

Evaluasi Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batu bara di PT Mahakam Sumber Jaya, Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur

Titin Kurniasih¹, Marlon Ivanhoe Aipassa^{1,2*}, Ibrahim^{1,3}, Yosep Ruslim¹, Kiswanto^{1,2}, Karyati¹, Marjenah¹,

¹Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Tropis Universitas Mulawarman Kalimantan Timur

²Pusat Pengembangan Infrastruktur Informasi Geospasial Universitas Mulawarman Kalimantan Timur

³Unit Penunjang Akademik Sumber Daya Hayati Hutan Tropis Lembap

*E-mail: marlon.ivanhoe@gmail.com

Artikel diterima : 20 November 2025. Revisi diterima : 10 Januari 2026

ABSTRACT

Reclamation of Post-coal mining area as PT Mahakam Sumber Jaya's responsibility towards the restoration of ecosystems affected by mining activities. The research purpose was to determine the effectiveness of post-coal mining land reclamation at PT. Mahakam Sumber Jaya, Kutai Kartanegara Regency. The study was conducted by studying and analyzing the influence of soil physical conditions and microclimate conditions on the success of revegetation. The research location was in the 2005 and 2010 reclamation area. The research plot was made 20 m × 20 m in a square shape. Each planting year, 3 measurement plots were determined. Primary and secondary data were collected in the form of top soil depth data, vegetation growth data, microclimate data. There was a significant variation in solum depth at the reclamation site, with a range from 54.88 cm to 77.64 cm. This indicated that there are differences in the capacity of the soil to support plant growth in various areas within the reclamation site. This variation had the potential to affect the availability of water and nutrients, which are important factors in plant growth. This study showed that the reclamation of Pot-coal mining land at PT Mahakam Sumber Jaya had progressed quite well, although there were variations in revegetation results between the locations reclaimed in 2005 and 2010. Descriptive statistical analysis indicates that favourable microclimate conditions are present, characterised by high average humidity (91.07%), though plants must adapt to an average surface temperature of 29.56°C. Pearson's correlation test indicates a weak positive relationship ($r = 0.20$) between solum depth and tree diameter; however, this relationship is not statistically significant. The scientific contribution of this study confirms that, although soil depth provides space for nutrients and water, factors other than physical soil depth have a more dominant influence on the rate of tree diameter growth in reclaimed land.

Key words: Coal, mahakam, post-mining, ,Reclamation, top-soil

ABSTRAK

Reklamasi lahan bekas tambang batu bara sebagai bentuk tanggung jawab PT Mahakam Sumber Jaya terhadap pemulihan ekosistem yang terdampak oleh kegiatan pertambangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas reklamasi lahan pascatambang batubara di PT Mahakam Sumber Jaya kabupaten Kutai Kartanegara. Penelitian dilakukan dengan melakukan kajian dan analisis pengaruh kondisi fisik tanah dan kondisi iklim mikro terhadap keberhasilan revegetasi Lokasi penelitian berada pada areal reklamasi tahun 2005 dan 2010. Pembuatan plot penelitian berukuran 20 m x 20 m berbentuk persegi. Setiap tahun tanam ditetapkan 3 plot ukur. Data primer dan sekunder dikumpulkan berupa data kedalaman tanah pucuk, data pertumbuhan vegetasi, data iklim mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa area reklamasi tahun 2010 memiliki performa pertumbuhan yang lebih baik dengan rata-rata diameter pohon mencapai 35,76 cm dan rata-rata kedalaman solum 77,64 cm pada plot terbaiknya, dibandingkan lokasi tahun 2005. Analisis statistik deskriptif menunjukkan kondisi iklim mikro yang mendukung dengan rata-rata kelembaban tinggi (91,07%), meskipun tanaman harus beradaptasi dengan rata-rata suhu permukaan 29,56°C. Uji korelasi Pearson menunjukkan hubungan positif yang lemah ($r = 0,20$) antara kedalaman solum dan diameter pohon, namun secara statistik tidak signifikan. Kontribusi ilmiah penelitian ini menegaskan bahwa meskipun kedalaman solum menyediakan ruang bagi nutrisi dan air, faktor-faktor lain di luar kedalaman tanah fisik memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap laju pertumbuhan diameter pohon di lahan reklamasi.

Kata kunci: Batu bara, Mahakam, pasca tambang, reklamasi, tanah-pucuk

PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber daya alam masih menjadi praktik umum di banyak negara untuk mendorong pertumbuhan ekonomi. Salah satu sumber daya yang paling umum dieksploitasi adalah batu bara, yang menjadi sumber energi utama di berbagai sektor industri (Nasare dkk., 2023). Indonesia kaya akan sumber daya batu bara, memiliki indeks kualitas batu bara yang baik, mudah untuk penambangan terbuka, dan memiliki lokasi ekspor batu bara yang baik di Asia Tenggara (Li, 2020).

