi.

Berdasarkan estimasi biomassa di Kalimantan Tengah, total cadangan karbon di berbagai jenis hutan setara dengan kandungan CO₂ atmosfer, yaitu 814 CO₂-e pada hutan lahan kering primer, 653 CO₂-e pada hutan lahan kering sekunder, 576 CO₂-e pada hutan rawa primer, 513 CO₂-e pada hutan rawa sekunder, 594 CO₂-e pada hutan bakau primer, dan 425 CO₂-e pada hutan bakau sekunder (Krisnawati et al., 2014). Penelitian di areal PBPH PT. Hutan Mulya seluas 14.583 ha (2011–2022) menunjukkan potensi stok karbon sebesar 772.537 ton C atau 2.835.210,57 ton CO₂e dengan nilai ekonomi sekitar Rp109,49 miliar (Fitriani, 2024).

Penerapan Multiusaha Kehutanan (MUK) pada PBPH berpotensi memperbaiki tata kelola hutan, terutama di kawasan hutan produksi. Berdasarkan SE Menteri LHK No. SE.6/Menlhk/Setjen/Kum.1/12/2022, RKUPH-MUK dapat disetujui tanpa revisi dokumen lingkungan jika kegiatan multiusaha tidak berdampak penting. MUK juga mendukung kebijakan Perpres No. 98 Tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon (NEK), yang mendorong pengelolaan hutan berkelanjutan melalui pemanfaatan jasa lingkungan seperti penyerapan karbon, serta sinergi dengan usaha hasil hutan bukan kayu, agroforestri, dan ekowisata untuk meningkatkan nilai ekonomi hutan.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Implementasi Multiusaha Kehutanan pada PBPH

Uji Validitas dan Uji Reliabilitas Kuesioner

Uji validitas dilakukan untuk memastikan kuesioner mampu mengukur variabel yang ingin diteliti, sehingga data yang diperoleh benar-benar mencerminkan konsep yang dikaji. Sementara itu, uji reliabilitas

menilai konsistensi dan kestabilan instrumen dalam menghasilkan data yang seragam pada kondisi yang sama. Pengujian validitas dan reliabilitas dilakukan terhadap 37 pernyataan yang diujicobakan kepada 30 responden acak, kemudian dianalisis menggunakan SPSS versi 25. Hasil pengujian disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Validitas dan Uji Reliabilitas

No.	Pernyataan	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Hasil Uji Validitas	Cronbach's Alpha	Hasil Uji Reliabilitas
1	K.1	.508**	.004	Valid	.778	Reliable / diterima
2	K.2	.616**	.000	Valid	.778	Reliable / diterima
3	K.3	.373*	.043	Valid	.778	Reliable / diterima
4	K.4	.626**	.000	Valid	.778	Reliable / diterima
5	K.5	.561**	.001	Valid	.778	Reliable / diterima
6	K.6	.516**	.004	Valid	.778	Reliable / diterima
7	K.7	.642**	.000	Valid	.778	Reliable / diterima
8	K.8	.509**	.004	Valid	.778	Reliable / diterima
9	K.9	.777**	.000	Valid	.778	Reliable / diterima
10	K.10	.720**	.000	Valid	.787	Reliable / diterima
11	L.1	.687**	.000	Valid	.807	Reliable / baik
12	L.2	.512**	.004	Valid	.807	Reliable / baik
13	L.3	.692**	.000	Valid	.807	Reliable / baik
14	L.4	.713**	.000	Valid	.807	Reliable / baik
15	L.5	.642**	.000	Valid	.807	Reliable / baik
16	L.6	.626**	.000	Valid	.807	Reliable / baik
17	L.7	.536**	.002	Valid	.807	Reliable / baik
18	L.8	.457*	.011	Valid	.807	Reliable / baik
19	L.9	.783**	.000	Valid	.807	Reliable / baik
20	P.1	.603**	.000	Valid	.758	Reliable / diterima
21	P.2	.774**	.000	Valid	.758	Reliable / diterima
22	P.3	.472**	.008	Valid	.758	Reliable / diterima
23	P.4	.711**	.000	Valid	.758	Reliable / diterima
24	P.5	.617**	.000	Valid	.758	Reliable / diterima
25	P.6	.404*	.027	Valid	.758	Reliable / diterima

26	P.7	.412*	.024	Valid	.758	Reliable / diterima
27	P.8	.512**	.004	Valid	.758	Reliable / diterima
28	P.9	.526**	.003	Valid	.758	Reliable / diterima
29	P.10	.566**	.001	Valid	.758	Reliable / diterima
30	P.11	.440*	.015	Valid	.758	Reliable / diterima
31	A.1	.576**	.001	Valid	.617	Reliable / diterima
32	A.2	.601**	.000	Valid	.617	Reliable / diterima
33	A.3	.464**	.010	Valid	.617	Reliable / diterima
34	A.4	.504**	.005	Valid	.617	Reliable / diterima
35	A.5	.635**	.000	Valid	.617	Reliable / diterima
36	A.6	.582**	.001	Valid	.617	Reliable / diterima
37	A.7	.612**	.000	Valid	.617	Reliable / diterima

Keterangan :

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Sumber : Data diolah, 2025

Hasil uji validitas pada tabel 11 menunjukkan bahwa nilai r positif dengan signifikansi lebih besar dari 0,05. Hal ini sesuai dengan kriteria jika r hitung > r tabel dan nilai positif maka butir pernyataan atau indikator tersebut dinyatakan valid. Adapun hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* > 0.6 yang berarti dapat diterima/reliable.

Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda digunakan untuk mengukur pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y), yaitu implementasi Multiusaha Kehutanan (MUK). Variabel bebas terdiri atas 11 faktor yang diduga memengaruhi keputusan PBPH dalam menerapkan MUK, yaitu: kondisi biofisik kawasan (X1), penataan kawasan (X2), sumber daya manusia (X3), finansial perusahaan (X4), infrastruktur (X5), kelayakan usaha (X6), pasar hasil hutan (X7), teknologi pengolahan dan sertifikasi produk (X8), regulasi (X9), partisipasi masyarakat (X10), dan konflik pengelolaan (X11). Data hasil kuesioner dianalisis menggunakan uji F untuk melihat

pengaruh simultan variabel X terhadap Y, sebagaimana disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji F terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi implementasi multiusaha kehutanan pada PBPH.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	24.528	11	2.230	8.825	.000 ^b
	Residual	10.106	40	.253		
	Total	34.634	51			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), X11, X1, X7, X3, X9, X10, X8, X2, X4, X5, X6

Sumber : Olah data, 2025

Hasil uji F pada tabel 7 menunjukkan nilai signifikansi yang lebih kecil atau kurang dari 0,05 yang artinya bahwa variabel X berpengaruh nyata terhadap variabel Y. Hal ini menunjukkan faktor X1 sampai dengan X11 memiliki pengaruh nyata secara simultan terhadap implementasi MUK pada PBPH. Selanjutnya untuk mengetahui faktor apa saja yang memberikan pengaruh nyata tersebut secara parsial maka perlu dilakukan uji T yang hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Hasil uji T terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi Implementasi MUK pada PBPH

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	19.436	1.328		14.633	.000		
	X1	.001	.050	.003	.028	.978	.716	1.397
	X2	.267	.055	.500	4.882	.000	.694	1.440
	X3	-.043	.072	-.067	-.596	.554	.586	1.708
	X4	.018	.077	.024	.228	.820	.669	1.494
	X5	-.072	.054	-.158	-1.331	.191	.518	1.931
	X6	.214	.046	.556	4.622	.000	.505	1.981

X7	.170	.034	.504	5.022	.000	.726	1.378
X8	-.178	.069	-.277	-2.562	.014	.626	1.598
X9	-.372	.082	-.421	-4.532	.000	.846	1.182
X10	-.077	.081	-.094	-.953	.346	.756	1.322
X11	-.021	.033	-.063	-.643	.524	.756	1.323

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.842 ^a	.708	.628	.50265

a. Predictors: (Constant), X11, X1, X7, X3, X9, X10, X8, X2, X4, X5, X6

b. Dependent Variable: Y0

Sumber : Olah data,2025

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 8, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,708. Nilai ini mengindikasikan bahwa model regresi yang digunakan mampu menjelaskan variasi data sebesar 70,8%, sementara sisanya, yaitu 29,2%, dijelaskan oleh variabel lain di luar model ini. Koefisien determinasi tersebut juga menggambarkan sejauh mana variabel independen dalam model dapat memberikan kontribusi dalam menjelaskan variasi pada variabel dependen.

Koefisien determinasi ditunjukkan melalui nilai R-square (R^2) yang terdapat dalam tabel model summary. Jika nilai R^2 rendah, hal ini menunjukkan bahwa variabel-variabel independen hanya memiliki kemampuan yang terbatas dalam menjelaskan variabel dependen. Sebaliknya, apabila nilai R^2 mendekati angka 1 dan menjauhi 0, maka hal ini menunjukkan bahwa variabel independen memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyampaikan seluruh informasi yang diperlukan untuk memprediksi variabel dependen (Ghozali, 2016).

Berdasarkan hasil Uji t, bentuk persamaan regresi adalah sebagai berikut :

$$\hat{Y} = 19.436 + 0.001X_1 + 0.267X_2 - 0.043X_3 + 0.018X_4 - 0.072X_5 + 0.214X_6 + 0.170X_7 - 0.178X_8 - 0.372X_9 - 0.077X_{10} - 0.021X_{11}$$

Dimana :

- Y = Implementasi MUK pada PBPH
- X1 = Kondisi Biofisik
- X2 = Penataan Kawasan
- X3 = Sumber Daya Manusia
- X4 = Financial
- X5 = Infrastruktur
- X6 = Kelayakan Usaha
- X7 = Pasar Hasil Hutan
- X8 = Teknologi Pengolahan dan Sertifikasi Produk
- X9 = Regulasi
- X10 = Partisipasi Masyarakat
- X11 = Konflik Pengelolaan

Pengaruh dari masing-masing faktor pada variabel X dapat dilihat dari nilai signifikansi pada tabel *coefficient* dimana jika nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 (> 0,05) maka faktor tersebut dinyatakan memiliki pengaruh nyata. Tabel 8 menunjukkan bahwa tidak semua faktor menunjukkan pengaruh nyata terhadap implementasi MUK. Hal ini dapat dilihat dari nilai signifikansi pada variabel X1 (Kondisi biofisik), X3 (Sumber daya manusia), X4 (Financial), X5 (Infrastruktur), X10 (Partisipasi Masyarakat) dan X11 (Konflik Pengelolaan) yang lebih besar dari 0,05. Faktor-faktor yang berpengaruh nyata terhadap implementasi MUK pada PBPH adalah penataan kawasan (X2), kelayakan usaha (X6), pasar hasil hutan (X7),

teknologi pengolahan dan sertifikasi produk (X8) dan regulasi (X9).

Untuk mengetahui sejauh mana variabel bebas memengaruhi variabel terikat (implementasi MUK), dilakukan analisis lanjutan dengan memasukkan seluruh variabel bebas ke dalam model regresi. Selanjutnya, variabel-variabel yang tidak signifikan dieliminasi dari model. Hasilnya adalah variabel kondisi biofisik kawasan (X1), Sumber daya manusia (X3), Finansial perusahaan (X4), Infrastruktur (X5), Partisipasi masyarakat (X10) dan Konflik pengelolaan (X11) dinyatakan sebagai variabel bebas yang tidak berpengaruh nyata secara parsial terhadap implementasi MUK. Sedangkan untuk variabel penataan kawasan (X2), kelayakan usaha (X6), pasar hasil hutan (X7), teknologi pengolahan dan sertifikasi produk (X8) dan regulasi (X9)) dinyatakan sebagai variabel bebas yang berpengaruh nyata terhadap implementasi MUK pada PBPH. Dengan demikian, hasil persamaan persamaan regresi terhadap faktor yang berpengaruh nyata terhadap implementasi MUK adalah sebagai berikut :

$$Y = 19.436 + 0,267 X2 + 0,214 X6 + 0,170 X7 - 0,178 X8 - 0,372 X9$$

Dimana :

Y = Implementasi MUK pada PBPH

X2 = Penataan Kawasan

X6 = Kelayakan Usaha

X7 = Pasar Hasil Hutan

X8 = Teknologi pengolahan dan sertifikasi produk

X9 = Regulasi.

Pengaruh dari masing-masing faktor terhadap implementasi MUK pada PBPH dijelaskan sebagai berikut :

Kondisi Biofisik

Perizinan konsesi hutan produksi di Kalimantan Tengah umumnya memiliki

luasan besar, menjadi modal penting bagi PBPH dalam mengembangkan usaha. Potensi hutan alam yang tinggi, baik hasil hutan kayu, bukan kayu, maupun jasa lingkungan, sebenarnya membuka peluang penerapan Multiusaha Kehutanan (MUK). Namun, hasil analisis regresi menunjukkan bahwa faktor kondisi biofisik tidak berpengaruh signifikan terhadap implementasi MUK. Hal ini disebabkan pola pengelolaan hutan yang selama ini masih berfokus pada pemanfaatan hasil hutan kayu. Data BPHL Wilayah XII Palangka Raya (2024) menunjukkan produksi kayu bulat PBPH hutan alam mencapai 1.470.133,19 m³, belum termasuk dari hutan tanaman. Profitabilitas usaha kayu yang lebih tinggi dibandingkan jasa lingkungan atau ekowisata membuat sebagian besar PBPH belum merevisi RKUPH menjadi berbasis multiusaha.

Penataan Kawasan

Faktor penataan kawasan berpengaruh signifikan terhadap implementasi Multiusaha Kehutanan (MUK) karena menentukan jenis usaha dan kepastian hukum pengelolaan hutan. Berdasarkan Permen LHK No. 8 Tahun 2021, perubahan kegiatan usaha melalui MUK dilakukan dengan revisi RKUPH, yang harus mengakomodasi penataan kawasan untuk seluruh jenis usaha. Penataan batas kawasan juga penting guna menjamin kepastian hukum, menghindari konflik, serta mendukung keamanan investasi dan sertifikasi keberlanjutan.

Di Kalimantan Tengah, banyak PBPH belum menyusun RKU berbasis MUK karena terkendala penataan kawasan, terutama terkait kesesuaian lahan dan iklim untuk pengembangan usaha berbasis lahan seperti pangan dan agroforestri. Sebagian besar PBPH masih dalam tahap identifikasi potensi lahan sebelum mengajukan revisi RKU-MUK.

Sumber Daya Manusia

Kapasitas SDM berperan penting dalam pengelolaan hutan, terutama tenaga teknis (GANISPH) sesuai Permen LHK No. 11/2022. Namun, hasil regresi menunjukkan faktor SDM tidak berpengaruh signifikan terhadap implementasi MUK. Meski PBPH di Kalimantan Tengah telah memiliki tenaga teknis kompeten, kebijakan MUK lebih menekankan inovasi, teknologi, dan partisipasi masyarakat dibanding jumlah atau kualitas tenaga teknis.

Finansial Perusahaan

Implementasi multiusaha kehutanan (MUK) seperti ekowisata, agroforestri, dan hasil hutan bukan kayu tidak berpengaruh signifikan terhadap finansial perusahaan. PBPH yang sudah lama beroperasi umumnya memiliki arus kas stabil dari usaha kayu. Namun, kondisi finansial yang baik tidak selalu mencerminkan kesiapan untuk menerapkan MUK, karena keputusan revisi RKU-MUK lebih dipengaruhi oleh kemauan pemilik modal, bukan kemampuan finansial. Pengaruh finansial baru terlihat pada investasi berskala besar seperti pengembangan teknologi pengolahan hasil hutan.

Infrastruktur

Infrastruktur mencakup fasilitas dasar seperti jalan, listrik, dan bangunan yang menunjang operasional. Sebagian besar PBPH di Kalimantan Tengah telah memiliki infrastruktur memadai untuk kegiatan perusahaan hutan. Namun, hasil analisis menunjukkan faktor infrastruktur tidak berpengaruh signifikan terhadap implementasi MUK, karena beberapa jenis usaha—seperti jasa lingkungan, hasil hutan bukan kayu, dan penangkaran satwa—dapat berjalan dengan infrastruktur yang sudah ada.

Kelayakan Usaha

Kelayakan usaha merupakan faktor kunci dalam keberhasilan implementasi multiusaha kehutanan (MUK) pada PBPH, karena menentukan apakah usaha dapat berjalan secara ekonomi, teknis, dan finansial. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelayakan usaha berpengaruh signifikan terhadap implementasi MUK—semakin layak dan menguntungkan suatu usaha, semakin besar motivasi PBPH untuk mengembangkannya. Contohnya, PT Kusuma Perkasa Wana di Kotawaringin Timur telah mengembangkan minyak atsiri selain kayu, dengan nilai NPV Rp500,52 miliar, BCR 3,56, dan IRR 17,47%, menunjukkan bahwa multiusaha kehutanan layak dijalankan.

