EnviroScienteae Vol. 22 No. 3, Agustus 2026 ISSN 2302-3708 (online)
Halaman 55-60

ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) DALAM TANAH PADA AREA BEKAS TAMBANG YANG DIREKLAMASI DENGAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*)

Analysis of Lead (Pb) Levels in Soil at Ex-Mining Areas Reclaimed with Oil Palm (*Elaeis guineensis*)

Khairul Nuryanti[1*)], Bambang Joko Priatmadi[2)], Dini Sofarini[3)], Indira Fitriliyani[3)]

[1)] *Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia*
[2)] *Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia*
[3)] *Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia*
[*)] *e-mail: khairul.nuryanti@gmail.com*

Abstract

Reclamation of ex-coal mining land with oil palm (*Elaeis guineensis*) is widely practiced in South Kalimantan, but the resulting lead (Pb) status of the soil is rarely quantified. This study analyzed Pb concentrations in reclaimed ex-mining soil planted with oil palm at PT. Amanah Batu Alam Persada, Banjar Regency, Indonesia, and assessed them against environmental quality standards. Composite topsoil (0–30 cm) was sampled under a bare control and oil palm stands following a completely randomized design (four treatments, five replicates, n = 20). Pb was determined by ICP-OES, with soil pH (H2O) and electrical conductivity (EC) as supporting parameters governing Pb mobility. Soil Pb ranged from 2.870 to 5.918 mg/kg, with the bare control showing the highest concentration (5.918 mg/kg). All values were far below the 300 mg/kg hazardous-waste threshold (category TK-C) of Government Regulation No. 22/2021, indicating the reclaimed soil is not classified as B3-contaminated and is safe for revegetation. The presence of oil palm was associated with lower soil Pb and with modified rhizosphere chemistry — pH declined from 6.456 to 4.462 and EC from 0.306 to 0.044 mS/cm — conditions that enhance Pb solubility and bioavailability and support phytoremediation. These findings confirm that oil palm reclamation keeps soil Pb within safe limits while actively reshaping the chemical environment that controls Pb behavior.

Keywords: bioavailability, Elaeis guineensis, environmental quality standard, lead, reclaimed soil

PENDAHULUAN

Sektor pertambangan batubara merupakan salah satu pilar perekonomian Indonesia, namun aktivitas ekstraktifnya mewariskan degradasi lahan dan ancaman pencemaran logam berat (Amalia, 2023; Prasetyo *et al*., 2025). Provinsi Kalimantan Selatan, khususnya Kabupaten Banjar, menyisakan hamparan lahan kritis bekas tambang, salah satunya di kawasan PT. Amanah Batu Alam Persada, Kecamatan Cintapuri Darussalam. Timbal (Pb) menjadi salah satu polutan paling menonjol di area ini, bersumber dari sisa bijih, *tailing*, dan air limpasan permukaan (Rouhani *et al*., 2023; Yanova *et al*., 2020). Sebagai logam non-esensial yang persisten dan bioakumulatif, Pb berdampak letal bagi mikroorganisme tanah dan vegetasi serta memicu komplikasi klinis pada manusia (Assi *et al*., 2016; Collin *et al*., 2022; Sarie, 2019).

Reklamasi lahan bekas tambang merupakan kewajiban mutlak bagi

perusahaan, dan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi komoditas andalan revegetasi di Kalimantan (Amanah & Yunanto, 2021; Pambudi *et al*., 2023). Meskipun demikian, lahan reklamasi berpotensi masih menyimpan residu Pb sehingga kadar dan status cemarannya perlu dievaluasi secara terukur terhadap baku mutu lingkungan sebelum lahan dimanfaatkan lebih lanjut. Ketersediaan dan mobilitas Pb sangat dikendalikan oleh karakteristik fisikokimia tanah, terutama derajat keasaman (pH) dan Daya Hantar Listrik (DHL): pada kondisi masam (<5) Pb menjadi lebih larut dan *bioavailable*, sedangkan DHL merepresentasikan konsentrasi ion terlarut yang memengaruhi interaksi ionik Pb (Kicińska *et al*., 2022; Rusdiyah, 2024).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar timbal (Pb) dalam tanah bekas tambang yang telah direklamasi dengan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) serta menilai status cemarannya terhadap baku mutu lingkungan, dengan pH dan DHL sebagai parameter pendukung yang menjelaskan perilaku Pb di dalam tanah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lahan reklamasi bekas tambang batubara PT. Amanah Batu Alam Persada, Kecamatan Cintapuri Darussalam, Kabupaten Banjar. Analisis sampel dilakukan di laboratorium pengujian PT. KehatiLab Indonesia, Tangerang Selatan, yang terakreditasi KAN (SNI ISO/IEC 17025:2017) dan teregistrasi sebagai Laboratorium Lingkungan KLHK.