Metode penambangan terbuka menjadi pilihan dominan dalam eksploitasi batu bara di Indonesia karena alasan ekonomis dan operasional. Penambangan terbuka menawarkan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan metode bawah tanah, dengan skala produksi yang lebih besar dan lebih cepat (Hadi & Homayoon, 2017); Šofranko dkk., 2020). Metode Aktivitas penambangan terbuka mengakibatkan kerusakan lanskap, degradasi kualitas tanah dari segi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Rahma dkk., 2021), serta hilangnya tutupan vegetasi yang luas (Nasare dkk., 2023), sehingga memicu penurunan fungsi ekologis kawasan (Duc dkk., 2011). Secara fisik lahan yang mengalami degradasi ini cenderung memiliki kedalaman efektif tanah yang dangkal, dengan lapisan penghambat pertumbuhan tanaman seperti pasir, kerikil, dan tailing (Gunawan dkk., 2023). Dari segi kimia, lahan bekas tambang kehilangan unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman, sehingga tidak mampu lagi mendukung vegetasi secara alami (Mulyani & Zahrah, 2021). Selain itu, pencemaran lingkungan akibat pembuangan zat beracun seperti arsenik, merkuri, berilium, dan timbal dari limbah pertambangan merupakan bahaya yang signifikan terhadap kualitas air, tanah, dan udara di sekitar operasi penambangan (Sikdar dkk., 2020; Fithrotunnisa. dkk., 2024).

Proses penambangan terbuka dan penimbunan secara signifikan mempengaruhi degradasi dan kontaminasi tanah, sehingga memerlukan rencana reklamasi menyeluruh (Demková dkk., 2019). Oleh karena itu, reklamasi lahan adalah topik utama dalam hal melindungi lingkungan dan menghidupkan kembali ekosistem (Sudarmadji & Hartati, 2023). Tujuan reklamasi tidak semata-mata untuk memperbaiki kerusakan fisik, tetapi juga untuk mengembalikan keanekaragaman hayati dan meningkatkan kualitas tanah, memungkinkannya digunakan kembali untuk tujuan pertanian atau konservasi tanah dan air (Aipassa & Hasan, 2020; Wang & Luo, 2023). Inisiatif ini melibatkan berbagai teknik, mulai dari

penanaman kembali vegetasi asli hingga pengelolaan air yang lebih baik, untuk memastikan bahwa area yang direklamasi dapat mendukung kehidupan baru dan berfungsi secara ekologis (Nasare dkk., 2023).

Rencana reklamasi yang baik juga harus melibatkan partisipasi masyarakat lokal, sehingga mereka dapat berkontribusi dalam proses pemulihan dan merasakan manfaat dari rehabilitasi lahan (Tyuleneva dkk., 2021). Lingkungan sekitar tambang sering menghadapi perubahan dalam ketersediaan sumber daya alam mereka, di samping penurunan sarana pendapatan mereka sebagai akibat dari operasi penambangan (Chairuddin dkk., 2023). Dengan demikian, reklamasi berupaya untuk tidak hanya menghidupkan kembali kondisi lingkungan tetapi juga untuk meningkatkan kualitas hidup bagi anggota masyarakat (Chairuddin dkk., 2023).