Pasar Hasil Hutan

Pasar hasil hutan merupakan faktor penting dalam implementasi multiusaha kehutanan (MUK) pada PBPH. Hasil analisis menunjukkan faktor ini berpengaruh signifikan, terutama melalui harga, permintaan, dan akses pasar. Fluktuasi harga kayu dan hasil hutan bukan kayu (HHBK) memengaruhi minat PBPH dalam diversifikasi; harga kompetitif mendorong investasi pada produk non-kayu seperti rotan, madu, atau getah.

Permintaan pasar terhadap produk legal dan berkelanjutan (FSC/SVLK) serta tren ekspor HHBK Indonesia yang meningkat 6,63% per tahun (2019–2023) membuka peluang besar bagi PBPH. Namun, keterbatasan akses pasar masih menjadi kendala utama di Kalimantan Tengah. Ketersediaan pasar yang stabil dan menguntungkan akan sangat menentukan keberlanjutan implementasi MUK.

Teknologi Pengolahan dan Sertifikasi Produk Hasil Hutan

Teknologi pengolahan dan sertifikasi produk berperan penting dalam

keputusan PBPH menerapkan multiusaha kehutanan (MUK). Hasil analisis menunjukkan faktor ini berpengaruh signifikan, karena teknologi modern meningkatkan nilai jual dan profit, terutama untuk produk non-kayu seperti getah dan minyak atsiri. Sertifikasi seperti SVLK, FSC, PEFC, dan VCS juga memperluas akses pasar, khususnya ekspor. Penerapan teknologi dan sertifikasi mendorong peningkatan nilai tambah, daya saing, serta keberlanjutan ekonomi dan ekologis dalam pengelolaan hutan.

Regulasi

Regulasi berperan penting dalam mendorong maupun membatasi implementasi multiusaha kehutanan (MUK) pada PBPH. Hasil analisis menunjukkan faktor ini berpengaruh signifikan, karena kebijakan menentukan arah, insentif, dan kewajiban pengelolaan hutan.

UU No. 23 Tahun 2021 memberi ruang bagi PBPH untuk mengembangkan pemanfaatan kawasan, hasil hutan bukan kayu, dan jasa lingkungan, serta mendorong kemitraan agroforestry. Selain itu, SE Menteri LHK No. SE.6/2022 mempermudah revisi RKU-MUK tanpa penyesuaian dokumen lingkungan bagi usaha berdampak rendah.

Namun, regulasi seperti larangan ekspor kayu bulat dan rotan (Permendag No. 18/2021) serta tuntutan sertifikasi internasional juga dapat menjadi kendala karena memerlukan investasi besar. Dukungan regulasi daerah tetap diperlukan untuk menciptakan iklim usaha hutan yang sehat dan berkelanjutan.

Partisipasi Masyarakat

Partisipasi masyarakat merupakan elemen penting dalam pengelolaan hutan berkelanjutan, namun hasil analisis menunjukkan faktor ini tidak berpengaruh signifikan terhadap implementasi multiusaha kehutanan (MUK) pada PBPH. Model bisnis PBPH umumnya berorientasi

pada skala ekonomi, sehingga keterlibatan masyarakat belum menjadi faktor utama dalam pengambilan keputusan usaha.

Di lapangan, masyarakat sekitar lebih banyak berperan sebagai tenaga kerja lokal atau penerima manfaat pasif melalui program CSR, bukan sebagai mitra pengelola hutan. Kemitraan yang ada masih terbatas pada komoditas kecil seperti madu atau eukaliptus. Selain itu, aktivitas ekonomi masyarakat yang masih bergantung pada tambang rakyat dan ladang berpindah membuat kolaborasi sulit dioptimalkan.

Partisipasi masyarakat akan lebih efektif jika dibangun atas dasar kepercayaan, komunikasi, dan kerja sama yang adil untuk meningkatkan manfaat ekonomi-sosial serta keberlanjutan hutan.

Konflik Pengelolaan

Konflik pengelolaan hutan tidak berpengaruh signifikan terhadap implementasi multiusaha kehutanan (MUK) pada PBPH. Konflik yang terjadi umumnya bersifat lokal dan tidak menyeluruh, karena PBPH beroperasi di kawasan hutan produksi dengan status hukum yang jelas.

Permasalahan utama biasanya terkait konflik tenurial, yakni perebutan hak atas lahan dan pemanfaatan sumber daya hutan. Namun, sebagian besar konflik diselesaikan melalui mekanisme CSR, kompensasi, negosiasi, atau jalur hukum, sehingga tidak mengganggu operasional perusahaan.

Strategi Implementasi Multiusaha Kehutanan pada PBPH

Analisis SWOT

Hasil pembobotan dan rating dari untuk faktor internal dalam matrik IFAS dapat dilihat pada tabel 9 berikut :

Tabel 9. Matrik IFAS (*Internal Strategic Factors Analysis Summary*)

No	Faktor Internal	Bobot	Rating	B x R
----	-----------------	-------	--------	-------

I.	Strength (Kekuatan)			
1	Perusahaan memiliki potensi untuk pengembangan / pemanfaatan hasil hutan bukan kayu (getah, rotan, minyak atsiri, madu dll)	0,06	7,50	0,44
2	Perusahaan memiliki potensi untuk pengembangan / pemanfaatan jasa lingkungan (potensi air, wisata alam, wisata edukasi dll)	0,06	7,03	0,39
3	Perusahaan memiliki potensi pengembangan / pemanfaatan kawasan (penangkaran, kawasan rehabilitasi satwa dll.	0,05	6,80	0,36
4	Perusahaan memiliki tenaga kerja dengan kualifikasi pendidikan tinggi yang cukup memadai.	0,06	7,20	0,41
5	Perusahaan memiliki tenaga kerja bidang teknis kehutanan (GANISPH) untuk mendukung implementasi multiusaha kehutanan.	0,06	7,40	0,43
No	Faktor Internal	Bobot	Rating	B x R
6	Kondisi financial perusahaan cukup baik dan sehat untuk mendukung pengembangan usaha.	0,05	6,50	0,33
7	Perusahaan memiliki sarana dan prasarana memadai untuk kegiatan pemanfaatan hutan	0,06	7,53	0,45
8	Perusahaan memiliki infrastruktur (jalan, sarana komunikasi dll) yang mendukung untuk kegiatan pemanfaatan hutan.	0,06	7,60	0,46
9	Perusahaan memiliki keinginan untuk menghasilkan ragam produk lain.	0,05	6,73	0,36
10	Perusahaan berkomitmen mengembangkan bisnis usaha lain guna meningkatkan keuntungan financial.	0,06	7,10	0,40
				4,03
II.	Weaknesses (Kelemahan)			
1	Kawasan hutan yang dikelola belum selesai di lakukan penataan batas.	0,04	5,67	0,25
2	Pembagian blok pada Rencana Kerja Usaha (RKU) belum mengakomodir areal untuk Multiusaha Kehutanan	0,05	6,53	0,34
3	Kawasan hutan yang dikelola masih tumpang tindih dengan perizinan lainnya.	0,04	4,63	0,17
4	Kawasan hutan yang dikelola masih terdapat konflik tenurial dengan masyarakat local	0,04	5,43	0,23
5	Perusahaan belum menyusun rencana bisnis untuk pengembangan multiusaha kehutanan	0,05	6,60	0,34
6	Keterbatasan modal untuk pengembangan multiusaha kehutanan baik dalam riset maupun operasional kegiatan.	0,05	6,80	0,36
7	Tidak tersedianya tenaga ahli untuk pengembangan riset dan pengembangan produk yang dihasilkan.	0,05	6,93	0,38
8	Lokasi areal izin pengelolaan cukup jauh dari ibu kota	0,05	6,50	0,33

	Provinsi			
9	Lokasi areal izin sulit di akses dengan transportasi umum dan memerlukan biaya angkutan yang cukup tinggi.	0,05	6,20	0,30
				2,72
		1,00		6,75

Sumber : Data diolah, 2025

Tabel 9 menunjukkan jumlah pembobotan dan rating dari faktor kekuatan dan kelemahan adalah sebesar 6,75. Hasil penjumlahan terhadap skor Bobot x Rating pada faktor internal (kekuatan dan kelemahan) ini akan digunakan untuk menunjukkan koordiant X pada kuadran SWOT. Tahapan selanjutnya setelah menyusun matrik IFAS adalah menyusun matrik EFAS sebagai berikut :

Tabel 10. Matrik EFAS (*External Strategic Faktors Analysis Summary*)

No	Faktor Eksternal	Bobot	Rating	B x R
III.	Oppurtunities (Peluang)			
1	Produk hasil hutan masih cukup banyak peminat.	0,05	6,87	0,37
2	Harga produk hasil hutan cukup bersaing dipasaran	0,05	6,70	0,35
3	Beberapa komoditi hasil hutan dan produk turunannya memiliki nilai jual yang cukup tinggi	0,05	6,20	0,30
4	Inovasi mesin dan peralatan yang mampu mendukung produksi hasil hutan dengan rendemen cukup tinggi telah banyak tersedia.	0,05	6,50	0,33
5	Teknologi pengolahan hasil dan produk turunannya mampu meningkatkan nilai produk yang dihasilkan	0,06	7,20	0,40
6	Layanan platform e-commerce dalam pemasaran produk cukup mudah dengan jangkauan luas.	0,05	6,77	0,36
7	Multiusaha kehutanan khususnya melalui pola kemitraan memberi ruang bagi masyarakat untuk ikut mengelola kawasan hutan.	0,06	7,43	0,43
8	Dampak sosial ekonomi melalui multiusaha kehutanan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya masyarakat yang berada di sekitar kawasan hutan.	0,06	7,60	0,45
9	Skema bisnis multiusaha kehutanan memiliki nilai kelayakan usaha yang cukup tinggi	0,06	7,07	0,39
10	Optimalisasi pengelolaan hutan khususnya pada areal PBPH yang luasannya cukup besar mampu meningkatkan nilai manfaat hutan.	0,06	7,43	0,43
				4,05
IV.	Threats (Ancaman)			

1	Harga kayu dan produk hasil hutan bisa sangat fluktuatif tergantung pada kondisi pasar global sehingga meningkatkan risiko bisnis.	0,06	7,40	0,43
2	Adanya permintaan konsumen terhadap sertifikasi produk hasil hutan baik kayu maupun non kayu.	0,06	7,43	0,43
3	Kebijakan yang sering berubah atau tumpang tindih antar kementerian dan pemerintah daerah dapat mempersulit implementasi multiusaha kehutanan.	0,06	7,17	0,40
4	Beberapa jenis usaha kehutanan seperti pemanfaatan hasil hutan kayu dapat merusak lingkungan, menyebabkan erosi tanah, dan mengganggu habitat satwa liar.	0,05	6,20	0,30
No	Faktor Eksternal	Bobot	Rating	B x R
5	Praktik-praktik illegal logging atau perambahan hutan tanpa izin masih banyak terjadi dan bisa merusak ekosistem hutan serta mengganggu rencana pengembangan multiusaha kehutanan.	0,06	7,40	0,43
6	Perkembangan sektor lain seperti perkebunan sawit, pertambangan, dan pertanian dapat menjadi kompetitor untuk lahan, sehingga menyebabkan deforestasi dan mengurangi area hutan yang tersedia.	0,06	7,60	0,45
7	Konflik tenurial dengan masyarakat disekitar kawasan hutan dapat menghambat implementai multiusaha kehutanan.	0,06	7,57	0,45
				3,07
		1,00		7,12

Sumber : Data diolah, 2025

Tabel 10 menunjukkan jumlah pembobotan dan rating dari faktor peluang dan ancaman adalah sebesar 7,12. Hasil penjumlahan terhadap skor Bobot x Rating pada faktor eksternal (peluang dan ancaman) akan digunakan untuk menunjukkan koordiant Y pada kuadran SWOT.

Matriks SWOT

Hasil dari penggabungan ini akan menghasilkan empat jenis strategi, yaitu strategi SO (Kekuatan-Peluang), strategi WO (Kelemahan-Peluang), strategi ST (Kekuatan-Ancaman), dan strategi WT (Kelemahan-Ancaman).

Tabel 11. Matriks SWOT

		Kekuatan (S)	Kelemahan (W)
		1	Perusahaan memiliki potensi untuk pengembangan / pemanfaatan hasil hutan bukan kayu (getah, rotan, minyak atsiri, madu dll)
Ancaman	2	Perusahaan memiliki potensi untuk pengembangan / pemanfaatan jasa lingkungan (potensi air, wisata alam, wisata edukasi dll)	2 Pembagian blok pada Rencana Kerja Usaha (RKU) belum mengakomodir areal untuk Multiusaha Kehutanan
	3	Perusahaan memiliki potensi pengembangan / pemanfaatan kawasan (penangkaran, kawasan rehabilitasi satwa dll.	3 Kawasan hutan yang dikelola masih tumpang tindih dengan perizinan lainnya.
	4	Perusahaan memiliki tenaga kerja dengan kualifikasi pendidikan tinggi yang cukup memadai.	4 Kawasan hutan yang dikelola masih terdapat konflik tenurial dengan masyarakat lokal
	5	Perusahaan memiliki tenaga kerja bidang	5 Perusahaan belum menyusun rencana
Peluang			

	teknis kehutanan (GANISPH) untuk mendukung implementasi multiusaha kehutanan.	bisnis untuk pengembangan multiusaha kehutanan
6	Kondisi financial perusahaan cukup baik dan sehat untuk mendukung pengembangan usaha.	6 Keterbatasan modal untuk pengembangan multiusaha kehutanan baik dalam riset maupun operasional kegiatan.
7	Perusahaan memiliki sarana dan prasarana memadai untuk kegiatan pemanfaatan hutan	7 Tidak tersedianya tenaga ahli untuk pengembangan riset dan pengembangan produk yang dihasilkan.
8	Perusahaan memiliki infrastruktur (jalan, sarana komunikasi dll) yang mendukung untuk kegiatan pemanfaatan hutan.	8 Lokasi areal izin pengelolaan cukup jauh dari ibu kota Provinsi
9	Perusahaan memiliki keinginan untuk menghasilkan ragam produk lain.	9 Lokasi areal izin sulit di akses dengan transportasi umum dan memerlukan biaya angkutan yang cukup tinggi.

		1 0	Perusahaan berkomitmen mengembangkan bisnis usaha lain guna meningkatkan keuntungan financial.		
Peluang (O)			Strategi S – O	Strategi W - O	
1	Produk hasil hutan masih cukup banyak peminat.	1	Mengoptimalkan potensi sumber daya alam (hasil hutan bukan kayu, jasa lingkungan, dan pengembangan kawasan) untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi.	1	Menyusun rencana bisnis multiusaha kehutanan yang terstruktur untuk memanfaatkan peluang pasar dan teknologi.
2	Harga produk hasil hutan cukup bersaing dipasaran				
3	Beberapa komoditi hasil hutan dan produk turunannya memiliki nilai jual yang cukup tinggi	2	Memanfaatkan SDM berkualitas dan fasilitas memadai untuk mengadopsi teknologi pengolahan dan pemasaran digital guna meningkatkan nilai produk.	2	Meningkatkan aksesibilitas pemasaran melalui <i>e-commerce</i> untuk mengatasi keterbatasan lokasi yang terpencil.
4	Inovasi mesin dan peralatan yang mampu mendukung produksi	3	Memanfaatkan kondisi keuangan yang sehat untuk	3	Membangun kolaborasi riset dengan universitas atau

	hasil hutan dengan rendemen cukup tinggi telah banyak tersedia.		membangun kemitraan dengan masyarakat dalam pengelolaan hutan berkelanjutan.		lembaga lain untuk mengatasi keterbatasan tenaga ahli.
5	Teknologi pengolahan hasil dan produk turunannya mampu meningkatkan nilai produk yang dihasilkan	4	Mengembangkan produk HHBK bernilai ekonomi tinggi (seperti minyak atsiri, madu, dll.) untuk meningkatkan nilai manfaat hutan.	4	Memanfaatkan skema kemitraan untuk mengatasi konflik tenurial dan meningkatkan partisipasi masyarakat
6	Layanan platform e-commerce dalam pemasaran produk cukup mudah dengan jangkauan luas.				
7	Multiusaha kehutanan khususnya melalui pola kemitraan memberi ruang bagi masyarakat untuk ikut mengelola kawasan hutan.				
8	Dampak sosial ekonomi melalui multiusaha kehutanan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya masyarakat yang berada di sekitar				

