

Bio-Reclamation Evaluation of Former Gold Mine Land: Pre- and Post-Reclamation Soil Management Conditions

Muhammad Nuriman^{1*}, Sigit Sapto Wibowo², Rezekikasari¹, Leony Agustin¹, Tia Setiawati¹

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat, Indonesia;

²Yayasan Swadaya Dian Khatulistiwa, Kalimantan Barat, Indonesia;

Article History

Received : June 19th, 2025

Revised : June 26th, 2025

Accepted : July 02th, 2025

*Corresponding Author:

Muhammad Nuriman,

Program Studi Ilmu Tanah,
Fakultas Pertanian, UNTAN,
Kalimantan Barat, Indonesia;
Email:

muhammad.nuriman@faperta.untan.ac.id

Abstract: Former gold mining land, especially those abandoned without reclamation, experiences serious physical, chemical, and biological degradation, and is potentially contaminated with heavy metals such as mercury (Hg). This study aims to evaluate the effectiveness of organic farming-based bioreclamation and good soil management, using dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and chicken manure in improving the condition of former gold mining land. The parameters analyzed include physical, chemical, and biological properties of the soil, as well as mercury levels in the soil and plants. The results showed that the soil quality index increased from 0.32 (low) to 0.62 (good). The organic C content increased from 0.91% to 2.16%, soil pH increased from 3.53 to 5.03, and the availability of phosphorus and potassium also increased. The population of methyl mercury-reducing bacteria increased 22.4 - 58.2 times, indicating improved microbial adaptation to the environment. Mercury content in plant tissue decreased drastically from 11.60 mg/kg to 0.11 mg/kg or a decrease of 99.05%, although still slightly exceeding the threshold. The conclusion is that reclamation with an organic approach and effective soil management not only improves soil fertility and quality, but also reduces the risk of heavy metal poisoning.

Keywords: Heavy metals, soil management, soil quality, soil fertility, soil bioremediation.

Pendahuluan

Lahan bekas penambangan emas, khususnya yang dilakukan tanpa izin (PETI), sering kali mengalami degradasi lahan (Makawimbang et al., 2024). Kondisi ini mencakup kerusakan fisik, kimia, dan biologi tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Tanah pasca PETI umumnya bersifat pasir, dengan kapasitas menahan air yang rendah, kadar hara yang minim, dan bahan organik yang sangat sedikit (Henrianto et al., 2019; Romadhan et al., 2022). Kondisi ini menyebabkan budidaya tanaman pertanian di lahan tersebut memiliki tantangan tersendiri. Apalagi diperparah dengan lahan bekas penambangan emas sering kali mengandung residu logam berat, terutama merkuri (Hg), yang dapat mengkontaminasi

tanaman dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia (Hamzah dan Priyadarshini, 2019). Kadar merkuri di tanah dan tanaman bisa melebihi ambang batas yang ditetapkan, sehingga perlu perhatian serius dalam upaya perbaikan (Permen LHK No. 6 Tahun 2021).

Pengelolaan tanah yang baik berperan krusial dalam proses reklamasi, karena dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan memulihkan fungsi ekosistem. Perbaikan lahan melalui pendekatan pemberian bahan organik di lahan bekas penambangan emas dapat bersifat bioremediasi dan fitoremediasi (Yan et al., 2020; Isnaeni et al., 2024). Metode ini tidak hanya berusaha menghilangkan kontaminan, tetapi juga meningkatkan kualitas dan kesuburan tanah secara keseluruhan. Seperti yang disampaikan

oleh Laia *et al.*, (2025), menyatakan pupuk organik dapat memperbaiki fisik, menambah kandungan hara dan perbaikan biologi tanah.

Teknik pengelolaan tanah menggunakan pertanian organik di lahan bekas penambangan dapat menghasilkan perubahan positif dalam kualitas tanah, sehingga memungkinkan lahan tersebut dimanfaatkan kembali untuk produksi pangan secara berkelanjutan (Erfandi, 2017). Namun, penting untuk mengevaluasi secara menyeluruh perubahan yang terjadi pada lahan tersebut sebelum diizinkan untuk konsumsi. Mengacu pada permasalahan, maka penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan kondisi tanah bekas penambangan emas setelah direklamasi dengan pemberian bahan organik. Evaluasi terhadap perubahan kondisi lahan pasca kegiatan penambangan sangat penting untuk memastikan bahwa lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara aman dan menilai keefektifan reklamasi lahan yang dilakukan.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian bertempat di Desa Goa Boma, Kecamatan Monterado, Kabupaten Bengkayang pada bulan Desember 2024.