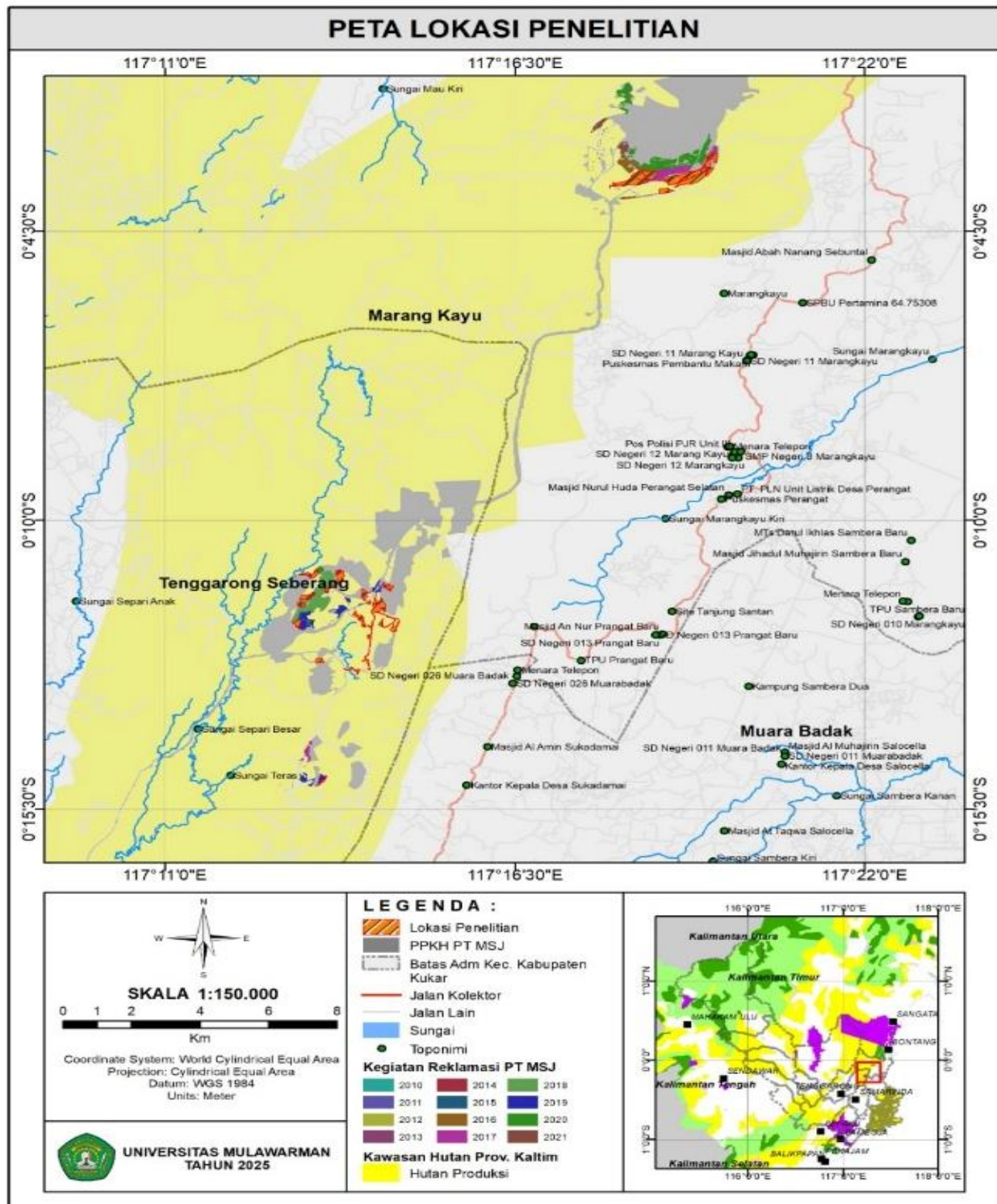
Meskipun penelitian mengenai revegetasi telah banyak dilakukan, terdapat celah pengetahuan mengenai sejauh mana manipulasi kedalaman solum tanah pucuk (topsoil) berinteraksi dengan stabilitas iklim mikro di area reklamasi yang memiliki tantangan suhu permukaan ekstrem. Kebaharuan dari penelitian ini terletak pada analisis integratif yang menghubungkan variasi kedalaman solum yang diaplikasikan secara teknis dengan respon pertumbuhan diameter pohon di bawah pengaruh parameter iklim mikro spesifik (suhu dan kelembaban) pada tapak pascatambang PT Mahakam Sumber Jaya. Fokus ini melampaui sekadar penilaian keberhasilan tumbuh tanaman, tetapi mengevaluasi efektivitas rekayasa profil tanah buatan dalam menciptakan mikrositus yang mendukung pemulihan ekologis jangka panjang.

Kegiatan reklamasi di PT Mahakam Sumber Jaya menjadi salah satu contoh implementasi praktik reklamasi yang berkelanjutan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan metode revegetasi yang tepat dapat meningkatkan efektivitas upaya reklamasi (Khairunnisa & Sulastri, 2024). Indikator-indikator ini sangat penting untuk menilai sejauh mana ekosistem dapat pulih setelah kegiatan pertambangan (Harsono dkk., 2024). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai efektivitas reklamasi lahan pascatambang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas reklamasi lahan pascatambang batubara di PT. Mahakam Sumber Jaya kabupaten Kutai Kartanegara. Sehingga dapat diketahui faktor yang mempengaruhi keefektifan reklamasi tersebut.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada lahan Bekas Tambang Batu bara di PT Mahakam Sumber Jaya, Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur, dilakukan sekitar 4 bulan, juli - oktober 2025 (Gambar 1). Penelitian dilakukan pada lahan

reklamasi yang sudah ditanami ditahun 2005 dan 2010. Data yang diambil adalah tinggi dan diameter pohon ((Herniwanti, 2021) serta faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan reklamasi, yaitu kedalaman tanah pucuk dan kondisi iklim mikro