910	<p>kawasan hutan.</p> <p>Skema bisnis multiusaha kehutanan memiliki nilai kelayakan usaha yang cukup tinggi</p> <p>Optimalisasi pengelolaan hutan khususnya pada areal PBPH yang luasannya cukup besar mampu meningkatkan nilai manfaat hutan.</p>			
Ancaman (T)			Strategi S – T	Strategi W - T
12	<p>Harga kayu dan produk hasil hutan bisa sangat fluktuatif tergantung pada kondisi pasar global sehingga meningkatkan risiko bisnis.</p> <p>Adanya permintaan konsumen terhadap sertifikasi produk hasil hutan baik kayu maupun non kayu.</p>	12	<p>Memanfaatkan fasilitas dan infrastruktur yang memadai untuk meningkatkan pengawasan hutan, mengurangi illegal logging, dan degradasi lingkungan.</p> <p>Memanfaatkan SDM teknis kehutanan (GANISPH) untuk memastikan pengelolaan hutan berkelanjutan dan memenuhi sertifikasi produk.</p>	<p>Mempercepat penataan batas kawasan dan penyelesaian konflik tenurial untuk menghindari tumpang tindih perizinan.</p> <p>Mencari investor atau pendanaan alternatif untuk mengatasi keterbatasan modal dalam menghadapi risiko bisnis.</p>

3	Kebijakan yang sering berubah atau tumpang tindih antar kementerian dan pemerintah daerah dapat mempersulit implementasi multiusaha kehutanan.	3	Mengoptimalkan keuangan perusahaan untuk diversifikasi usaha guna mengurangi risiko fluktuasi harga produk hutan.	3	Meningkatkan pelatihan SDM atau merekrut tenaga ahli untuk mengantisipasi perubahan kebijakan dan sertifikasi produk.
4	Beberapa jenis usaha kehutanan seperti pemanfaatan hasil hutan kayu dapat merusak lingkungan, menyebabkan erosi tanah, dan mengganggu habitat satwa liar.	4	Memperkuat keunggulan produk non-kayu untuk mengurangi ketergantungan pada kayu yang rentan perubahan kebijakan.	4	Mengembangkan strategi mitigasi konflik dengan masyarakat dan sektor lain (pertambangan, sawit) untuk mencegah deforestasi
5	Praktik-praktik illegal logging atau perambahan hutan tanpa izin masih banyak terjadi dan bisa merusak ekosistem hutan serta mengganggu rencana pengembangan MUK.				
6	Perkembangan sektor lain seperti perkebunan sawit, pertambangan, dan pertanian dapat				

7	<p>menjadi kompetitor untuk lahan, sehingga menyebabkan deforestasi dan mengurangi area hutan yang tersedia.</p> <p>Konflik tenurial dengan masyarakat disekitar kawasan hutan dapat menghambat implementai multiusaha kehutanan.</p>				
---	---	--	--	--	--

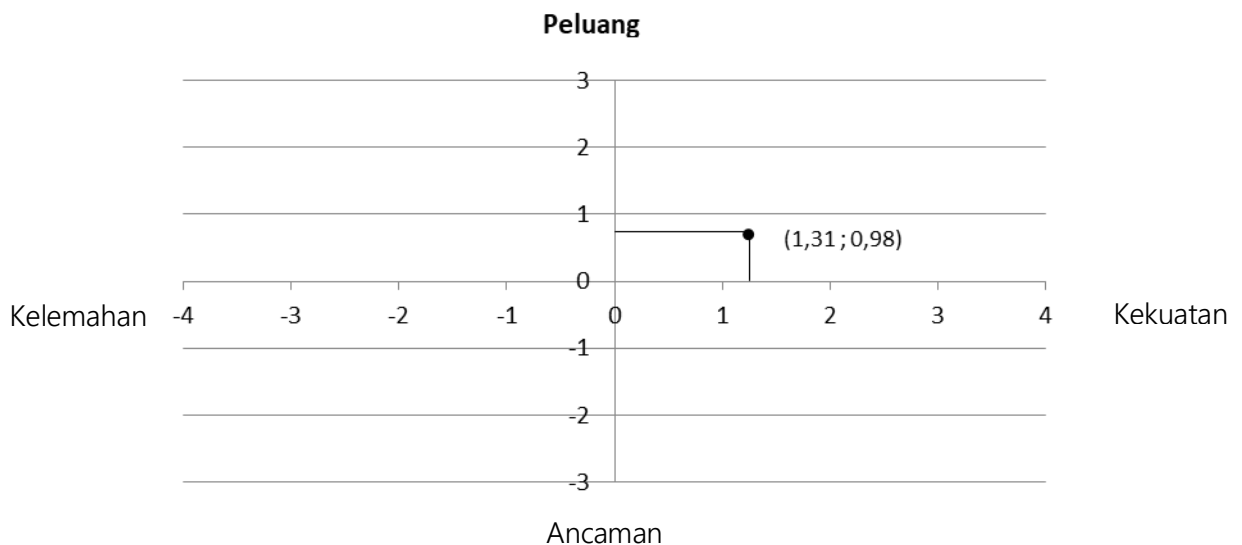
Sumber : Data diolah, 2025

Hasil analisis matriks SWOT (Tabel 11) menghasilkan empat strategi utama untuk mendukung implementasi multiusaha kehutanan (MUK) pada PBPH:

1. Strategi SO: Memanfaatkan kekuatan internal untuk menangkap peluang, seperti optimalisasi potensi hasil hutan bukan kayu, penerapan teknologi digital, kemitraan dengan masyarakat, dan pengembangan produk bernilai ekonomi tinggi.
2. Strategi WO: Mengatasi kelemahan dengan memanfaatkan peluang, melalui penyusunan rencana bisnis MUK, peningkatan akses pemasaran digital, kolaborasi riset, dan kemitraan dalam penyelesaian konflik tenurial.
3. Strategi ST: Menggunakan kekuatan untuk menghadapi ancaman, dengan meningkatkan pengawasan hutan, memastikan pengelolaan berkelanjutan, melakukan diversifikasi usaha, dan memperkuat produk non-kayu.

4. Strategi WT: Meminimalkan kelemahan agar terhindar dari ancaman, seperti percepatan penataan batas kawasan, mencari sumber pendanaan alternatif, peningkatan kapasitas SDM, dan mitigasi konflik antar sektor.

Berdasarkan hasil analisis Matriks IFAS (6,75) dan EFAS (7,12), diperoleh nilai kekuatan (4,03), kelemahan (2,72), peluang (4,05), dan ancaman (3,07). Nilai koordinat SWOT adalah $X = 1,31$ dan $Y = 0,98$, yang keduanya bernilai positif. Posisi ini menempatkan PBPH pada Kuadran I, menunjukkan kondisi organisasi yang kuat dan berpeluang besar, sehingga strategi yang direkomendasikan adalah agresif, yaitu memperluas usaha dan meningkatkan pertumbuhan secara optimal.



Sumber : Data diolah, 2025

Gambar 3. Diagram SWOT

Strategi Pengembangan

Berdasarkan hasil diagram SWOT (Gambar 3), posisi koordinat X dan Y berada pada Kuadran I, yang menunjukkan kondisi kuat dan berpeluang. PBPH disarankan menerapkan strategi SO (Strength–Opportunity), yaitu strategi pertumbuhan agresif dengan memanfaatkan kekuatan internal

untuk menangkap peluang eksternal. Dalam konteks multiusaha kehutanan (MUK), strategi ini bertujuan mengoptimalkan potensi sumber daya hutan melalui peluang pasar, kebijakan, dan teknologi. Strategi SO meliputi:

1. Optimalisasi potensi sumber daya alam – Pengembangan hasil hutan bukan kayu (HHBK), jasa lingkungan, dan kawasan hutan melalui pemetaan potensi, penguatan koperasi/KTH, pengolahan pascapanen, kemitraan masyarakat, sertifikasi mutu, ekowisata, perdagangan karbon, pembangunan infrastruktur MUK, serta kolaborasi multipihak.
2. Pemanfaatan SDM dan fasilitas untuk digitalisasi usaha – Mengembangkan kapasitas tenaga teknis (GANIS) dan keterampilan digital dalam pengolahan serta pemasaran produk melalui pelatihan, sertifikasi, penelitian terapan, dan promosi digital berbasis media sosial.
3. Pemanfaatan keuangan sehat untuk kemitraan masyarakat – Mengembangkan program padat karya, pelatihan usaha HHBK, bantuan alat produksi, pendampingan teknis, dan pemanfaatan dana CSR secara terarah melalui forum kemitraan bersama masyarakat.
4. Pengembangan produk HHBK bernilai ekonomi tinggi – Fokus pada komoditas unggulan seperti minyak atsiri, madu, rotan, bambu, dan bioenergi melalui identifikasi potensi, penelitian spesies lokal, budidaya berkelanjutan, sertifikasi mutu (SNI, Halal, BPOM), serta koordinasi lintas instansi untuk dukungan regulasi dan akses pasar.

Dengan penerapan strategi ini, PBPH dapat memperkuat posisi bisnis, meningkatkan nilai ekonomi hutan, dan mendorong pengelolaan hutan

berkelanjutan berbasis masyarakat.

KESIMPULAN

Implementasi multiusaha kehutanan pada PBPH di Provinsi Kalimantan Tengah dipengaruhi oleh faktor penataan kawasan, kelayakan usaha, pasar hasil hutan, teknologi pengolahan dan sertifikasi produk, serta regulasi. Strategi terbaik yang diperoleh dari analisis SWOT adalah strategi SO (Strengths–Opportunities) dengan memanfaatkan kekuatan internal dan peluang eksternal untuk mengoptimalkan potensi sumber daya alam seperti hasil hutan bukan kayu, jasa lingkungan, dan pengembangan kawasan guna meningkatkan nilai ekonomi dan keberlanjutan hutan. Disarankan agar pemerintah memperkuat regulasi, memberikan insentif, dan mendorong PBPH menerapkan multiusaha kehutanan secara optimal sesuai karakteristik wilayah kelola masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad. (2020). Manajemen Strategis. Makassar: CV. Nas Media Pustaka
- Amirullah dan Budiyono, Haris. 2024. Pengantar Manajemen. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Apkindo.2024. *Peluang Ekspor Produk Olahan Hasil Hutan*, Tersedia di : <https://apkindo.org/storage/app/uploads/public/671/899/a18/671899a184d39842043383.pdf>. (dilihat : 2 Mei 2025).
- Aprilia, I.; Nurjanah, S.; Thoriq, A. Prawiranegara. B, M, P. 2021. *Analisis Kelayakan Finansial Penyulingan Minyak Akar Wangi (Java Vetiver Oil) Menggunakan Alat Penyuling Sistem Kukus Dan Uap*. Jurnal Pertanian Berkelanjutan, 9(1):56-64. Tersedia di: <https://www.academia.edu/121700750>. (dilihat: 10 Desember 2024)
- Arifin, Anwar. 2011. Dakwah Kontemporer Sebuah Studi Komunikasi

Yogyakarta: Graha Ilmu

Atmis E, Özden S dan Lise W. 2007. *Public participation in forestry in Turkey*.

Tersedia: https://econpapers.repec.org/article/eeeecolec/v_3a62_3ay_3a2007_3ai_3a2_3ap_3a352-359.htm 62(2):352–359 (dilihat : 5 Mei 2025)

BPHL Wilayah X Palangka Raya. 2024. Laporan Kinerja Balai Pengelolaan Hutan Produksi Lestari Wilayah X. Palangka Raya

Dasuki, Elya, Rima. 2021. *Manajemen Strategi : Kajian Teori Resource Based View*. Jurnal Ilmiah Manajemen Vol XII No 3, November 2021.

Tersedia di: https://www.researchgate.net/publication/355849651_M_anajemen_Strategi_Kajian_Teori_Resource_Based_View (dilihat : 12 April 2025)

David, Fred, R. 2001. *Manajemen Strategi Konsep*. Jakarta : Selemba Empat
Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Tengah. 2024. Paparan Perkembangan Kondisi Kehutanan di Provinsi Kalimantan Tengah. Disampaikan pada Kegiatan Forum Bisni Multiusaha Kehutanan. Palangka Raya

Direktorat IPSDH, Dirjen PKTL, KLHK. 2021. *Deforestasi Indonesia Tahun 2019-2020*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Ditjen PPI. 2022. *-focus-group-discussion identifikasi-penyebabdeforestasi -dan-degradasi-hutan-sertaaktivitas-yang-menyebabkan pengurangan ganemisi-peningkatan-serapan-dan-stabilisasi stokkarbon-hutan-d."Indonesian deforestation and plantation expansion slow."* Tersedia di: <http://ditjenppi.menlhk.go.id/cpi/index.php/aksi/redd/implementasi/327Nusantara Atlas> (dilihat : 12 April 2025)

Fahmi, Irham. 2014. *Manajemen Strategis Teori dan Aplikasi*. Bandung : Penerbit Alfabeta.

Fitriani, Afni ; Hardiansyah, G. dan Yani, A. 2024. *"Nilai Ekonomi Stok Karbon di PT Hutan Mulya Kalimantan Tengah"*. Media Konservasi

- Scientific Journal in Conservation Of Natural Resources. 30 (1) 13-22. Tersedia di: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/konservasi/article/view/53273> (dilihat: 02 April 2025)
- Ghozali, I. 2016. Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program IBM SPSS 23. Edisi 8. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Hasan, Ali. 2010. Marketing Bank Syariah. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Indriarti, Resti. Rachmawati Nova, Chaidir. 2021. *Penerapan Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM)*. Tersedia di: <https://www.researchgate.net/publication/361424249> (dilihat: 14 April 2025)
- Justianto, Agus. 2024. *Investasi Hijau Multi Usaha Kehutanan Makin Diminati Investor, 111 Unit PBPH Telah Terdaftar*. Tersedia di : <https://forestinsights.id/investasi-hijau-multi-usaha-kehutanan-makin-diminati-investor-111-unit-pbph-telah-terdaftar> (dilihat : 15 Maret 2025)
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2022. Laporan Tahunan Deforestasi di Indonesia 2021. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023. Manual Pelaksanaan Multiusaha Kehutanan, SERI-B MANUAL SERIAL foLU Nomor: B-07/PHL/05/2023. Jakarta
- Kuncoro, Mudraja. 2005. Strategi Bagaimana Meraih Keunggulan Kompetitif. Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama.
- Krisnawati, Haruni. Imanuddin, Rinaldi. Adinugroho, C Wahyu. 2014. Pendugaan Biomassa Hutan untuk Perhitungan Emisi CO2 di Kalimantan Tengah: Pendekatan komprehensif dalam penentuan faktor emisi karbon hutan. Publisher: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan – Kementerian Kehutanan.
- Larson, Anne M 2013. *Hak Tenurial dan Akses ke Hutan Manual Pelatihan*

- untuk Penelitian. CIFOR. Bogor. Tersedia di : http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BLarson1302.pdf (dilihat : 6 Maret 2025)
- MediaIndonesia.Com. 2021. Multiusaha Kehutanan sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim. Tersedia di : <https://mediaindonesia.com/humaniora/401922/multiusaha-kehutanan-sebagai-upaya-mitigasi-perubahan-iklim> (dilihat : 25 April 2025)
- Mintzberg, Henry dan Quinn, James Bria. 1996. *The Strategy Process; Concept, Context, Cases* (3th Edition), Prentice - Hall International Editions.
- Mulyadi. 2015. Implementasi kebijakan. Jakarta: Balai Pustaka.
- Nurrochmat, Dodik. Hendroyono, Bambang. Suryanto. 2021. Multiusaha Kehutanan, Konsep dan Implementasi Bisnis Kehutanan Berkelanjutan. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 8 Tahun 2021 tentang Tata Hutan Dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Sertapemanfaatan Hutan Di Hutan Lindung Dan Hutan Produksi
- Peraturan Pemerintah Negara Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2015 tentang Pangan. Kantor Menteri Negara Pangan RI.
- Pearce. Robinson. 2014. Manajemen Strategik Formulasi, Implementasi dan Pengendalian. Jakarta : Penerbit Salemba Empat.
- Pardede, M Pontas. 2011. Manajemen Strategik Dan Kebijakan Perusahaan Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Qanita, Ariza. 2020. *Analisis Strategi Dengan Metode Swot Dan Qspm (Quantitative Strategic Planning Matrix): Studi Kasus Pada D'gruz Caffe Di Kecamatan Bluto Sumenep*. Jurnal Ilmiah Manajemen, Vol. 1 No. 2.
- Rangkuti, Freddy. 2006. Analisis SWOT: Teknik Membedah Kasus Bisnis, Gramedia. Jakarta.
- Rianto, Tony. 2025. Disertasi : Implementasi dan Persepsi Masyarakat Terhadap Multiusaha Kehutanan di Kalimantan Tengah (Studi Kasus

- pada PBPH PT. Kusuma Perkasa Wana). Universitas Palangka Raya.
- Sedarmayanti. 2014. Manajemen Strategi. Bandung: PT Refika Aditama.
- Siagian, P Sondang. 2008. Manajemen Strategi. Jakarta : Bumi Aksara.
- Sujarweni, V.Wiratna. 2008. *Belajar Mudah SPSS Untuk Penelitian Skripsi, Tesis, Disertasi & Umum*. Yogyakarta: Global Media Informasi
- Sugiono. 2016. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Penerbit Alfabeta
- Tjiptono, Fandy. 2008. Strategi Pemasaran, Yogyakarta : CV. Andi Offset.
- Umar, Husein. 2010. Desain Penelitian Manajemen Strategik. Rajawali Pers. Jakarta.
- Umar, Husein. 2013. Metode Penelitian Untuk Skripsi dan Tesis Bisnis. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada
- Usman, Nurdin. 2002. Konteks Implementasi Berbasis Kurikulum. Jakarta: Grasindo.
- Wahab, A Sholicin. 2008. Pengantar Analisis Kebijakan Publik. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.