Sampel tanah komposit diambil dari *topsoil* (kedalaman 0–30 cm) menggunakan bor tanah (*soil auger*) pada empat perlakuan, yaitu lahan tanpa tanaman (kontrol) serta tegakan kelapa sawit, dengan lima ulangan sehingga diperoleh 20 satuan percobaan. Kadar Pb ditetapkan menggunakan instrumen ICP-OES, dengan parameter pendukung berupa derajat keasaman (pH H_2O) dan Daya Hantar Listrik (DHL).

Kadar Pb terukur dibandingkan dengan nilai baku mutu tanah terkontaminasi limbah B3 sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021. Data juga diuji kehomogenan ragamnya menggunakan Uji Bartlett; data yang tidak homogen ditransformasi logaritma ($\log_{10}$), kemudian dianalisis dengan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) dan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf $\alpha = 0{,}05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Pb dan Sifat Kimia Tanah Reklamasi

Rekapitulasi hasil pengujian laboratorium untuk kadar Pb beserta parameter pendukung pH dan DHL pada seluruh perlakuan disajikan pada Tabel 1. Kadar Pb tanah berkisar antara 2,870–5,918 mg/kg, dengan konsentrasi tertinggi ditemukan pada lahan kontrol tanpa tanaman (P1: 5,918 mg/kg) dan terendah pada tegakan sawit umur 2,5 tahun (P4: 2,870 mg/kg).

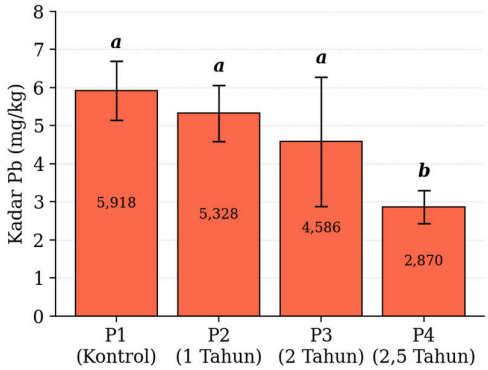
Tabel 1. Rekapitulasi Kadar Pb dan Sifat Kimia Tanah (pH dan DHL) pada Berbagai Perlakuan di Lahan Reklamasi

Kode	Perlakuan (Umur Tegakan)	N	pH (H_2O) ± SD	DHL (mS/cm) ± SD	Pb (mg/kg) ± SD	Reduksi Pb (%)
P1	Lahan Tanpa Tanaman (Kontrol)	5	6,456 ± 1,003 ^{a}	0,306 ± 0,197 ^{a}	5,918 ± 0,773 ^{a}	—
P2	Kelapa Sawit Umur 1 Tahun	5	4,818 ± 0,367 ^{b}	0,118 ± 0,063 ^{ab}	5,328 ± 0,738 ^{a}	9,97

Kode	Perlakuan (Umur Tegakan)	N	pH (H_2O) ± SD	DHL (mS/cm) ± SD	Pb (mg/kg) ± SD	Reduksi Pb (%)
P3	Kelapa Sawit Umur 2 Tahun	5	4,526 ± 0,371 ^{b}	0,060 ± 0,034 ^{b}	4,586 ± 1,699 ^{a}	22,51
P4	Kelapa Sawit Umur 2,5 Tahun	5	4,462 ± 0,188 ^{b}	0,044 ± 0,011 ^{b}	2,870 ± 0,432 ^{b}	51,50
	F-Hitung		14,953**	5,889**	8,285**	
	p-value		< 0,001	0,007	0,002	

Keterangan: Nilai disajikan sebagai Rata-rata ± Standar Deviasi (SD). Superskrip huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT (α = 0,05). Tanda (**) mengindikasikan signifikansi pada taraf 5%. Analisis inferensial pH dan DHL menggunakan data transformasi $\log_{10}$; nilai pada tabel adalah nilai aktual.

Kadar Pb tertinggi pada lahan kontrol menunjukkan bahwa keberadaan tanaman kelapa sawit berasosiasi dengan kadar Pb yang lebih rendah dibandingkan lahan tanpa tanaman (Gambar 1). Pola ini mengindikasikan potensi kelapa sawit dalam menurunkan kandungan Pb tanah melalui mekanisme fitoremediasi, baik melalui serapan akar maupun perubahan sifat kimia tanah di sekitar rizosfer (Olafisoye *et al*., 2020; Sharma *et al*., 2021).