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian

Plot Pengukuran

Pembuatan plot untuk pengambilan data vegetasi dan ketebalan tanah pucuk di Lokasi Penelitian. Plot ukur dibuat dengan ukuran 20 m x 20 m ((Herniwanti, 2021). Data vegetasi yang diukur meliputi nama jenis pohon, diameter, tinggi pohon dan tahun tanam. Selain itu untuk mengetahui iklim mikro dilakukan pengukuran suhu permukaan, suhu dalam tanah, kelembaban dan intensitas Cahaya (Fajri & Ngatiman, 2017).

Pada tahap pertama pengumpulan data, penelitian dilakukan dengan mengukur ketebalan tanah pucuk di beberapa titik yang representatif di area reklamasi dan di hutan alam sebagai pembanding. Hal ini bertujuan untuk mengetahui korelasi yang jelas antara pengelolaan tanah yang digunakan dalam reklamasi, serta seberapa efektif tebal tanah pucuk yang diaplikasikan PT Mahakam Sumber Jaya pada lokasi reklamasi bekas tambang batu bara dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Titik pengukuran akan dipilih secara acak namun representatif agar data yang diperoleh mencerminkan keadaan tanah secara keseluruhan, dan membantu dalam menilai efektivitas proses reklamasi yang telah dilakukan.

Pengambilan Data Iklim Mikro

Pengamatan terhadap kondisi iklim mikro di lokasi reklamasi akan dilakukan untuk memahami faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Beberapa parameter yang akan diamati meliputi kelembapan tanah dan udara, suhu, serta intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman. Pengukuran suhu dan kelembapan akan dilakukan pada berbagai titik di lokasi reklamasi, baik pada permukaan tanah maupun pada ketinggian yang lebih tinggi di area vegetasi pada pagi dan siang hari (Fajri & Ngatiman, 2017). Data tentang iklim mikro ini penting untuk menganalisis bagaimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan apakah ada kebutuhan untuk penyesuaian dalam pengelolaan iklim mikro guna mendukung keberhasilan reklamasi.

Analisis Data

Analisis Deskriptif

Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, bertujuan untuk memberikan gambaran umum tentang distribusi dan sifat data yang telah dikumpulkan (Bagaskara dkk., 2025).

Menghitung Rata-rata (Mean):

Rata-rata atau mean memberikan gambaran umum tentang nilai pusat data. Sebagai contoh, untuk variabel seperti ketebalan tanah atau pertumbuhan tanaman, rata-rata dapat menunjukkan tingkat pertumbuhan atau ketebalan yang umum di seluruh area reklamasi. Misalnya, jika rata-rata ketebalan tanah pada area reklamasi tertentu adalah 30 cm, ini menunjukkan kondisi umum tanah yang digunakan untuk reklamasi di area tersebut.

Deviasi Standar (Standard Deviation)

Deviasi standar mengukur seberapa jauh nilai-nilai dalam dataset tersebar dari rata-rata. Ini penting karena memberikan informasi tentang variabilitas atau konsistensi data. Misalnya, jika deviasi standar pertumbuhan tanaman di suatu lokasi sangat tinggi, ini menunjukkan bahwa ada variasi yang besar dalam pertumbuhan tanaman, yang mungkin dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kualitas tanah atau teknik reklamasi yang diterapkan.

Frekuensi Data (Frequency)

Analisis frekuensi data diterapkan untuk mengidentifikasi distribusi kategori data secara komprehensif, seperti tingkat keberhasilan pertumbuhan vegetasi atau dominansi teknik reklamasi yang diimplementasikan. Penggunaan frekuensi ini memungkinkan identifikasi pola-pola spesifik yang berkaitan dengan efektivitas teknik reklamasi tertentu terhadap optimalisasi pertumbuhan tanaman di lokasi penelitian.

Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL)

Untuk mencapai tujuan penelitian dalam mengevaluasi efektivitas reklamasi lahan pascatambang di PT Mahakam Sumber Jaya, digunakan metode Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) sebagai kerangka analisis utama (Julita dkk., 2025). Penerapan RAKL ini berfungsi untuk mengevaluasi hubungan antara variabel independen, yang mencakup ketebalan tanah pucuk (solum) dan kondisi iklim mikro, terhadap variabel dependen berupa parameter keberhasilan pertumbuhan vegetasi. Data yang diperoleh kemudian diproses melalui analisis statistik deskriptif untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai sebaran data, termasuk nilai rata-rata (*mean*) dan deviasi standar guna menilai konsistensi hasil reklamasi di berbagai area. Lebih lanjut, untuk menguji signifikansi pengaruh kedalaman solum terhadap perkembangan diameter pohon secara spesifik, dilakukan pengujian hipotesis melalui Uji Korelasi

Pearson dan Analisis Regresi Linear. Pendekatan statistik ini memungkinkan penelitian untuk mengidentifikasi pola pertumbuhan dan menentukan apakah manipulasi teknis pada kedalaman solum serta dinamika lingkungan mikro memiliki kontribusi signifikan terhadap pemulihan ekosistem di lahan bekas tambang.

Setelah melakukan pengamatan di lapangan dan dilakukan pengolahan data, terdapat data perbedaan keberhasilan revegetasi yang signifikan. Rekapitulasi rata-rata diameter pohon, tinggi pohon dan kedalaman solum disajikan pada tabel 1. Terdapat perbedaan rata-rata diameter dan tinggi pada kedua lokasi dengan jarak umur 5 tahun (Harsono dkk., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Performa Tanaman

Tabel 1. Data Performa Tanaman

Tahun Tanam	Data		Plot Ke -		
			I	II	III
2005	Rata-rata Diameter (cm)	Tanaman Sehat	19.36	8.84	9.24
	Rata-rata tinggi (m)	Tanaman Sehat	7.4	4.75	4.6
	Rata-Rata Kedalaman Solum	Tanaman Sehat	65.76	68.8	72.16
2010	Rata-rata Diameter (cm)	Tanaman Sehat	35.76	18.66	22.68
	Rata-rata tinggi (m)	Tanaman Sehat	10.71	7.6	5.5
	Rata-Rata Kedalaman Solum	Tanaman Sehat	77.64	56.24	54.88

Kondisi iklim pada lokasi kajian, tidak terdapat perbedaan yang signifikan, variasi suhu

cukup kecil, berikut data iklim disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Iklim pada lahan penelitian

Tahun Tanam	Suhu permukaan (°c)	Suhu dalam tanah (°c)	Intensitas cahaya (Lux)	Kelembaban (%)
2005	30.35	30.15	1624.5	85.25
2010	29.25	28.9	2065.5	93.34

Analisis data keberhasilan reklamasi pasca tambang batu bara di PT Mahakam Sumber Jaya, dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan melakukan analisis statistik untuk mengidentifikasi pengaruh variabel-variabel baik variabel dependen dan independen terhadap keberhasilan reklamasi.

Analisis Deskriptif

Statistik deskriptif memberikan gambaran umum tentang sebaran data, seperti rata-rata, standar deviasi, nilai maksimum dan minimum, serta kuartil (Herniwanti, 2021), berikut adalah hasil analisis sebaran data:

Tabel 3. Sebaran data

Data	Analisis		
	Rata-rata	Standar deviasi	Range
Suhu Permukaan	29.56 °c	0.50 °c	29.25 °c – 30.35 °c
Suhu dalam tanah	29.25 °c	0.57 °c	28.90 °c – 30.15 °c
Intensitas cahaya	1942,02 Lux	200,02 Lux	1624,5 Lux – 2065,5 Lux
Kelembaban	91.07%	3.67 %	85.25 % – 93.34 %
Diameter Pohon	20.25 cm	10.71 cm	7.01 cm – 51.91 cm
Kedalaman solum	62.07 cm	8.34 cm	54.88 cm - 77.64 cm

Dari statistik deskriptif yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa faktor iklim seperti suhu permukaan, suhu dalam tanah, intensitas cahaya, dan kelembaban memiliki variasi yang relatif kecil. Kondisi kelembaban yang tinggi (rata-rata 91%) menunjukkan bahwa kawasan reklamasi memiliki kelembaban yang cukup baik, yang merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Resti dkk., 2022). Di sisi lain, suhu permukaan yang cenderung tinggi (29.56°C) juga menunjukkan bahwa tanaman di area tersebut harus beradaptasi dengan suhu yang cukup panas.