POTENSI CADANGAN KARBON PADA TEGAKAN MERANTI
(*Shorea spp.*) DI AREA TEBANG PILIH TANAM JALUR (TPTJ)

TEKNIK SILIN PT. ERNA DJULIAWATI
SERUYAN - KALIMANTAN TENGAH

Sugeng Basuki¹, Renhart Jemi², Chartina Pidjath², Vera Amelia², Vera Amalia²,
Soaloon Snaga²

¹Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan
Lingkungan

ABSTRAK

Pemanasan global akibat peningkatan emisi karbon mendorong pengelolaan hutan produksi berkelanjutan sebagai upaya mitigasi. Penelitian ini dilakukan di areal PBPH PT Erna Djuliawati, Kalimantan Tengah, dengan sistem Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) dan Silvikultur Intensif (SILIN) pada tegakan Meranti (*Shorea spp.*) berumur 2–12 tahun. Tujuan penelitian ialah mengestimasi cadangan karbon dan serapan CO₂ pada tegakan Meranti, tumbuhan bawah, dan seresah serta menganalisis pengaruh diameter dan tinggi pohon terhadap total cadangan karbon. Hasil menunjukkan peningkatan cadangan karbon dari 0,31 ton/ha pada umur 2 tahun menjadi 56,59 ton/ha pada umur 12 tahun, dengan kontribusi tegakan Meranti mencapai 99,1%. Diameter berpengaruh lebih besar terhadap akumulasi karbon dibandingkan tinggi pohon. Pengelolaan silvikultur intensif berpotensi signifikan dalam mitigasi perubahan iklim melalui peningkatan serapan karbon hutan tropis produksi.

Kata kunci: Biomassa, Cadangan karbon, Meranti.

ABSTRACT

Global warming caused by increasing carbon emissions drives the need for sustainable forest management as a mitigation effort. This study was conducted in the PBPH area of PT Erna Djuliawati, Central Kalimantan, applying the Selective Cutting and Line Planting (TPTJ) system and Intensive Silviculture (SILIN) on Meranti (*Shorea spp.*) stands aged 2–12 years. The objectives were to estimate carbon stock and CO₂ uptake in Meranti stands, understory vegetation, and litter, and to analyze the influence of diameter and tree height on total carbon stock. Results showed that carbon stock increased from 0.31 ton/ha at age 2 to 56.59 ton/ha at age 12, with Meranti stands contributing up to 99.1%. Diameter had a stronger effect on carbon accumulation than tree height. Intensive silviculture management significantly supports climate change mitigation through enhanced carbon sequestration in tropical production forests.

Keywords: Biomass, Carbon stock, Meranti.

PENDAHULUAN

Permasalahan pemanasan global saat ini menjadi isu penting yang mendapat perhatian luas di tingkat dunia. Peningkatan emisi karbon di atmosfer merupakan penyebab utama dari kondisi ini, di mana aktivitas manusia atau antropogenik memberikan kontribusi signifikan terhadap kenaikan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) seperti Karbon Dioksida (CO₂), Metana (CH₄), dan Nitrogen Dioksida (NO₂) yang secara alami sudah ada di atmosfer (IPCC, 2006). Sumber emisi karbon berasal dari berbagai sektor, antara lain energi, Forest and Other Land Use (FOLU), kebakaran hutan, pertanian, limbah, serta proses industri dan penggunaan produk (IPPU). Dari seluruh sektor tersebut, sektor energi menjadi penyumbang terbesar dengan kontribusi sekitar 34,2%, disusul oleh sektor FOLU sebesar 25,1% (BPS, 2019).

Sebagai bentuk komitmen global terhadap mitigasi perubahan iklim, Indonesia turut serta dalam Perjanjian Paris (Paris Agreement) dengan menyusun dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang berisi rencana aksi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Berdasarkan NDC tahun 2016, Indonesia menargetkan pengurangan emisi GRK sebesar 29% secara mandiri dan 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030. Target ini kemudian diperbarui dalam *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC) menjadi 31,89% secara mandiri dan 43,20% dengan bantuan internasional (Anonim, 2022). NDC juga merinci kontribusi pengurangan emisi dari lima sektor utama, yaitu kehutanan sebesar 17,2%, energi 11%, pertanian 0,32%, industri 0,10%, dan limbah 0,38% dibandingkan skenario *Business as Usual* (BAU) pada tahun 2030 (KLHK, 2017).

Keberhasilan pencapaian target NDC memerlukan sinergi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, lembaga swadaya masyarakat, dan masyarakat luas. Dalam konteks kehutanan, peran sektor swasta melalui skema Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) sangat penting dalam mendukung mitigasi emisi GRK. PBPH memberikan izin kepada pelaku usaha untuk memanfaatkan kawasan hutan secara berkelanjutan, termasuk hasil hutan kayu dan bukan kayu, jasa lingkungan, serta pengolahan dan pemasaran hasil hutan (KLHK, 2021). Oleh karena itu, penghitungan emisi dan cadangan karbon di area PBPH menjadi bagian dari kontribusi sektor swasta terhadap pencapaian target pengurangan emisi, khususnya di sektor FOLU.

Pelaku usaha PBPH diwajibkan mengelola hutan secara lestari melalui pendekatan seperti multiusaha kehutanan, *Reduced Impact Logging* (RIL), dan Silvikultur Intensif (SILIN). Teknik SILIN mengintegrasikan pemuliaan pohon, manipulasi lingkungan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman untuk mempercepat pertumbuhan tegakan (KLHK, 2021). Pemerintah mendorong penerapan teknik ini bersama RIL sebagai strategi utama dalam menekan emisi karbon di sektor kehutanan (Murdiyarso et al., 2015). Salah satu contoh implementasi PBPH adalah PT Erna Djuliawati di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, yang sejak tahun 2005 ditetapkan sebagai HPH model pelaksana SILIN melalui Keputusan Dirjen Bina Usaha No. 261/VI-BPHA/2005 (Istanto, 2020). Perusahaan ini menerapkan sistem Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) sebagai bagian dari SILIN. Penelitian sebelumnya di PT Sari Bumi Kusuma menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter batang (*diameter at breast height* atau DBH) tertinggi dicapai oleh *Shorea leprosula* Miq sebesar 1,94 cm per tahun, diikuti oleh beberapa jenis *Shorea* lainnya (Widiyatno et al., 2011).

Peningkatan tipe naungan tertentu bahkan mampu meningkatkan pertumbuhan DBH hingga 96% dan pertumbuhan tinggi hingga 33%, yang menunjukkan bahwa penerapan SILIN berpotensi signifikan dalam meningkatkan cadangan karbon dan serapan CO₂.

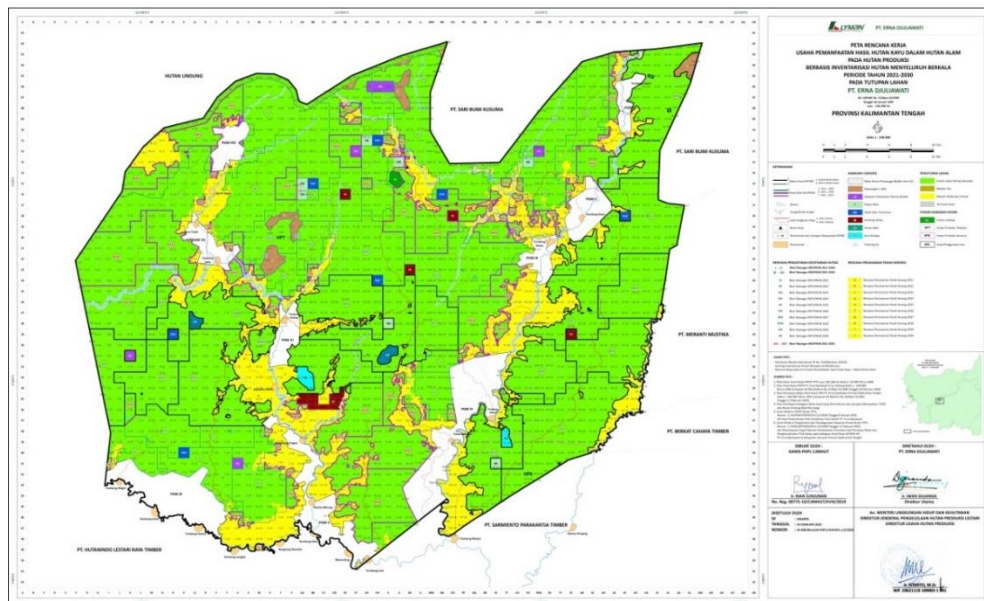
Hutan dan vegetasi di dalamnya memiliki peran penting dalam mitigasi emisi karbon melalui proses fotosintesis yang menyerap CO₂ dan menyimpannya dalam bentuk biomassa, sekaligus menghasilkan oksigen sebagai produk sampingan. Keragaman pohon dan tingginya jumlah seresah menjadikan hutan sebagai penyimpan karbon terbesar dibandingkan sistem penggunaan lahan lainnya (Agus et al., 2011). Kapasitas penimbunan karbon hutan dipengaruhi oleh umur tegakan, jenis pohon, kualitas tapak, serta sistem pengelolaannya. Oleh sebab itu, pengukuran cadangan karbon diperlukan untuk mengetahui potensi penyerapan karbon dan kontribusi hutan terhadap pengurangan emisi GRK, khususnya CO₂ (Astuti et al., 2020).

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data empiris mengenai besarnya cadangan karbon dan serapan CO₂ pada tegakan Meranti, tumbuhan bawah, dan seresah di berbagai tingkat umur pada areal SILIN PT Erna Djuliawati. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis pengaruh diameter dan tinggi tegakan Meranti terhadap total cadangan karbon. Secara akademis, hasil penelitian diharapkan dapat memperkaya literatur mengenai estimasi karbon pada hutan tropis Indonesia dan memberikan pemahaman ilmiah tentang faktor-faktor yang memengaruhi penyimpanan karbon dalam sistem SILIN. Secara praktis, hasilnya dapat dimanfaatkan oleh pengelola hutan, praktisi kehutanan, dan pembuat kebijakan sebagai dasar dalam memperkirakan potensi cadangan

karbon, merencanakan strategi pengelolaan hutan berkelanjutan, serta mendukung pencapaian target pengurangan emisi karbon nasional.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian dilakukan di Petak TPTJ Teknik SILIN (silvikultur Intensif) Umur 2 tahun (RKT 2021), Umur 4 tahun (RKT 2019) Umur 6 tahun (RKT 2017), Umur 8 tahun (RKT 2015), dan Umur 10 tahun (RKT 2013) di PBPH PT. Erna Djuliawati yang terletak di Bukit Beruang Km. 97 Desa Tumbang Darap Kecamatan Seruyan Hulu Kabupaten Seruyan Provinsi Kalimantan Tengah. PT. Erna Djuliawati merupakan Pemegang Perijinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) dengan Surat Keputusan Menteri LHK Nomor : SK.1426 / MENLHK / SETJEN/HPL.0/12/2021 Tanggal 31 Desember 2021 dengan luas Area Ijin 184.206 Ha.

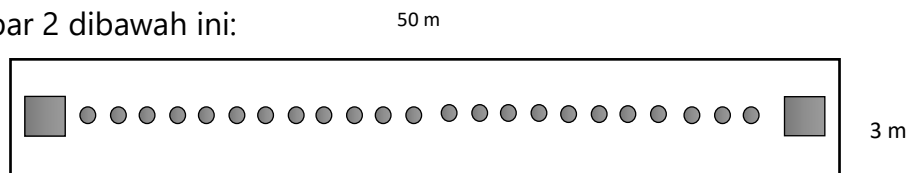


Gambar 1. Peta Areal ijin PT Erna Djuliawati di Kab. Seruyan

Metode Pengambilan Sampel

Perhitungan nilai karbon dilakukan pada tiga tingkatan vegetasi, yaitu tanaman Meranti dalam jalur tanam, tumbuhan bawah, dan seresah. Pengambilan sampel menggunakan metode *Non-Stratified Systematic*

Sampling karena kondisi tajuk relatif homogen pada setiap kelas umur. Plot penelitian berbentuk persegi panjang berukuran 3 m × 50 m, disesuaikan dengan lebar jalur tanam sistem TPTJ-SILIN untuk memudahkan pengukuran dan meningkatkan ketelitian di lapangan. Pemilihan ukuran plot ini sejalan dengan rekomendasi Masripatin et al. (2010) bahwa ukuran plot harus mempertimbangkan ketelitian dan kemudahan penerapan di berbagai proyek karbon. Gambaran bentuk plot untuk pengukuran biomassa pada areal TPTJ Silin lebih jelas tersaji pada gambar 2 dibawah ini:



Ket. : ■ Kuadran untuk sampel seresah dan tanaman bawah
 ● Tanaman *Shorea spp.*

Gambar 2. Bentuk Plot untuk pengukuran biomassa pada areal TPTJ silin.

Jumlah plot ditentukan berdasarkan kaidah statistik dalam metode sampling, karena berpengaruh terhadap ketelitian dan biaya (Masripatin et al., 2010). Penelitian ini menggunakan intensitas sampling sebesar 0,5%, sesuai Suhartanto (1995) yang menyatakan bahwa intensitas sampling umumnya 0,1–2% dari luas areal, tergantung tujuan, homogenitas tegakan, dan sumber daya yang tersedia. Jumlah plot pada setiap petak dihitung seperti dibawah ini:

Jumlah Jalur per petak	= 50 Jalur
Panjang tiap jalur	= 1.000 m
Lebar tiap Jalur	= 3 m
Luas tiap jalur	= 3 x 1.000 m ²
	= 3.000 m ²

$$\begin{aligned}
\text{Total luas jalur per petak} &= 50 \text{ jalur} \times 3.000 \text{ m}^2 \\
&= 150.000 \text{ m}^2 \\
\text{Intensitas Sampling 0,5 \%} &= 0,5 \% \times 150.000 \text{ m}^2 \\
&= 750 \text{ m}^2 \\
\text{Luas plot} &= 3 \text{ m} \times 50 \text{ m} \\
&= 150 \text{ m}^2 \\
\text{Jumlah plot tiap petak} &= \text{Intensitas Sampling 0,5 \%} : \text{Luas plot} \\
&= 750 \text{ m}^2 : 150 \text{ m}^2 \\
&= 5 \text{ buah.}
\end{aligned}$$

Jadi, untuk jumlah plot di tiap petak adalah 5 buah plot.

Analisis Data

Perhitungan Potensi Biomassa Tegakan Meranti (*Shorea spp.*)

Potensi biomassa dihitung menggunakan persamaan alometrik. Jika tidak tersedia persamaan spesifik untuk jenis pohon tertentu, pendugaan dilakukan dengan rumus alometrik volume. Persamaan yang digunakan berasal dari berbagai penelitian sebelumnya pada tegakan Meranti (*Shorea spp.*), famili Dipterocarpaceae, dan hutan tropis. Pendekatan ini memudahkan estimasi biomassa secara akurat tanpa pengukuran langsung yang memerlukan waktu dan biaya besar. Persamaan lengkap disajikan pada Tabel 1.

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Rumus
1	Estimasi Biomassa Dan Karbon Tegakan <i>Dipterocarpa</i> Di PT. Sari Bumi Kusuma (SBK) Kalimantan Tengah	Niapele Sabaria	2011	$W = 0,067.(D)^{2,578}$
2	Pendugaan cadangan karbon tegakan meranti (<i>Shorea leprosula</i>) di hutan alam pada area silin PT Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan.	Lia Yunita	2016	$W = 0,067.(D)^{2,859}$

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Rumus
3	Membangun Persamaan Alometrik Biomassa Tanaman <i>Shorea Leprosula</i> Di Areal IUPHHK-HA PT. Itciku Kalimantan Timur	Asef K. Hardjana	2011	$W = 0,067 \cdot (D)^{2,859}$
4	<i>Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks and Balance in Tropical Forests</i>	Chave et. Al.	2005	$(AGB)_{est} = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$
5	<i>Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees</i>	Chave et. Al.	2014	$Y = 0,0559 \times \rho \times DBH^2 \times T$

Penelitian ini menggunakan rumus alometrik Chave et al. (2014) karena memiliki akurasi tinggi untuk hutan hujan tropis, disusun berdasarkan data ribuan pohon dari berbagai kawasan tropis dunia. Rumus ini mencakup variabel diameter batang (DBH), tinggi pohon (H), dan kerapatan kayu (ρ), sehingga memberikan estimasi biomassa di atas permukaan tanah yang lebih tepat. Selain itu, rumus Chave et al. telah diadopsi oleh IPCC dan banyak digunakan dalam pelaporan karbon internasional, program REDD+, serta penelitian kehutanan tropis.