Gambar 1. Rata-rata kadar timbal (Pb) tanah pada berbagai perlakuan di lahan reklamasi. Huruf berbeda menunjukkan beda nyata uji DMRT 5%.

Status Baku Mutu Lingkungan

Seluruh kadar Pb yang terukur (2,870–5,918 mg/kg) berada sangat jauh di bawah ambang batas baku mutu tanah terkontaminasi limbah B3 kategori TK-C sebesar 300 mg/kg menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 (Tabel 2). Dengan demikian, material tanah pada lahan bekas tambang yang diteliti tidak termasuk kategori tanah terkontaminasi limbah B3 dan tergolong aman untuk mendukung kegiatan revegetasi serta pemanfaatan lahan pasca-tambang.

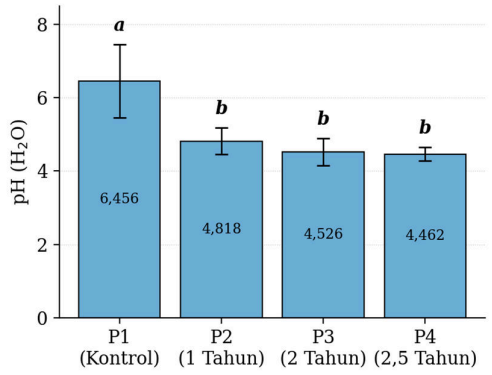
Tabel 2. Perbandingan Kadar Pb Tanah Reklamasi terhadap Baku Mutu PP RI Nomor 22 Tahun 2021

Kode	Perlakuan (Umur Tegakan)	Kadar Pb (mg/kg)	Baku Mutu TK-C PP 22/2021 (mg/kg)	Status
P1	Lahan Tanpa Tanaman (Kontrol)	5,918	300	Memenuhi
P2	Kelapa Sawit Umur 1 Tahun	5,328	300	Memenuhi
P3	Kelapa Sawit Umur 2 Tahun	4,586	300	Memenuhi
P4	Kelapa Sawit Umur 2,5 Tahun	2,870	300	Memenuhi

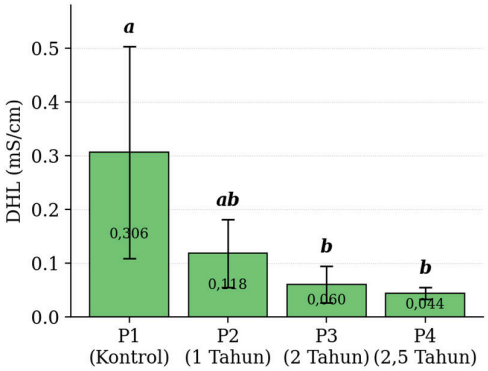
Keterangan: Baku mutu mengacu pada nilai Total Konsentrasi Pb kategori TK-C, Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021. Status "Memenuhi" berarti kadar Pb berada di bawah baku mutu.

Peran pH dan DHL terhadap Ketersediaan Pb

Keberadaan kelapa sawit memodifikasi sifat kimia tanah di zona rizosfer. Nilai pH menurun tajam dari 6,456 (P1) menjadi 4,462 (P4), sementara DHL menurun dari 0,306 mS/cm menjadi 0,044 mS/cm (Gambar 2 dan Gambar 3). Penurunan pH ini berkaitan dengan pelepasan eksudat organik dan ion H^+ oleh akar, pelindian (*leaching*) kation basa pada iklim tropis bercurah hujan tinggi, serta oksidasi mineral sulfida pada material *overburden* (Dakora & Phillips, 2002; Herniwanti, 2020; Saidy *et al*., 2024).



Gambar 2. Rata-rata derajat keasaman (pH) tanah pada berbagai perlakuan di lahan reklamasi. Huruf berbeda menunjukkan beda nyata uji DMRT 5%



Gambar 3. Rata-rata Daya Hantar Listrik (DHL) tanah pada berbagai perlakuan di lahan reklamasi. Huruf berbeda menunjukkan beda nyata uji DMRT 5%

Kondisi tanah yang semakin masam (pH <5,0) meningkatkan kelarutan dan ketersediaan hayati (*bioavailability*) Pb, sehingga logam lebih mudah berpindah ke larutan tanah dan berpotensi terserap oleh sistem perakaran (Alloway, 2013; Kicińska *et al*., 2022). Dengan demikian, meskipun kadar Pb berada dalam kategori aman, perubahan pH dan DHL akibat introduksi kelapa sawit merupakan faktor kunci yang mengendalikan perilaku dan nasib Pb di lahan reklamasi, sekaligus menjadi prasyarat berlangsungnya proses fitoremediasi lanjutan (Pandey *et al*., 2021; Rouhani *et al*., 2023).