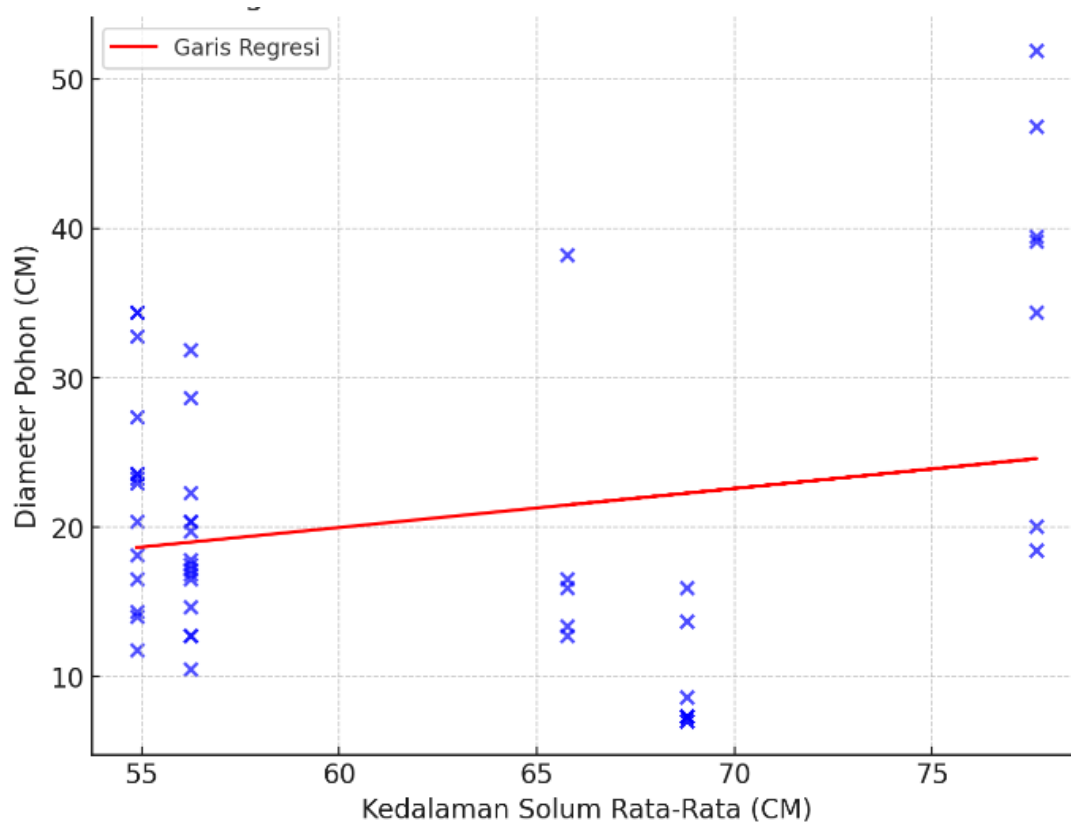
Hasil pengambilan data kedalaman solum, tercatat bervariasi dengan rentang dari 54.88 cm hingga 77.64 cm. Ini menunjukkan bahwa tanah di lokasi reklamasi memiliki variasi kedalaman yang cukup besar, yang bisa mempengaruhi kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman, terutama terkait dengan ketersediaan air dan nutrisi (Basuki dkk., 2022).

Pengaruh Kedalaman Solum dengan Perkembangan Diameter Pohon

Untuk mengetahui apakah kedalaman solum mempengaruhi perkembangan diameter pohon, dilakukan pengujian hipotesis yaitu dengan

menggunakan Uji korelasi Pearson dan menggunakan analisis Regresi Linear. Hasil uji korelasi menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar 0.20352, yang mengindikasikan bahwa ada hubungan yang lemah dan positif antara kedalaman solum dan diameter pohon. Namun, karena nilai p lebih besar dari 0.05, hubungan ini tidak signifikan secara statistik.

Analisis regresi linear diterapkan untuk mengevaluasi kapasitas prediktif kedalaman solum terhadap variabilitas diameter pohon. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh koefisien regresi sebesar 0,2614, yang secara teoritis mengindikasikan bahwa setiap penambahan 1 cm kedalaman solum berpotensi meningkatkan diameter pohon sebesar 0,2614 cm. Kendati demikian, uji signifikansi menunjukkan nilai ($p = 0.156$), yang menegaskan bahwa pengaruh kedalaman solum terhadap diameter pohon tidak signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi 0.05 (Rahmadina dkk., 2024). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan linear yang kuat antara ketebalan solum dengan laju pertumbuhan diameter pohon pada lokasi penelitian tersebut.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kedalaman Solum dan Diameter Pohon

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara kedalaman solum (sumbu x) dan diameter pohon (sumbu y). Titik-titik biru mewakili data observasi, dan garis merah menunjukkan garis regresi linier yang dihasilkan dari analisis regresi. Dari grafik ini, kita dapat melihat adanya hubungan lemah dan positif antara kedua variabel tersebut, meskipun hubungan ini tidak terlalu kuat berdasarkan nilai korelasi yang diperoleh. Garis regresi memberikan gambaran tren bahwa dengan bertambahnya kedalaman solum, diameter pohon sedikit meningkat, namun hubungan ini tidak cukup signifikan secara statistik.