Perhitungan Potensi Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah

Rumus yang digunakan menurut Hairiah dan Rahayu (2007) sebagai berikut:

$$BKT = \frac{BKc}{BBc} \times BBT$$

Keterangan:

BKT = berat kering total (kg)

BKc = berat kering contoh (kg)

BBc = berat basah contoh (kg)

BBT = berat basah total (kg)

Pendugaan Potensi Karbon di Atas Permukaan Tanah

Cadangan karbon di atas permukaan tanah diperkirakan dengan mengonversi 47% dari biomassa atau nekromassa (IPCC 2006; BSN 2011). Beberapa jenis pohon memiliki fraksi karbon spesifik, seperti mangium 45% dan sengon 44% (Kemenhut 2013). Pendekatan ini meningkatkan ketepatan estimasi cadangan karbon sesuai karakteristik tiap jenis pohon.

Perhitungan Karbon Per Hektar untuk Biomassa di Atas Permukaan Tanah

Rumus yang di gunakan (SNI, 2011) adalah:

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}}$$

Keterangan:

C_n = kandungan karbon per hektar pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot (ton/ha)

C_x = kandungan karbon pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot (kg)

L_{plot} = Luas plot pada masing-masing *pool* (m²).

Perhitungan Potensi Serapan CO₂

Menurut Hardjana (2009), rumus yang digunakan dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

$$CO_2 = C \times 3.67$$

Keterangan :

C = Jumlah karbon (biasanya dalam satuan ton atau kg)

CO_2 = Jumlah karbon dioksida (dalam satuan yang sama dengan C , biasanya tn atau kg)

3,67 = Faktor konversi dari karbon menjadi karbon dioksida (berasal dari perbandingan massa molekul CO_2 terhadap massa atom C , yaitu 44/12)

Analisis Hubungan Antar Variabel dan Pengujian Hipotesis Hubungan Antar Variabel

Model regresi linear berganda yang digunakan secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon$$

Keterangan :

- Y = Total cadangan karbon ekosistem (ton C/ha)
- X₁ = Diameter tegakan Meranti (cm)
- X₂ = Tinggi tegakan Meranti (m)
- X₃ = Biomassa tumbuhan bawah (ton/ha)
- X₄ = Biomassa seresah (ton/ha)
- β₀ = Konstanta
- β₁-β₄ = Koefisien regresi
- ε = Error

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cadangan Karbon pada Tegakan Meranti, Tumbuhan Bawah, dan Seresah.

Adapun data mengenai hasil pengamatan dan perhitungan cadangan karbon berdasarkan umur tegakan, seperti dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2. Tabel hasil pengamatan dan perhitungan cadangan karbon (Cn) tegakan meranti, Tumbuhan Bawah dan Seresah berdasarkan umur (dalam ton per hektar).

Umur Tegakan (tahun)	Jumlah Karbon Tegakan Meranti *) (ton/ha)	Jumlah Karbon Tumbuhan Bawah (ton/ha)	Jumlah Karbon Seresah (ton/ha)	Jumlah Karbon Total (ton/ha)
2	0.01471	0.04103	0.25437	0.31012
4	2.84958	0.17127	0.33560	3.35644
6	5.28376	0.15066	0.35693	5.79134
8	18.89715	0.11811	0.26895	19.28420
10	10.28739	0.06783	0.34946	10.70468

12	56.08760	0.16162	0.34548	56.59471
----	----------	---------	---------	----------

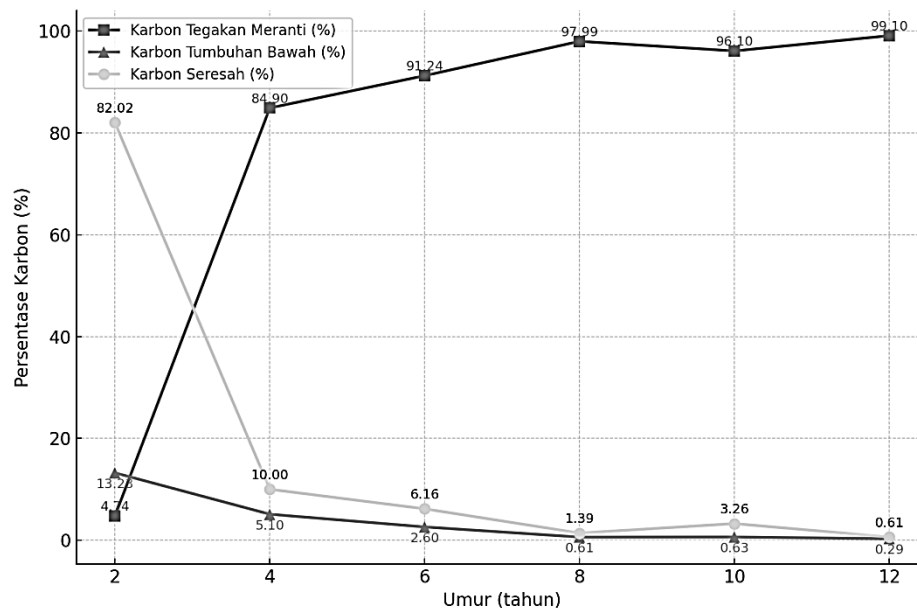
*) Memakai Rumus Chave et. Al. (2014).

Untuk melihat proporsi masing-masing komponen dibuat tabel dalam bentuk presentase antara Jumlah karbon masing-masing komponen dengan Karbon Total, bisa dilihat seperti dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3. Tabel Presentase antara jumlah cadangan karbon (Cn) tegakan meranti, Tumbuhan Bawah dan Seresah dengan Jumlah Total Karbon (dalam persen).

Umur (tahun)	Jumlah Karbon Tegakan Meranti (%)	Jumlah Karbon Tumbuhan Bawah (%)	Jumlah Karbon Seresah (%)	Jumlah Karbon Total (%)
2	4.74%	13.23%	82.02%	100%
4	84.90%	5.10%	10.00%	100%
6	91.24%	2.60%	6.16%	100%
8	97.99%	0.61%	1.39%	100%
10	96.10%	0.63%	3.26%	100%
12	99.10%	0.29%	0.61%	100%

Apabila divisualisasikan dalam bentuk grafik, akan tampil seperti dalam gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Presentase jumlah cadangan karbon (Cn) tegakan meranti, Tumbuhan Bawah dan Seresah dengan Jumlah Total (dalam persen).

Grafik dan tabel menunjukkan bahwa seiring bertambahnya umur, cadangan karbon pada tegakan Meranti meningkat tajam, sedangkan pada tumbuhan bawah dan seresah menurun. Pada umur 2 tahun, cadangan karbon tegakan Meranti hanya 0,0147 ton/ha (4,74% dari total), meningkat menjadi 56,09 ton/ha (99,1%) pada umur 12 tahun. Sebaliknya, kontribusi tumbuhan bawah dan seresah menurun dari 13,23% dan 82,02% pada umur 2 tahun menjadi 0,29% dan 0,61% pada umur 12 tahun. Peningkatan ini disebabkan oleh pertumbuhan diameter dan tinggi pohon yang memperbesar biomassa dan kapasitas penyimpanan karbon (Brown, 2002; IPCC, 2006). Hasil ini menegaskan bahwa pohon Meranti dewasa merupakan penyimpan karbon utama, sementara peran tumbuhan bawah dan seresah lebih signifikan pada tahap awal pertumbuhan. Penerapan silvikultur intensif terbukti efektif meningkatkan cadangan karbon dan mendukung mitigasi perubahan iklim melalui pengelolaan hutan produksi yang berkelanjutan.

Perhitungan Serapan CO₂

Untuk menghitung serapan CO₂ dari data jumlah karbon (Cn) pada tiap umur, digunakan rumus berikut:

$$\text{Serapan CO}_2 = \text{Jumlah Karbon} \times \frac{44}{12}$$

Keterangan :

Serapan CO₂ = jumlah karbon dioksida yang diserap tanaman (ton C/ha)

Jumlah Karbon = karbon yang tersimpan di tanaman (ton atau kg)

44/12 = faktor konversi dari karbon (C) menjadi CO₂.

Catatan :

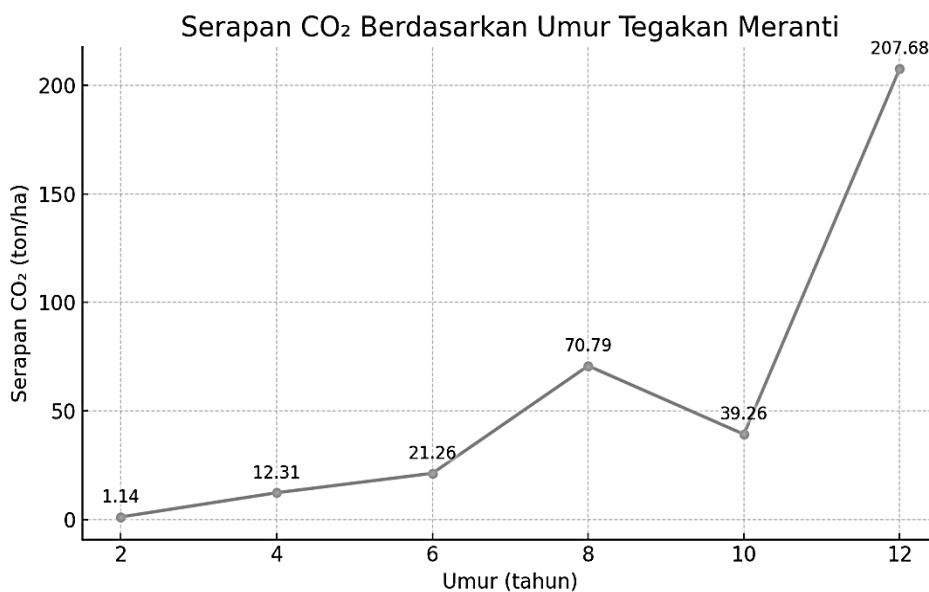
Angka 44 adalah massa molekul CO₂ (12 untuk karbon dan 32 untuk dua oksigen; 12+16+16=44). 12 adalah massa atom karbon (C). Karena satu molekul karbon akan membentuk satu molekul CO₂ dengan tambahan dua atom oksigen, maka massa CO₂ hasil konversi akan menjadi 3,67 kali massa karbonnya.

Dengan menggunakan rumus diatas, perhitungan serapan CO₂ berdasarkan umur tersaji dalam tabel 3 dibawah ini :

Tabel 4. Tabel total serapan CO₂ berdasarkan umur (dalam ton C /ha).

Umur (tahun)	Jumlah Karbon Total (ton/ha)	Serapan CO ₂ (ton/ha) = Karbon × 3,67
2	0.31012	1.13717
4	3.35644	12.30716
6	5.79143	21.26356
8	19.28420	70.78900
10	10.70469	39.26020
12	56.59471	207.67857

Dari tabel 3 diatas dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti tersaji dalam gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Serapan CO₂ berdasarkan Umur (dalam ton C/ha)

Adapun total serapan CO₂ pada tegakan Meranti untuk setiap umur yang tercantum dalam tabel 3 adalah sebagai berikut:

- Umur 2 tahun: Serapan CO₂ sebesar 1,14 ton/ha
- Umur 4 tahun: Serapan CO₂ sebesar 12,31 ton/ha
- Umur 6 tahun: Serapan CO₂ sebesar 21,26 ton/ha
- Umur 8 tahun: Serapan CO₂ sebesar 70,79 ton/ha
- Umur 10 tahun: Serapan CO₂ sebesar 39,26 ton/ha
- Umur 12 tahun: Serapan CO₂ sebesar 207,68 ton/ha

Umur pohon berpengaruh besar terhadap kemampuan serapan karbon, terutama pada tegakan Meranti. Seiring bertambahnya umur, volume dan biomassa pohon meningkat sehingga kapasitas penyimpanan karbon juga bertambah (Houghton, 2003; Pan et al., 2011). Grafik 4 menunjukkan bahwa tegakan Meranti berumur tua, seperti pada usia 12 tahun, memiliki serapan CO₂ jauh lebih tinggi dibandingkan tegakan muda. Penelitian Wahyuni et al. (2020) juga menemukan bahwa hutan sekunder tua menyimpan karbon lebih besar (76,1 ton C/ha) dibandingkan hutan muda (49,17 ton C/ha). Dengan demikian, umur tegakan menjadi faktor kunci dalam meningkatkan peran hutan Meranti sebagai penyerap karbon, sehingga pengelolaan hutan berkelanjutan sangat penting untuk mitigasi perubahan iklim.

Hubungan Diameter dan Tinggi Pohon dengan Cadangan Karbon

Hasil analisis tersebut selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memperjelas pola hubungan antara variabel-variabel tersebut (Astuti *et al.*, 2020).

Tabel 5. Model data Analisis Hubungan antara Diameter dan Tinggi Pohon dengan cadangan Karbon.

UMUR (TAHUN)	DIAMETER (cm)	TINGGI (m)	Cadangan Karbon /Y (Kg/Pohon) Rumus Chave 2014
12	11.5	7	26.91
12	6.2	6	6.704
....
10	7.01	8	11.427
10	9.8	8	22.334
....
8	9.7	9	24.615
8	5.3	4	3.266
....
6	7.3	6	9.294
6	4.1	2	0.977
....
4	6.3	3.5	4.038
4	7.7	4.6	7.928
....
2	1	1.3	0.038
2	1.2	1.3	0.054
....

Data tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan Aplikasi SPSS versi 30 dengan menggunakan metode *Linier Mixed Model*, dengan Cadangan Karbon sebagai Variabel Tergantung (*Dependent Variable/Y*), Diameter dan Tinggi sebagai Variabel Efek tetap (*Fixed Effects Variable*), sedangkan Umur sebagai Variable Efek Random (*Random effects Variable*).

Adapun hasil analisis Regresi Campuran seperti tersaji dalam table 6 dan tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Tabel hasil estimasi parameter tetap (*fixed effects*) dari model regresi campuran (*mixed model*)

Term	Estimate	SE	df	t	p
Intercept	-46.730	21.867	5.975	-2.137	0.077
Diameter (cm)	4.424	1.058	6.788	4.181	0.004
Tinggi (m)	3.809	1.726	6.645	2.207	0.065

Mengacu pada hasil tabel diatas :

Intercept : -46,730

Estimate Diameter : 4,424

Estimate Tinggi : 3,809

Maka, model rumus regresinya untuk Estimasi Parameter tetap yaitu :

$$Y = -46,730 + 4,424 \times \text{Diameter (cm)} + 3,809 \times \text{Tinggi (m)}$$

Tabel 7. Tabel hasil estimasi efek acak (*random effects*) dari model regresi campuran (*mixed model*).