KESIMPULAN

Kadar timbal (Pb) dalam tanah bekas tambang yang direklamasi dengan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) berkisar antara

2,870–5,918 mg/kg dan seluruhnya berada jauh di bawah baku mutu tanah terkontaminasi limbah B3 (300 mg/kg) menurut PP RI Nomor 22 Tahun 2021, sehingga tanah tergolong aman untuk revegetasi. Keberadaan kelapa sawit berasosiasi dengan kadar Pb yang lebih rendah dibandingkan lahan tanpa tanaman, sekaligus memodifikasi sifat kimia tanah melalui penurunan pH dan DHL yang mengendalikan kelarutan dan ketersediaan hayati Pb di lahan reklamasi.

DAFTAR PUSTAKA

Alloway, B. J. (Ed.). (2013). *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (3rd ed.). Springer Netherlands.

Amalia, R. (2023). Analisis dampak pertambangan terhadap ekonomi dan lingkungan di Provinsi Papua. *Journal of Economics Development Issues, 6*(1), 25–32.

Amanah, F., & Yunanto, T. (2021). Oil palm plantation in ex-coal mined site: A case study in East Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 918*(1).

Assi, M. A., Hezmee, M. N. M., Haron, A. W., Sabri, M. Y. M., & Rajion, M. A. (2016). The detrimental effects of lead on human and animal health. *Veterinary World, 9*(6), 660–671.

Collin, M. S., Venkatraman, S. K., Vijayakumar, N., *et al*. (2022). Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. *Journal of Hazardous Materials Advances, 7*.

Dakora, F. D., & Phillips, D. A. (2002). Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and Soil, 245*(1), 35–47.

Herniwanti. (2020). *Pengelolaan limbah air asam tambang (AAT) / acid mine drainage (AMD) waste management*. Forum Pemuda Aswaja.

Kicińska, A., Pomykała, R., & Izquierdo-Diaz, M. (2022). Changes in soil and mobility of heavy metals in contaminated soils. *European Journal of Soil Science, 73*(1).

Olafisoye, O. B., Fatoki, O. S., Oguntibeju, O. O., & Osibote, O. A. (2020). Accumulation and risk assessment of metals in palm oil cultivated on contaminated oil palm plantation soils. *Toxicology Reports, 7*, 324–334.

Pambudi, P. A., Utomo, S. W., Soelarno, S. W., & Takarina, N. D. (2023). Coal mining reclamation as an environmental recovery effort: A review. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 10*(4), 4811–4821.

Pandey, B., Singh, S., Roy, L. B., *et al*. (2021). Phytostabilization of coal mine overburden waste, exploiting the phytoremedial efficacy of lemongrass under varying level of cow dung manure. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 208*.

Prasetyo, M. H., Baderan, D. W. K., & Hamidun, M. S. (2025). Dampak kerusakan lingkungan akibat eksploitasi sumber daya mineral dari kegiatan pertambangan. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian dan Teknologi dalam Ilmu Tanaman, 2*(2), 1–11.

Rouhani, A., Skousen, J., & Tack, F. M. G. (2023). An overview of soil pollution and remediation strategies in coal mining regions. *Minerals, 13*(8).

Rusdiyah, F. H. (2024). Analisis teoritis pengaruh pH terhadap mobilitas

logam berat dalam tanah. *Maliki Interdisciplinary Journal (MIJ), 3*.

Saidy, A. R., Priatmadi, B. J., Septiana, M., *et al*. (2024). Changes in properties of reclaimed-mine soil, plant growth, and metal accumulation in plants with application of coal fly ash and empty fruit bunches of oil palm. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 11*(3), 5767–5778.

Sarie, H. (2019). Potential dangers of heavy metal contamination in the coal mine used land as agricultural land. *Buletin LOUPE, 15*(2), 37–41.

Sharma, P., Sharma, M. M. M., Malik, A., *et al*. (2021). Rhizosphere, rhizosphere biology, and rhizospheric engineering. Dalam H. B. Singh & A. Vaishnav (Eds.), *Plant growth-promoting microbes for sustainable biotic and abiotic stress management* (hlm. 577–624). Springer.

Yanova, S., Siagian, K. A. M., & Gusanti, R. (2020). Tingkat cemaran logam berat pada air Sungai Batanghari Provinsi Jambi berdasarkan indeks C/P. *Jurnal Daur Lingkungan, 3*(2), 62.