KESIMPULAN

Penelitian evaluasi reklamasi lahan pascatambang batubara di PT Mahakam Sumber Jaya menyimpulkan beberapa poin, pertama terdapat perbedaan keberhasilan revegetasi yang signifikan antar plot penelitian. Tanaman pada area tahun tanam 2010 secara umum menunjukkan rata-rata diameter dan tinggi yang lebih besar dibandingkan area tahun tanam 2005 pada beberapa plot tertentu.

Faktor lingkungan di area reklamasi tergolong stabil dengan variasi suhu yang kecil (rata-rata suhu permukaan 29,56 °C) dan kelembapan yang tinggi (rata-rata 91%). Kondisi kelembapan ini sangat mendukung keberlanjutan pertumbuhan tanaman di lahan bekas tambang.

Meskipun kedalaman solum tanah pucuk bervariasi antara 54,88 cm hingga 77,64 cm, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kedalaman solum tidak memiliki hubungan linear yang signifikan terhadap diameter pohon (nilai 0,156 > 0,05). Hubungan antara keduanya tergolong positif namun lemah.

Secara keseluruhan, reklamasi telah berhasil menciptakan ekosistem dengan iklim mikro yang memadai. Namun, variasi pertumbuhan tanaman lebih dipengaruhi oleh faktor lain di luar kedalaman solum, seperti kualitas tanah atau teknik pengelolaan spesifik lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada masyarakat (DRPTM) Tahun Anggaran 2025 atas Hibah Penelitian Nomor Kontrak Induk No.0419/C3/DT.05.00/2025 dengan Nomor

Kontrak Turunan 549/UN17.L1/HK/2025, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman dan berbagai pihak yang membantu selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aipassa, M. I., & Hasan, H. (2020). Tingkat keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang batubara pada PT Bukit Baiduri Energi Kabupaten Kutai Kartanegara kota Samarinda Kalimantan Timur. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 7(1827), 102–110. <https://doi.org/10.31258/dli.7.2.p.102-110>
- Bagaskara, S., Nurhayati, E., Akmal, S. Z., Fitriana, T. S., & Januarsjaf, A. (2025). *Statistik Untuk Psikologi & ilmu sosial Buku Panduan Praktik Untuk Mahasiswa dan Peneliti Muda* (S. Bagaskar (ed.)). Universitas Yarsi.
- Basuki, Sari, V. K., & Mandala, M. (2022). Pemanfaatan Bahan Organik Sebagai Solusi Solum Tanah Dangkal di Desa Slateng Kecamatan Ledokombo Kaki Gunung Raung. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(1), 208–213. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jpmipi/article/view/1407/1044>
- Chairuddin, M. A., Mahyudin, I., Fatah, L., & Aziz, Y. (2023). Dampak Perusahaan Batubara terhadap Lingkungan dan Ekonomi Lokal Masyarakat Sekitar Kecamatan Padang Batung dan Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kalimantan Selatan (M. Army C., Idiannor M., Luthfi F. & Yusuf A.). *EnviroSciencieae*, 19(2), 130–139. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/es/article/view/16291/9144>
- Demková, L., Árvay, J., Bobuľská, L., Hauptvogel, M., & Hrstková, M. (2019). Open Mining Pits and Heaps of Waste Material as The Source of Undesirable Substances: Biomonitoring of Air and Soil Pollution in Former Mining Area (Dubník, Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research*, 26(34), 35227–35239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-019-06582-0>
- Duc, K. N., Anceev, T., & Randall, A. (2011). Evidence of climatic change in Vietnam: Some implications for agricultural production. *Journal of Environmental Management*, 231, 524–545. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479718311356>