Umur (Tahun)	(Intercept)	Diameter (cm)	Tinggi (m)
2	44.042	-1.923	-3.207
4	32.690	-1.428	-2.380
6	24.494	-1.070	-1.784
8	-2.138	0.093	0.156
10	14.602	-0.638	-1.063
12	-113.691	4.965	8.279

Dari Tabel diatas bisa disusun rumus regresinya sesuai kelompok umur:

1. Umur 2 Tahun:

$$Y = (-46,730+44,042) + (4,424-1,923) \times \text{Diameter} + (3,809-3,207) \times \text{Tinggi}$$

$$Y = -2,688 + 2,501 \times \text{Diameter} + 0,602 \times \text{Tinggi}$$

2. Umur 4 Tahun :

$$Y = (-46,730+32,690) + (4,424-1,428) \times \text{Diameter} + (3,809-2,380) \times \text{Tinggi}$$

$$Y = -14,040 + 2,996 \times \text{Diameter} + 1,429 \times \text{Tinggi}$$

3. Umur 6 Tahun :

$$Y = (-46,730+24,494) + (4,424-1,070) \times \text{Diameter} + (3,809-1,784) \times \text{Tinggi}$$

$$Y = -22,236 + 3,354 \times \text{Diameter} + 2,025 \times \text{Tinggi}$$

4. Umur 8 Tahun :

$$Y = (-46,730-2,138) + (4,424+0,093) \times \text{Diameter} + (3,809+0,156) \times \text{Tinggi}$$

$$Y = -48,868 + 4,517 \times \text{Diameter} + 3,965 \times \text{Tinggi}$$

$$Y = -48,868 + 4,517 \times \text{Diameter} + 3,965 \times \text{Tinggi}$$

5. Umur 10 Tahun :

$$Y = (-46,730 + 14,602) + (4,424 - 0,638) \times \text{Diameter} + (3,809 - 1,063) \times \text{Tinggi}$$

$$Y = -32,128 + 3,786 \times \text{Diameter} + 2,746 \times \text{Tinggi}$$

6. Umur 12 Tahun :

$$Y = (-46,730 - 113,691) + (4,424 + 4,965) \times \text{Diameter} + (3,809 + 8,279) \times \text{Tinggi}$$

$$Y = -160,421 + 9,389 \times \text{Diameter} + 12,088 \times \text{Tinggi}$$

Keterangan:

Y = Cadangan karbon (kg/pohon)

Diameter = Diameter pohon (cm)

Tinggi = Tinggi pohon (m)

Rangkuman rumus diatas seperti terlihat dalam tabel 8 dibawah ini:

Tabel 8. Persamaan Regresi untuk mengestimasi Biomassa berdasarkan Diameter dan Tinggi pada Berbagai Umur Tegakan

Umur Tegakan (Tahun)	Rumus Regresi
2	$Y = -2,688 + 2,501 \times \text{Diameter} + 0,602 \times \text{Tinggi}$
4	$Y = -14,040 + 2,996 \times \text{Diameter} + 1,429 \times \text{Tinggi}$
6	$Y = -22,236 + 3,354 \times \text{Diameter} + 2,025 \times \text{Tinggi}$
8	$Y = -48,868 + 4,517 \times \text{Diameter} + 3,965 \times \text{Tinggi}$
10	$Y = -32,128 + 3,786 \times \text{Diameter} + 2,746 \times \text{Tinggi}$
12	$Y = -160,421 + 9,389 \times \text{Diameter} + 12,088 \times \text{Tinggi}$

Hasil analisis regresi campuran menunjukkan bahwa diameter dan tinggi pohon berpengaruh signifikan terhadap cadangan karbon, terutama pada tegakan Meranti berumur tua (Rahaju et al., 2019). Diameter memiliki pengaruh paling kuat dengan koefisien 4,424 ($p < 0,05$), artinya setiap peningkatan 1 cm diameter menambah cadangan karbon sekitar 4,424 kg/pohon. Tinggi pohon juga berpengaruh positif meski tidak selalu signifikan (estimasi 3,809). Analisis efek acak menunjukkan bahwa umur pohon memengaruhi besarnya cadangan karbon, di mana pohon berumur

tua memiliki efek diameter dan tinggi yang lebih besar. Dengan demikian, ukuran dan umur pohon menjadi faktor utama dalam menentukan kapasitas penyimpanan karbon.

Berdasarkan hasil analisis efek acak, rumus regresi untuk setiap kelompok umur telah disusun. Misalnya, untuk umur 2 tahun, rumus regresinya adalah:

$$Y = -2,688 + 2,501 \times \text{Diameter} + 0,602 \times \text{Tinggi}$$

Sedangkan untuk umur 12 tahun, rumus regresinya menjadi:

$$Y = -160,421 + 9,389 \times \text{Diameter} + 12,088 \times \text{Tinggi}$$

Perbedaan ini menunjukkan bahwa pengaruh diameter dan tinggi terhadap cadangan karbon bervariasi berdasarkan umur pohon.

Diameter, tinggi, dan umur pohon berpengaruh signifikan terhadap cadangan karbon. Semakin besar ukuran dan semakin tua umur pohon, semakin besar pula kapasitas penyimpanan karbonnya (Susanti et al., 2021; Putra et al., 2018). Pohon tua memiliki volume kayu dan biomassa lebih besar sehingga mampu menyimpan karbon lebih stabil. Temuan ini penting untuk pengelolaan hutan berkelanjutan, karena hubungan antara ukuran, umur, dan cadangan karbon dapat digunakan untuk memperkirakan potensi serapan karbon dan mendukung mitigasi perubahan iklim secara optimal.

Alternatif model persamaan regresi untuk semua Umur

Analisis regresi per kelompok umur digunakan untuk memprediksi potensi cadangan karbon secara lebih spesifik pada tiap fase pertumbuhan hutan. Pendekatan ini menangkap perbedaan karakteristik ekosistem, seperti dominasi tumbuhan bawah pada umur muda dan tegakan Meranti pada umur tua, serta mengurangi bias antar kelompok. Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena sensitif terhadap outlier, kurang stabil pada

data terbatas, dan tidak menggambarkan pola umum antar umur. Oleh karena itu, pada subbab ini dilakukan perbandingan tiga model regresi — linear, kuadratik tanpa variabel asli, dan kuadratik dengan variabel asli — untuk semua umur guna memperoleh model prediksi biomassa yang paling akurat dan representatif.

Dari hasil analisis Statistik Linier berganda, didapatkan hasil seperti terangkum dalam tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Perbandingan Uji regresi dengan tiga model berbeda untuk semua umur

Model	Intercept	Umur	D	D ²	T	T ²	R ²
Linear (Asli)	-15,60	-5,26	9,74	–	0,94	–	0,25
Kuadratik tanpa Asli	1,99	-2,85	–	0,37	–	0,25	0,94
Kuadratik + Asli	8,57	0,41	-7,68	0,58	0,97	0,31	0,98

Keterangan :

- Intercept = Konstanta pada model regresi (nilai biomassa ketika semua variabel lain = 0)
- Umur = umur tanaman/pohon (tahun)
- D = diameter batang tanaman/pohon (cm)
- D² = kuadrat diameter batang tanaman/pohon ((cm)²)
- T = tinggi tanaman/pohon (meter)
- T² = kuadrat tinggi tanaman/pohon ((meter)²)
- R² = koefisien determinasi (mengukur seberapa baik model menjelaskan variasi data biomassa)

Dari tabel diatas bisa dibuat persamaannya sebagai berikut :

Model Linear (Asli)

Biomassa = -15,60 + (-5,26) × Umur + 9,74 × Diameter + 0,94 × Tinggi
dengan R² = 0,25

Model Kuadratik tanpa Variabel Asli

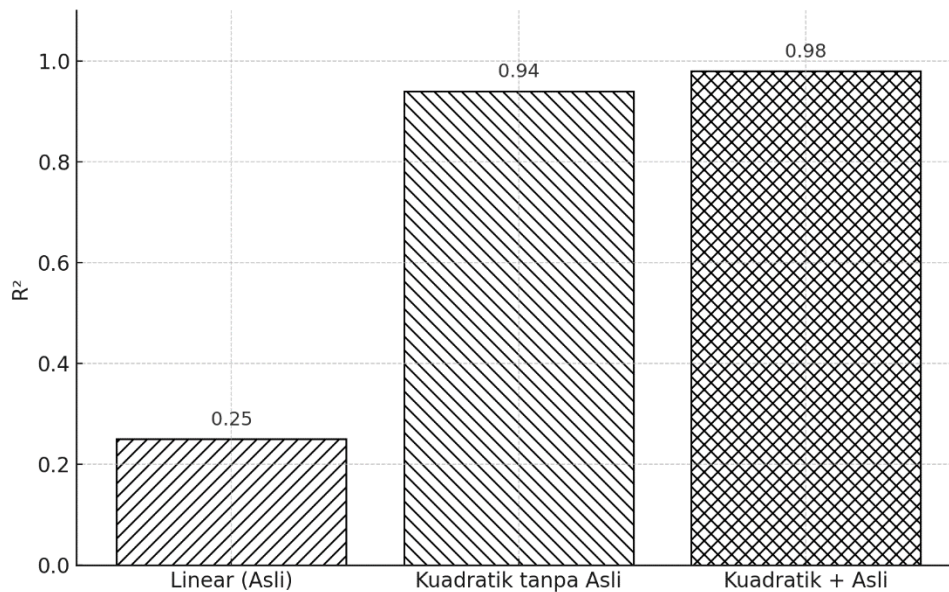
Biomassa = 1,99 + (-2,85) × Umur + 0,37 × Diameter² + 0,25 × Tinggi²
dengan R² = 0,94

Model Kuadratik + Asli (*Model Terbaik*)

$$\text{Biomassa} = 8,57 + 0,41 \times \text{Umur} + (-7,68) \times \text{Diameter} + 0,58 \times \text{Diameter}^2 + 0,97 \times \text{Tinggi} + 0,31 \times \text{Tinggi}^2$$

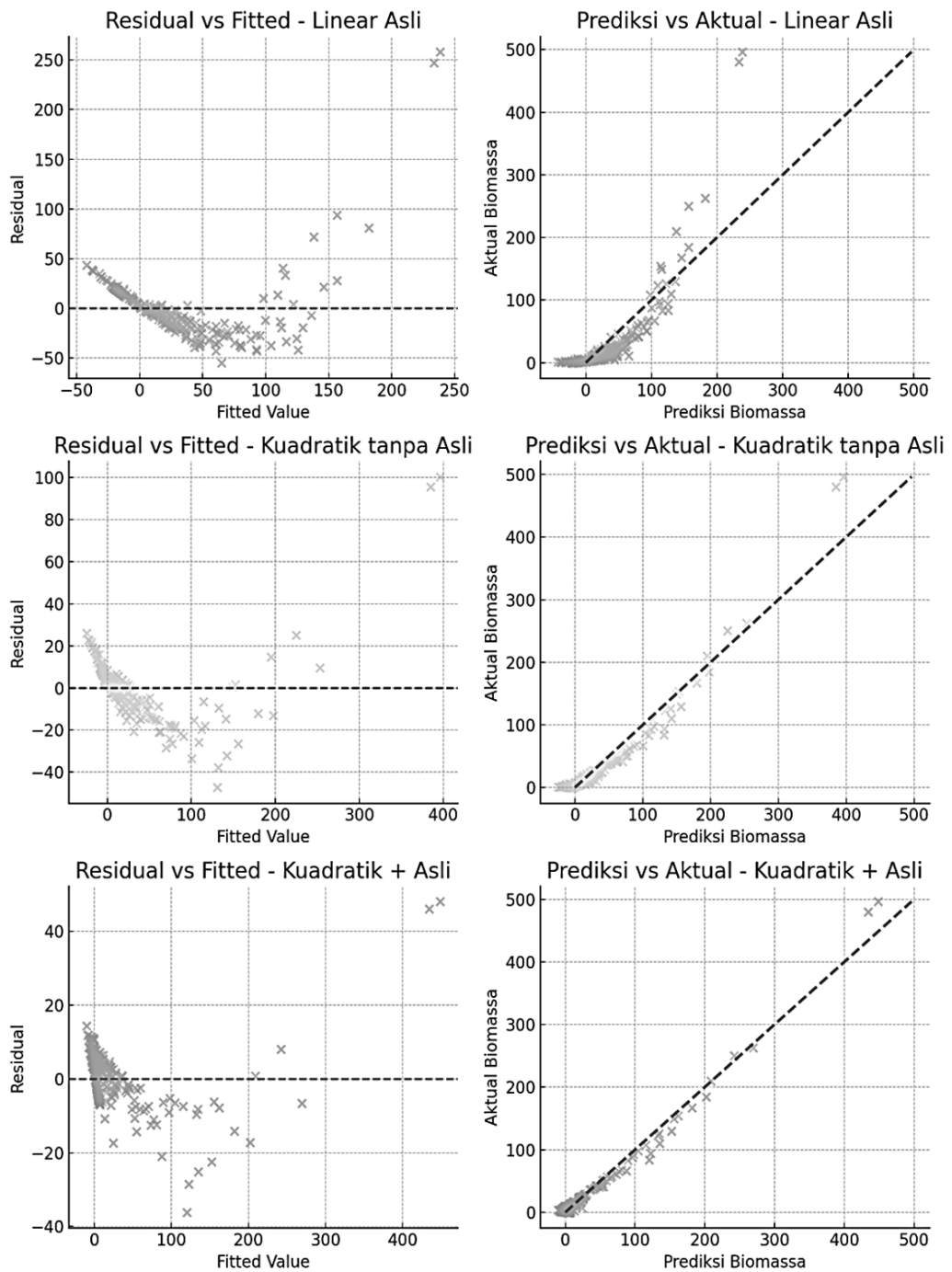
dengan $R^2 = 0,98$

Tabel 7 menunjukkan perbandingan tiga model regresi yang menganalisis hubungan antara umur, diameter (D), tinggi (T), dan bentuk kuadratnya. Model linear hanya menggunakan variabel asli dan menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,25, yang berarti hanya mampu menjelaskan 25% variasi data, sehingga kurang efektif untuk hubungan yang bersifat non-linear. Model kuadratik tanpa variabel asli menunjukkan peningkatan signifikan dengan R^2 sebesar 0,64, menandakan hubungan yang lebih kompleks dapat dijelaskan lebih baik. Model terbaik adalah model kuadratik dengan variabel asli, yang menggabungkan unsur linear dan non-linear sekaligus, menghasilkan R^2 sebesar 0,98. Nilai ini menunjukkan model tersebut memiliki kemampuan prediksi yang sangat tinggi dan paling akurat dalam menggambarkan hubungan antara variabel biomassa pohon. Perbandingan nilai R^2 ketiga model ini divisualisasikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai R² tiga model regresi semua umur

Gambar 5 menunjukkan bahwa model kuadratik dengan variabel asli memiliki kemampuan prediksi terbaik ($R^2 = 0,98$), diikuti model kuadratik tanpa variabel asli ($R^2 = 0,94$) dan model linear ($R^2 = 0,25$). Evaluasi performa model juga dilihat melalui plot Residual vs Fitted dan Prediksi vs Aktual (Gambar 8), untuk menilai sebaran error serta akurasi prediksi biomassa dibandingkan dengan data aktual.



Gambar 6. Grafik *Plot Residual vs Fitted* dan *Prediksi vs Aktual* tiga model regresi semua umur.

Gambar 6 menunjukkan bahwa model kuadratik dengan variabel asli memberikan hasil prediksi biomassa paling optimal berdasarkan nilai R^2 , sebaran residual, dan kecocokan prediksi terhadap data aktual. Model ini

direkomendasikan untuk pemodelan biomassa tegakan pohon tropis, namun tetap memerlukan uji asumsi klasik dan validasi sebelum digunakan untuk prediksi atau pengambilan keputusan.

Menghitung Prediksi Target Cadangan Karbon pada Hutan Alam Tropis

Dari hasil analisis data tabel tersebut diperoleh Persamaan polinomial kuadrat hasil pemodelan:

$$\text{Karbon (ton/ha)} = 0.76 \times (\text{Umur})^2 - 6.11 \times (\text{Umur}) + 12.67$$

Dari rumus tersebut apabila kita ingin mengetahui pada umur berapa nilai cadangan karbon bisa memenuhi syarat IPCC diatas, berikut cara dan hasil perhitungannya :

Mencari umur saat karbon mencapai 200 ton/ha:

$$200 = 0.7596 \times (\text{Umur})^2 - 6.1070 \times (\text{Umur}) + 12.6710$$

Ubah ke bentuk persamaan kuadrat:

$$0.7596 \cdot X^2 - 6.1070 \cdot X + 12.6710 - 200 = 0$$

$$0.7596 \cdot X^2 - 6.1070 \cdot X - 187.329 = 0$$

Maka, gunakan rumus kuadrat:

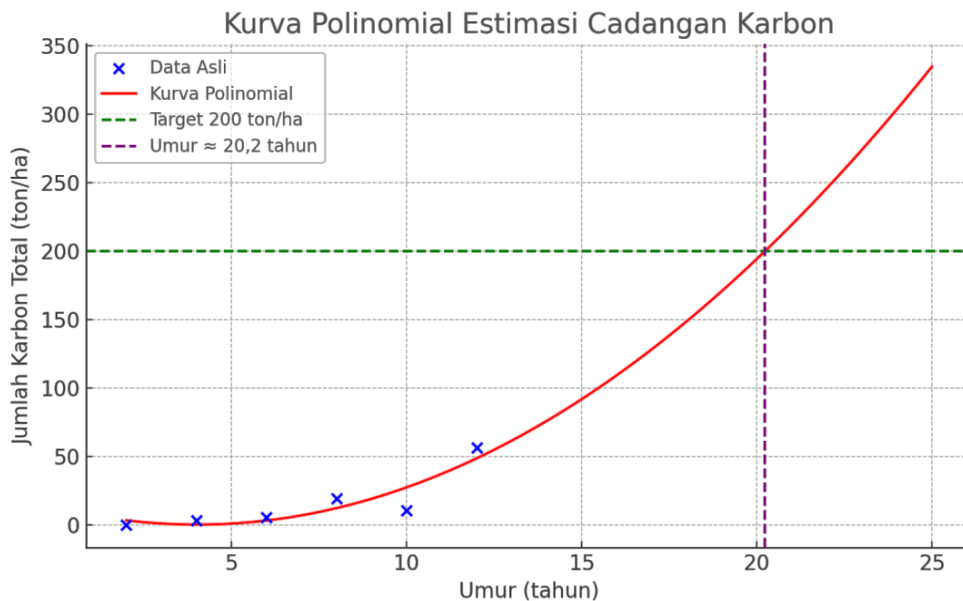
$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dengan $a = 0.7596$, $b = -6.1070$, $c = -187.329$

Hasil perhitungan: $X = 20.23$

Umur saat karbon 200 ton/ha dicapai adalah sekitar 20,2 tahun.

Bila digambarkan dalam bentuk grafik bisa dilihat dalam gambar 9 berikut ini.



Gambar 7. Grafik Perhitungan Estimasi cadangan karbon standar hutan alam tropis

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara umur tegakan dan cadangan karbon berdasarkan hasil observasi dan model polinomial derajat dua ($Y = 0.76x^2 - 6.11x + 12$), dengan target 200 ton/ha tercapai pada umur sekitar 20,2 tahun. Model polinomial dipilih karena mampu menggambarkan pola pertumbuhan karbon yang tidak linear pada fase awal hingga dewasa, meskipun memiliki keterbatasan ketika digunakan di luar rentang data (2–12 tahun). Untuk simulasi jangka panjang, disarankan menggunakan model biologis seperti sigmoid yang lebih realistis dalam memprediksi pertumbuhan karbon hutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa cadangan karbon pada tegakan Meranti, tumbuhan bawah, dan seresah meningkat seiring bertambahnya umur, dengan total 56,59 ton/ha dan serapan CO₂ 207,68 ton/ha pada umur 12 tahun. Diameter pohon berpengaruh paling signifikan terhadap cadangan karbon. Model kuadratik dengan variabel asli dan pangkat duanya memberikan prediksi biomassa paling akurat (R² tertinggi). Hasil

pemodelan polinomial menunjukkan cadangan karbon hutan tropis sebesar 200 ton/ha diperkirakan tercapai pada umur 20,2 tahun, menjadikan model ini dasar penting untuk perencanaan dan pengelolaan hutan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Hairiah, K., & Mulyani, A. (2011). *Petunjuk praktis pengukuran cadangan karbon tanah gambut*. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Agus, F., (2011). Estimating carbon stocks in forest ecosystems: A comparison of methods and approaches. *Journal of Forestry*, 45(2), 110–123.
- Astuti, R., Wasis, B., & Hilwan, I. (2020). Potensi cadangan karbon pada lahan rehabilitasi di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*, 25(2), 140–148. <https://doi.org/10.29244/medkon.25.2.140-148>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 7724-2011: Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon—Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*. <https://www.bsn.go.id>
- Baskaran, M., Swamy, G. S. K., Jayakumar, S., & Prabakaran, S. (2016). Estimation of biomass and carbon stock in the natural forests using regression models in the Eastern Ghats of Tamil Nadu, India. *Ecological Engineering*, 97, 410–417. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.064>
- Bastomi, S. (2019). *Karakteristik Biji Tengkawang (Shorea stenoptera) dan Potensinya sebagai Pengganti Cocoa Butter*. *Jurnal Sumber Daya Alam*, 8(3), 90-98.
- Binus University. (2021, August 12). *Memahami analisis regresi linear berganda*. <https://accounting.binus.ac.id/2021/08/12/memahami-analisis-regresi-linear-berganda/>

- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., ... & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chave, J., Réjou - Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., ... & Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177-3190
- Ghazoul, J., & Sheil, D. (2010). Staggered flowering in the Dipterocarpaceae: New insights into floral induction and the evolution of mast fruiting in the aseasonal tropics. *The American Naturalist*, 176(5), 652–663. <https://doi.org/10.1086/284837>
- Hadi, S. (2018). *Studi Pemanfaatan Minyak Tengkwang dalam Industri Kosmetik dan Pangan di Kalimantan Barat*. Jurnal Industri Alam, 5(1), 102-113.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Pearson.
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan*. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Office.
- Harry, K. S. (2018). Analisis Pertumbuhan Meranti Merah dan Meranti Putih di Kalimantan Tengah. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Palangkaraya. <https://repository.umpr.ac.id/331/15/BAB%20II.pdf>
- Hosaka, T., Inoue, T., Kato, M., & Yumoto, T. (2016). *Dispersal seed predators to sequential flowering of dipterocarps in Pasoh Forest Reserve, Malaysia*. *Biotropica*, 48(6), 825–833. https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/30265/Hosaka_et_al_2016_Biotropica.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Indonesia. (2016). *Nationally determined contribution (NDC) pertama Republik Indonesia*.

http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/resources/ndc/terjemahan_NDC.pdf

- IPCC. (2006). *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Irwanto. (2006). *Pengaruh Perbedaan Naungan terhadap Pertumbuhan Semai Shorea sp di Persemaian* [Tesis, Universitas Gadjah Mada].
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An introduction to statistical learning: With applications in R* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1418-1>
- JASP Team. (2023). *JASP (Version 0.18) [Computer software]*. <https://jasp-stats.org>
- Junaedi, D. (2017). Estimasi biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik (Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). [https:// repository.its.ac.id/47266/7/1512100703Undergraduate_Theses.pdf](https://repository.its.ac.id/47266/7/1512100703Undergraduate_Theses.pdf).
- Kementerian Kehutanan dan Perkebunan Republik Indonesia. (1998). *Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 625/Kpts-II/1998 tentang Sistem Silvikultur Tebang Pilih dan Tanam Jalur (TPTJ) dalam Pengelolaan Hutan Produksi Alam*. Diakses dari <https://peraturan.huma.or.id/pub/971-surat-keputusan-menteri-kehutanan-dan-perkebunan-nomor-625-kpts-ii-1998>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2017). *Strategi implementasi NDC*. [http:// ditjenp pi.me nlhk.g o.id/r eddpl us/images/adminppi/dokumen /strategi_implementasi_ndc.pdf](http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/adminppi/dokumen/strategi_implementasi_ndc.pdf)
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2018). *Peraturan Direktur Jenderal Pengelolaan Hutan Produksi Lestari Nomor P.12/PHPL/SET/KUM.1/12/2018 tentang Pedoman Teknik Silvikultur Intensif (SILIN) Meranti dalam Pengelolaan Hutan Alam Produksi*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2020). Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim (SRN PPI Indonesia). <https://srn.menlhk.go.id/>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2021 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, serta Pemanfaatan Hutan di Hutan Lindung dan Hutan Produksi*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Manual Pelaksanaan Teknik Silvikultur Intensif (SILIN)*. Direktorat Jenderal Pengelolaan Hutan Produksi Lestari, KLHK. Tersedia di: https://pctl.menlhk.go.id/assets/img/publication/Draft_Manual_Serial_Folu_3_08_04_23.pdf
- Ketterings, Q. M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y., & Palm, C. A. (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146(1-3), 199–209.
- Masripatin, N., Ginoga, K., Wibowo, A., Dharmawan, W. S., Siregar, C. A., Lugina, M., Indartik, Wulandari, W., Sakuntaladewi, N., Maryani, R., Pari, G., Apriyanto, D., Subekti, B., Puspasari, D., & Utomo, A. S. (2010). *Pedoman pengukuran karbon untuk mendukung penerapan REDD+ di Indonesia*. Kementerian Kehutanan.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., & Prawira, S.A. (1981). *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan RI.
- Murdiyarsa, D., Dewi, S., Lawrence, D., & Seymour, F. (2015). *Pengelolaan hutan produksi alam dalam perubahan iklim (REDD+, pengelolaan hutan lestari dan RIL-C)* [Policy paper]. Institut Pertanian Bogor. https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/82948/1/Policy%20Paper_Lores_Final.pdf

- Murdiyarto, D., Widayati, A., Dwi, A. S., & Herdini, D. (2002). Estimasi cadangan karbon hutan. *CIFOR*.
- Rahayu, D. P., & Noviyanti, D. (2021). Penggunaan software JASP dalam analisis data statistik untuk penelitian sosial. *Jurnal Statistika dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 38–45. <https://doi.org/10.32602/jspm.v5i1.505>
- Runkle, J. R. (2021). *Regression modeling for environmental scientists*. CRC Press.
- Sahid, R. (2014). Cara melakukan analisis regresi multiple (berganda) dengan SPSS. <https://www.spssindonesia.com/2014/02/analisis-regresi-multipes-dengan-spss.html>
- Santoso, S. (2017). *Menguasai statistik multivariat dengan SPSS*. Elex Media Komputindo.
- Sugiyono. (2017). *Statistik untuk penelitian* (edisi revisi). Alfabeta.
- Sukotjo. (2009). *Teknik Silvikultur Intensif (SILIN)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suyanto, D. (2012). *Pemanfaatan Biji Tengawang dalam Industri Kosmetik dan Pangan*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(2), 45-55.
- Wahyudi, I., Rachman, O., & Yuniarti, Y. (2018). Media Tanam Optimal untuk Pembibitan dan Penanaman Hutan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 15(3), 155-163.
- Wahyuni, S., et al. (2020). Struktur Vegetasi dan Serapan Karbon di Kelompok Hutan Sungai Meranti, Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 8(1), 45-54.
- Wicaksono, B., Prasetyo, L. B., & Haruni, A. E. (2020). Praktik Silvikultur Intensif di Hutan Alam Produksi Indonesia. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 9(2), 101-113.
- Widiyatno, W., Soekotjo, S., Naiem, M., Hardiwinoto, S., & Purnomo, S. (2011). Pertumbuhan Meranti (*Shorea spp.*) pada sistem tebang pilih tanam jalur dengan teknik silvikultur intensif (TPTJ-SILIN).

Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, 8(4), 373–383.

<https://doi.org/10.20886/jphka.2011.8.4.373-383>

Wibisono, D. N. (2022). *Pengantar analisis data menggunakan JASP*. Deepublish.

EMISI KARBON DIOKSIDA (CO₂) PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT (*Elaeis quineensis* Jacq) DI LAHAN GAMBUT

Yessy Taras Tuty¹, Firlianty², Untung Darung², Adi Jaya², Sustiyah², Alpian²

¹Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat emisi CO₂ pada berbagai jenis penggunaan lahan gambut serta hubungannya dengan faktor lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi tertinggi ditemukan pada perkebunan kelapa sawit berumur 10 tahun sebesar 373,75 mg C m⁻² jam⁻¹, sedangkan emisi terendah terdapat pada lahan semak belukar sebesar 147,66 mg C m⁻² jam⁻¹. Faktor lingkungan yang memengaruhi emisi CO₂ meliputi suhu tanah, tinggi muka air tanah, kelembaban, dan pH tanah, dengan suhu tanah serta muka air tanah menunjukkan korelasi signifikan. Penurunan muka air tanah meningkatkan dekomposisi bahan organik sehingga memperbesar pelepasan CO₂ ke atmosfer. Hasil ini menegaskan pentingnya pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan untuk menekan emisi gas rumah kaca dan menjaga keseimbangan ekosistem.

Kata kunci: Emisi CO₂, Faktor lingkungan, Kelapa sawit, Lahan gambut

ABSTRACT

This study aims to examine CO₂ emissions across various peatland land uses and their relationship with environmental factors. The results showed that the highest emission occurred in 10-year-old oil palm plantations (373.75 mg C m⁻² h⁻¹), while the lowest was observed in shrubland (147.66 mg C m⁻² h⁻¹). Environmental factors influencing CO₂ emissions included soil temperature, groundwater table depth, humidity, and soil pH, with soil temperature and groundwater level showing significant correlations. A decrease in the groundwater table led to increased organic matter decomposition and higher CO₂ release. These findings highlight the importance of sustainable peatland management to reduce greenhouse gas emissions and maintain ecosystem balance.

Keywords: CO₂ emissions, Environmental Factors, Oil Palm, Peatland

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu isu lingkungan global yang paling mendesak, ditandai dengan perubahan pola dan intensitas unsur iklim dalam jangka waktu panjang. Fenomena ini terutama disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya karbon dioksida (CO₂), yang berasal dari berbagai aktivitas manusia. Emisi CO₂ menjadi penyumbang utama pemanasan global dan perubahan iklim, dengan sumber terbesar berasal dari sektor energi, industri, limbah, pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan. Di Indonesia, komitmen untuk menurunkan emisi CO₂ sebesar 26% telah menjadi bagian penting dari upaya mitigasi perubahan iklim nasional sebagaimana diatur oleh BAPPENAS (2011).

Salah satu ekosistem yang memiliki peranan penting dalam siklus karbon global adalah lahan gambut. Lahan ini berfungsi sebagai penyimpan karbon (carbon storage) yang mampu menahan emisi karbon dalam jumlah besar. Namun, ketika lahan gambut mengalami perubahan fungsi menjadi lahan pertanian atau perkebunan, proses dekomposisi bahan organik meningkat akibat perubahan kondisi hidrologi. Pengeringan dan drainase yang dilakukan untuk menunjang kegiatan budidaya menyebabkan peningkatan oksidasi bahan organik, sehingga terjadi pelepasan CO₂ ke atmosfer. Kondisi ini menjadikan lahan gambut yang sebelumnya berperan sebagai penyerap karbon justru berubah menjadi sumber emisi karbon.

Perubahan fungsi lahan gambut secara besar-besaran, khususnya untuk perkebunan kelapa sawit, memperparah kondisi tersebut. Sistem drainase yang diterapkan untuk mengurangi kelembapan tanah menyebabkan lapisan gambut yang sebelumnya jenuh air menjadi

terpapar oksigen, sehingga mempercepat dekomposisi bahan organik. Selain itu, penebangan hutan untuk pembukaan lahan sawit juga melepaskan karbon dari biomassa ke atmosfer, memperburuk neraca karbon di wilayah tersebut. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perubahan hidrologi dan pembukaan lahan di ekosistem gambut mengakibatkan gangguan permanen terhadap keseimbangan karbon (Page et al., 2002; Hirano et al., 2007). Dengan demikian, kegiatan perkebunan kelapa sawit di lahan bergambut memiliki dampak langsung terhadap peningkatan emisi CO₂.

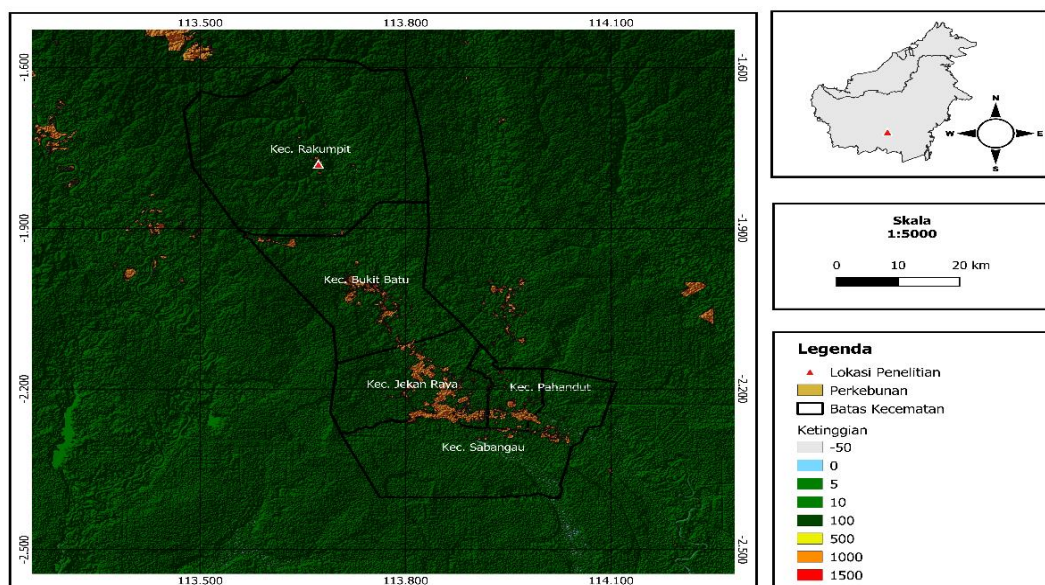
Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) memiliki kemampuan fotosintesis yang tinggi dan berpotensi menyerap karbon dalam jumlah besar. Secara teoritis, setiap hektar kebun sawit dapat menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen lebih banyak dibandingkan hutan alami (Isu & Sawit, 2020). Namun, potensi positif ini hanya dapat tercapai apabila pengelolaan kebun dilakukan secara berkelanjutan. Tanpa praktik pengelolaan yang baik, kebun kelapa sawit di lahan bergambut justru menjadi penyumbang utama emisi karbon. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan dari berbagai tutupan lahan, termasuk kebun kelapa sawit pada umur berbeda, serta faktor-faktor lingkungan yang memengaruhinya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan dari berbagai tutupan lahan di lahan bergambut dan mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadapnya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui hubungan antara emisi CO₂ dengan variabel lingkungan seperti suhu tanah, kelembaban, pH, dan tinggi muka air tanah, serta menganalisis kontribusi kebun kelapa sawit pada umur yang berbeda terhadap emisi karbon di

atmosfer. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman ilmiah mengenai interaksi antara tutupan lahan, faktor lingkungan, dan emisi CO₂ di ekosistem gambut. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan pengelolaan kebun kelapa sawit yang berkelanjutan, meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap dampak lingkungan, serta mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi gas rumah kaca.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan pada kebun kelapa sawit yang terletak di lokasi perkebunan rakyat km. 15 Kelompok Tani Bina Makmur Kota Palangka Raya provinsi Kalimantan Tengah, pelaksanaannya dari bulan September-Desember 2024. Lokasi penelitian secara detail disajikan pada Gambar 1.