- Fajri, M., & Ngatiman. (2017). Studi Iklim Mikro dan Topografi Pada Habitan Parashorea Malaanonan Merr. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20886/jpe.d.2017.3.1.1-12>
- Fithrotunnisa., E. D., Barokallah, O., Muharomah, D. R., & Rahayu, M. (2024). Analisis Dampak Lingkungan Terhadap Industri Batu Bara. *Elora Journal, Jurnal Pendidikan Biologi*, 01(01), 1–12. <https://doi.org/10.46306/elora.v1i1.1>
- Gunawan, C., Badaruddin, Kissinger, & Susanti, H. (2023). Keberhasilan Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara Studi Kasus Izin Usaha Pertambangan Di Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. *EnvironScienteeae*, 19(1), 76–87. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/es.v19i1.15887>
- Hadi, F., & Homayoon, K. (2017). International Journal of Mining Science and Technology New empirical model to evaluate groundwater flow into circular tunnel using multiple regression analysis. *International Journal of Mining Science and Technology*, 27(3), 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.03.005>
- Harsono, R., Suba, R. B., Kustiawan, W., Ivanhoe, M., Mulawarman, U., Gunung, K., Jl, K., & Samarinda, P. (2024). Keanekaragaman Vegetasi pada Beberapa Umur Revegetasi di Lahan Reklamasi Pascatambang Batubara PT Indominco Mandiri , Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 589–599. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jil.22.3.589-599>
- Herniwanti. (2021). *Evaluasi revegetasi pasca penambangan Batubara* (Dwi (ed.)). Syiah Kuala University Press. <https://repo.http.ac.id/id/eprint/416/3/3>
- Julita , E., Yuslinawari, & Falah, D. (2025). Pengaruh Kegemburan Tanah Terhadap Pertumbuhan Eucalyptus pellita di Estate Logas PT . RAPP. *Agroforetech*, 3(01), 717–722.
- Khairunnisa, A., & Sulastri, A. (2024). Penerapan Metode Enhanced Phytoremediation pada Lahan Bekas Tambang Emas Desa Tirta Kencana Kecamatan Bengkayang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(4), 951–960. <https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jtlb.v12i4.82442>
- Li, A. (2020). Analysis on the Current Situation and Future Outlook of Coal Market in Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 214–02004, 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021402004>
- Nasare, L. I., Rahman, L. A., & Darko, F. D. (2023). Indigenous knowledge systems for land condition assessment and sustainable land management in the Talensi District , Ghana. *Journal Of Degraded And Mining Lands Management*, 10(2), 4209–4217. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2023.102.4209>
- Rahma, N. D., Rizka, Y., Nufus, W., Saraswati, N. A., Chairani, S., Kesehatan, F. I., Nasional, U. P., & Jakarta, V. (2021). Dampak Pertambangan Batu Bara Pada Kesehatan Lingkungan : A Systematic Review. *Healty Safety Journal*, 2(2), 1–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2020>
- Rahmadina, L., Nurlaila, A., & Supartono, T. (2024). Analisis Model Regresi Linear Sederhana Pada Prolehan Sortimen Kayu Rakyat Jenis Sengon (Paraserianthes falcataria) Berdasarkan Lingkar Pohon. *Wana Raksa: Jurnal Kehutanan Dan Lingkungan*, 18(01), 20–34. [file:///C:/Users/HP/Downloads/9574-Article Text-26792-1-10-20250131-1.pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/9574-Article%20Text-26792-1-10-20250131-1.pdf)
- Resti, Y., Dewi, R. K., & Rayani, T. fit. (2022). Suhu, Kelembaban dan Intensitas Cahaya Pada Penanaman Green Fooder Menggunakan Sistem Smart Hidroponik. *Jurnal Sains Terapan: Wahana Informasi Dan Alih Teknologi Pertanian*, 12(2), 77–85. <https://doi.org/10.29244/jstsv.12.2.77-85>
- Sikdar, A., Hossain, M. S., & Feng, S. (2020). Heavy Metal Pollution of Environment by Mine Tailings and the Potential Reclamation Techniques : A Review. *Journal Of Biology, Agriculture and Healthcare*, 10(16), 33–47. <https://doi.org/10.7176/JBAH/10-16-05>
- Šofranko, M., Végsőová, O., Kalász, T., Sulovec, V., Beca, J., & Šuver, M. (2020). Effect of Reclamation on an Environment Impaired by Mining Activity: A Case Study. *Polish Journal Of Environmental Studies*, 29(5), 3329–3337. <https://doi.org/10.15244/pjoes/115097>
- Sudarmadji, T., & Hartati, W. (2023). Keterpulihan ekosistem lahan pasca tambang batubara tertinggal jauh di belakang keberhasilan rehabilitasi lahan. *Jurnal Ulin, Jurnal Hutan Tropis*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v7i1.8377>
- Tyuleneva, T., Shishkov, R., Kucheroва, E., &

Moldazhanov, M. (2021). Combined Method of Coal Mining in the Opening of Shallow Layers as a Direction of Innovative Development of Geotechnology. *3S Web of Conferences 315, 01006 (2021) VI Th International Innovative Mining Symposium, 01006*, 1–6.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131501006>

Wang, N., & Luo, Y. (2023). Study on Ecological Restoration Technology of Mine Wasteland. *Scientific Journal of Technology*, 5(2), 20–24.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v7i1.8377>