Gambar. 1 Lokasi Penelitian

Analisis Data

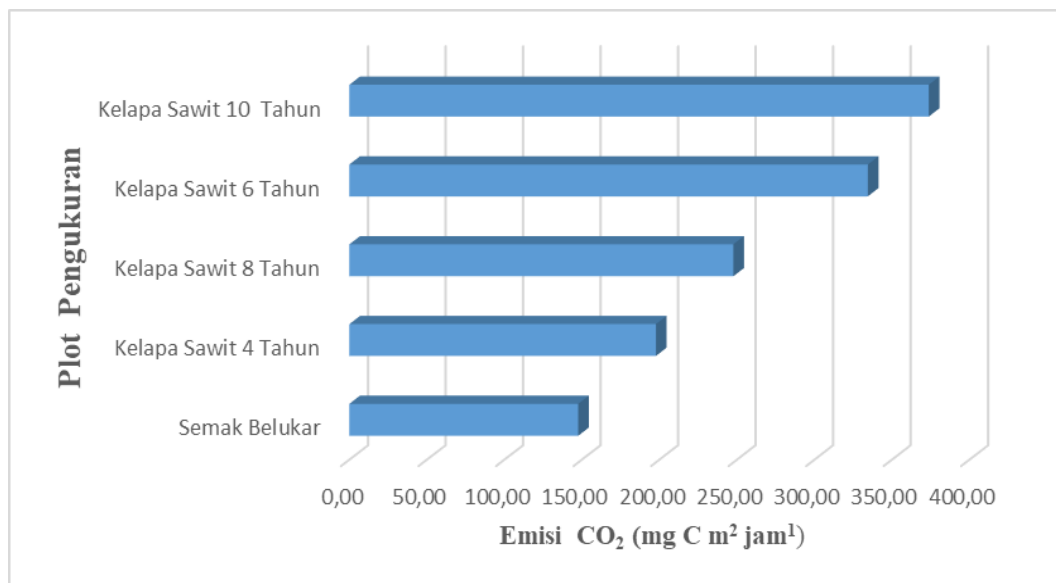
Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan yang saling melengkapi untuk memperoleh hasil

yang komprehensif. Pengumpulan data dilakukan melalui rancangan penelitian plot sederhana (*simple randomized plot*) yang diterapkan pada lima tipe tutupan lahan, yaitu semak belukar, kebun kelapa sawit berumur 4 tahun, 6 tahun, 8 tahun, dan 10 tahun. Pendekatan ini digunakan untuk mengetahui besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan serta mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang memengaruhinya. Selanjutnya, hubungan antara emisi CO₂ dan faktor-faktor lingkungan seperti suhu tanah, suhu udara, kelembaban tanah, kelembaban udara, tinggi muka air tanah, pH air, dan pH tanah dianalisis menggunakan uji regresi dan korelasi sederhana untuk menentukan tingkat keeratan dan arah pengaruh antarvariabel. Data yang diperoleh kemudian diolah secara kuantitatif melalui tabulasi dan penyajian dalam bentuk grafik guna menggambarkan pola variasi emisi CO₂ pada berbagai umur tanaman kelapa sawit di lahan bergambut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Emisi CO₂ pada Penggunaan Lahan yang Berbeda

Hasil penelitian memperlihatkan pola emisi dari 5 (lima) penggunaan lahan, dalam hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola Emisi CO₂ pada Penggunaan Lahan yang Berbeda di Lahan Bergambut

Data pada gambar 2 bahwa emisi CO₂ pada 5 (lima) penggunaan lahan yang berbeda di lahan bergambut menunjukkan bahwa rata-rata emisi CO₂ berkisar 247,75 – 373,75 mg C m⁻² jam⁻¹, dimana emisi tertinggi adalah pada penggunaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit umur 10 tahun (373,75 mg C m⁻² jam⁻¹) dan terendah terdapat pada penggunaan lahan semak beluar (147,66 mg C m⁻² jam⁻¹).

Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Emisi CO₂

Hasil pengukuran parameter lingkungan yang mempengaruhi emisi CO₂ pada 5 (lima) penggunaan lahan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Emisi CO₂ dan Parameter Lingkungan

Penggunaan Lahan	CO ₂	Suhu Tanah 4 cm	Suhu Tanah 10 cm	Suhu Udara	Kelembaban Udara	Water Table	pH Tanah
	(mg C m ⁻² jam ⁻¹)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(cm)	
Semak Belukar	147,66	27,94	26,58	30,17	60,34	-32,37	4,58
Kelapa Sawit 4 Tahun	197,78	28,01	26,51	30,67	59,41	-35,08	4,41
Kelapa Sawit 8 Tahun	247,75	27,78	27,13	30,25	61,32	-33,94	4,39
Kelapa Sawit 6 Tahun	334,45	26,75	26,67	30,30	62,77	-10,86	4,75
Kelapa Sawit 10 Tahun	373,75	28,81	26,33	30,95	62,92	-12,39	4,69

Data hasil penelitian pada tabel 1 memperlihatkan bahwa emisi CO₂ yang terjadi pada lahan bergambut diakibatkan oleh peangelolaan lahan

atau penggunaan lahan. Emisi CO₂ tertinggi terdapat pada penggunaan lahan perkebunan kelapa sawit umur 10 tahun (373,75 mg C m⁻² jam⁻¹) dan terendah terdapat pada penggunaan lahan semak beluar (147,66 mg C m⁻² jam⁻¹). Tingginya emisi CO₂ di lokasi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan, antara lain: suhu tanah, kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, tinggi muka air tanah (*water table*), kandungan bahan organik tanah, dan lainnya. Lahan gambut merupakan sumber cadangan karbon terrestrial yang sangat penting untuk diperhitungkan dan hanya meliputi 3% dari luas daratan di seluruh dunia, namun menyimpan 550 Gigaton C atau setara dengan 30% karbon tanah, 75% dari seluruh karbon atmosfer, setara dengan seluruh karbon yang dikandung biomassa (massa total makhluk hidup) daratan dan setara dengan dua kali simpanan karbon semua hutan di seluruh dunia (Jauhianien, *et al.*, 2005). Namun demikian, jika lahan gambut mengalami gangguan maka lahan gambut dapat melepas karbon dalam bentuk CO₂ menjadi sumber *gas rumah kaca*, bersamaan dengan metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O).

Hubungan Faktor-Faktor Lingkungan dengan Emisi CO₂

Tabel 2. Hasil Analisis Korelasi (Metode Pearson)

	CO ₂	Suhu Tanah 4 cm	Suhu Tanah 10 cm	Suhu Udara	Kelembaban Udara	Water Table	pH tanah
CO ₂	1,00	-0,34 *	-0,33	0,25	-0,25	0,87 *	-0,21
Suhu Tanah 4 cm	-0,34 *	1,00	0,20	-0,41 *	0,64 *	-0,44 *	-0,15
Suhu Tanah 10 cm	-0,33	0,20	1,00	-0,06	-0,16	-0,51 *	0,14
Suhu Udara	0,25	-0,41 *	-0,06	1,00	-0,13	0,38 *	-0,21
Kelembaban Udara	-0,25	0,64 *	-0,16	-0,13	1,00	-0,24	-0,26
Water Table	0,87 *	-0,44 *	-0,51 *	0,38 *	-0,24	1,00	-0,27
pH tanah	-0,21	-0,15	0,14	-0,21	-0,26	-0,27	1,00

Keterangan: warna merah dan tanda *) menunjukkan pengaruh nyata taraf $\alpha = 0,05$

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu tanah di lokasi penelitian berkisar antara 24–30°C. Rentang suhu tersebut masih berada

dalam kisaran optimum aktivitas mikroba tanah dan proses dekomposisi bahan organik. Suhu tertinggi umumnya terjadi pada siang hari di area terbuka seperti kebun kelapa sawit umur 10 tahun, sedangkan suhu terendah ditemukan pada lahan semak belukar yang memiliki penutupan tajuk lebih rapat. Variasi suhu ini berpengaruh terhadap besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan, di mana lahan dengan suhu tanah lebih tinggi cenderung melepaskan emisi CO₂ yang lebih besar akibat meningkatnya aktivitas mikroorganisme dan dekomposisi bahan organik.

Emisi CO₂ tertinggi terukur pada lahan kelapa sawit umur 10 tahun sebesar 373,75 mg C m⁻² jam⁻¹, sedangkan terendah pada lahan semak belukar sebesar 147,66 mg C m⁻² jam⁻¹. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aktivitas respirasi tanah meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman kelapa sawit. Peningkatan emisi juga berkaitan dengan kondisi lingkungan seperti suhu tanah dan kedalaman muka air tanah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin dalam muka air tanah, laju emisi CO₂ semakin tinggi akibat meningkatnya oksidasi bahan organik.

Kondisi hidrologi pada saat penelitian menunjukkan fluktuasi tinggi muka air tanah antara -20 cm hingga -60 cm. Pada kedalaman di bawah -40 cm, lapisan permukaan gambut mulai mengering, sehingga proses dekomposisi berjalan lebih cepat. Hal ini sejalan dengan temuan Jauhiainen et al. (2005) bahwa suhu dan tinggi muka air tanah merupakan faktor dominan yang mengontrol pelepasan karbon di lahan gambut. Selain itu, curah hujan yang tidak merata selama penelitian menyebabkan perbedaan kelembapan tanah antarplot, yang turut memengaruhi besarnya emisi.

Hubungan antara emisi CO₂ dan faktor lingkungan menunjukkan korelasi positif antara suhu tanah dan emisi CO₂, serta korelasi negatif

antara tinggi muka air tanah dan emisi CO₂. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu tanah mempercepat dekomposisi bahan organik, sedangkan penurunan muka air tanah meningkatkan oksidasi gambut. Faktor lain seperti pH tanah, suhu udara, dan kelembapan memiliki pengaruh yang lebih lemah terhadap variasi emisi CO₂.

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Darung et al. (2019) yang menyebutkan bahwa jarak dari saluran drainase tidak secara signifikan memengaruhi emisi CO₂, namun area yang lebih jauh dari kanal utama cenderung menghasilkan emisi lebih tinggi. Penelitian Jamaludin et al. (2020) juga melaporkan bahwa perkebunan kelapa sawit rakyat menyumbang emisi sebesar 35,9 ton ha⁻¹ th⁻¹ dengan kontribusi respirasi heterotrofik mencapai 57,4%. Sementara itu, Pahlipi et al. (2017) menemukan bahwa emisi meningkat pada kondisi pH mendekati netral, meskipun tidak berbeda nyata antarperlakuan.

Secara keseluruhan, peningkatan suhu tanah dan penurunan tinggi muka air tanah merupakan faktor utama yang meningkatkan emisi CO₂ di lahan gambut. Pengelolaan drainase dan kelembapan tanah yang baik diperlukan untuk menjaga kestabilan hidrologi serta menekan laju dekomposisi bahan organik, terutama pada perkebunan kelapa sawit berumur lanjut.

KESIMPULAN

Emisi CO₂ di lahan gambut bervariasi menurut tutupan lahan, tertinggi pada kelapa sawit umur 10 tahun (373,75 mg C m⁻² jam⁻¹) dan terendah pada semak belukar (147,66 mg C m⁻² jam⁻¹). Faktor lingkungan utama yang memengaruhi emisi adalah suhu tanah dan tinggi muka air tanah, di mana peningkatan suhu serta penurunan muka air tanah mempercepat dekomposisi bahan organik. Pengelolaan lahan gambut

perlu menjaga muka air tanah di atas –40 cm, melakukan pemantauan kondisi tanah secara rutin, serta menerapkan sistem tanam berkelanjutan untuk menekan emisi dan mencegah degradasi ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Restorasi Gambut (BRG). 2016. Mengawali Restorasi Gambut Indonesia. Jakarta.
- Carlson, K. M., Curran, L. M., Asner, G. P., Pittman, A. M. D., Trigg, S. N., & Marion Adeney, J. (2013). Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nature Climate Change*, 3(3), 283–287. <https://doi.org/10.1038/nclimate1702>
- Darian, A., Jubaiedah, Wahyunto, & Pitono, J. 2013. Effect of drainage water level, fertilizer, and ameliorant on CO₂ emission at oil palm plantation on peatland. *Jurnal Littri*, 19(2).
- Darung, U., Soemarno, Dohong, S., & Prayogo, C. (2019). the Effect of Main Canals on Co₂ Emissions in Palm Oil Plantations At Peatland, Central Kalimantan of Indonesia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 88(4), 214–222. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2019-04.27>
- Ditjen. PPKL-KLHK, 2017. Statistik 2017 (Statistik Kualitas Air, Udara, dan Tutupan Lahan. Jakarta.
- Dohong, A. (2018). *Implementing Peatland Restoration in Indonesia: Technical Policies, Interventions and Recent Progress*. September.
- Feng, Q., & Lin, Y. (2017). Integrated processes of anaerobic digestion and pyrolysis for higher bioenergy recovery from lignocellulosic biomass: A brief review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77(March), 1272–1287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.022>
- IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press

- Isu, A., & Sawit, S. (2020). *Palm ' Journal. 1(28)*.
- Jamaludin, J., Gusmayanti, E., & Anshari, G. Z. (2020). Emisi Karbon Dioksida (CO₂) dari Pertanian Skala Kecil di Lahan Gambut. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 18(3)*, 582–588. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.582-588>
- Koh, L. P., & Wilcove, D. S. (2008). Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conservation Letters, 1(2)*, 60–64. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263x.2008.00011.x>
- Kurniarahma, L., Laut, L. T., & Prasetyanto, P. K. (2022). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi CO₂ di Indonesia. *Dinamic, 2(2)*, 368–385.
- Kusin, F. M., Akhir, N. I. M., Mohamat-Yusuff, F., & Awang, M. (2017). Greenhouse gas emissions during plantation stage of palm oil-based biofuel production addressing different land conversion scenarios in Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research, 24(6)*, 5293–5304. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8270-0>.
- Labiba, D., & Pradoto, W. (2018). Sebaran emisi CO₂ dan implikasinya terhadap penataan ruang area industri di Kabupaten Kendal. *Jurnal Pengembangan Kota, 6(2)*, 164–173.
- Lampela, M., Jauhaine, J., Sarkkola, S., & Vasander, H. (2017). To treat or not to treat? The seedling performance of native tree species for reforestation on degraded tropical peatlands of SE Asia. *Forest Ecology and Management, 429* (February), 217–225. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.029>.
- Manning, F. C., Kho, L. K., Hill, T. C., Cornulier, T., & Teh, Y. A. (2019). Carbon Emissions From Oil Palm Plantations on Peat Soil. *Frontiers in Forests and Global Change, 2*(August). <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00037>.
- Pahlipi, M. R., Aryanti, E., Irfan, M., Permanasari, I., & Arminudin, A. T. (2017). Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) Pada Perkebunan Kelapa

- Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Yang Ditumpangsari Dengan Tanaman Pangan Di Lahan Gambut. *Jurnal Agroteknologi*, 7(2), 35. <https://doi.org/10.24014/ja.v7i2.3355>
- Profile, S. E. E. (2018). AH. May. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31986.81604>
- Ritung, S., & Sukarman. (2016). Lahan Gambut Indonesia: Kesesuaian Lahan Gambut untuk Pertanian. In *Lahan Gambut Indonesia*.
- Runtuuwu, E., Kartiwa, B., Sudarman, K., Nugroho, W. T., & Firmansyah, A. 2011. Dinamika elevasi muka air pada lahan dan saluran di lahan gambut. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 21(2), 63-74. <http://doi.org/10.14203/risetgeotam2>.
- Santosa, P. B., & Supriyo, H. 2012. Kondisi Lingkungan Tempat Tumbuh Balangeran di Hutan Rawa Gambut. In Suryanto & T. S. Hadi (eds), *Budidaya Shorea Balangeran di Lahan Gambut* (I, pp. 55-65). Banjarbaru: Balai Penelitian Kehutanan Banjarbaru.
- Sinclair, A. L., Graham, L. L. B., Putra, E. I., Saharjo, B. H., Applegate, G., Grover, S. P., & Cochrane, M. A. 2020. Effects of distance from canal and degradation history on peat bulk density in a degraded tropical peatland. *Science of the total environment*, 699, 134199. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134199>.
- Soegiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*.
- Stephanie, M. C., Gusmayanti, E., & Pramulya, M. (2021). Emisi Co2 pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut yang Telah Mengalami Pemupukan. 205–210. <https://doi.org/10.26418/pipt.2021.8>
- Sulardi. (2022). *Buku Ajar Budidaya Kelapa Sawit* (Issue January).