Metode penelitian

Pengambilan sampel dilakukan di Desa Goa Boma, Kecamatan Monterado, Kabupaten Bengkayang, pada lahan bekas penambangan emas tanpa izin (PETI) yang berhenti beroperasi satu tahun sebelumnya. Sampel awal diambil pada bulan Desember 2022. Selama dua tahun berikutnya (2023–2024), lahan tersebut direklamasi dengan aplikasi pupuk kandang ayam sebanyak 5 kg per lubang tanam pada setiap penanaman rumput odot (*Pennisetum purpureum*). Pengambilan sampel lanjutan dilakukan pada Desember 2024, sehingga tersedia data kondisi tanah sebelum dan sesudah reklamasi.

Seluruh sampel tanah kemudian dianalisis di Laboratorium Pendidikan Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, untuk parameter fisik, kimia, dan biologi tanah. Analisis kandungan merkuri (Hg) pada tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Pontianak.

Parameter

Parameter pengujian berupa sifat fisik, kimia, biologi tanah, dan kadar merkuri pada tanah dan tanaman. Parameter dan metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter, satuan dan metode penelitian

No	Parameter	Satuan	Metode (Alat)
A	Fisika Tanah		
1	Tekstur	%	Hydrometer
B	Kimia Tanah		
1	pH H ₂ O		pH Meter
2	C-Organik	%	Walkey and Black
3	N-Total (%)	%	Kjeldahl
4	P ₂ O ₅	ppm	Bray I (Spectrophotometer)
5	Ca	cmol(+)kg ⁻¹	Pengabuan kering (AAS)
6	Mg	cmol(+)kg ⁻¹	Pengabuan kering (AAS)
7	K	cmol(+)kg ⁻¹	Pengabuan kering (Flame Photometer)
8	Na	cmol(+)kg ⁻¹	Pengabuan kering (Flame Photometer)
9	KTK	cmol(+)kg ⁻¹	Destilasi
10	KB	%	Destilasi
11	Kadar merkuri tanah dan tanaman	mg/kg	Mercury Analyzer
C	Biologi Tanah		
1	Bakteri pereduksi merkuri	10 ⁵ cfu/g	<i>Dilution-plate</i> pada medium agar padat dengan penambahan HgCl ₂

Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan adalah kualitas tanah, kesuburan tanah, bakteri pereduksi merkuri, dan kadar merkuri di tanah dan tanaman.

Kualitas tanah

Kualitas tanah merupakan kapasitas tanah dalam mendukung fungsinya. Penentuan kualitas tanah dapat dilakukan dengan penilaian indeks kualitas tanah. Kualitas tanah menggunakan metode Bajracharya *et al.*, (2006). Metode ini menggunakan enam parameter kunci yaitu tekstur tanah, pH, C-organik, N total, P tersedia

dan K tersedia. Persamaan untuk menghitung Indeks Kualitas Tanah adalah sebagai berikut:

$$IKT : [(a \times R_{STC}) + (b \times R_{pH}) + (c \times R_{OC}) + (d \times R_{NPK})]$$

Di mana:

IKT = Indeks kualitas tanah

a=0.2, b=0.1, c=0.4, d=0.3 adalah bobot setiap parameter.

R_{STC} = Nilai skor yang ditetapkan untuk kelas tekstur tanah

R_{pH} = Nilai skor yang ditetapkan untuk pH tanah
R_{OC} = Nilai skor yang ditetapkan untuk C-organik tanah

R_{NPK} = Nilai skor yang ditetapkan untuk nitrogen, phosphor dan kalium

Skor untuk setiap parameter diuraikan pada Tabel 2. Pada parameter kesuburan nilai skor disesuaikan dengan kriteria berdasarkan Pusat Penelitian Tanah disingkat PPT (1995).

Tabel 2. Skor Parameter Penentuan Indeks Kualitas Tanah

No	Parameter	Nilai Skor				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1	Tekstur Tanah	C, S	SCL, SiC, LS	Si, SL	L, SiL, CL	SiCL, SC
2	pH Tanah	<4,0	4,0 – 4,9	5,0 – 5,9	6,0 – 6,4	6,5 – 7,5
3	C-Organik (%)	<0,5	0,5 – 1,0	1,1 – 2,0	2,1 – 4	>4
4	Kesuburan (N, P dan K)*	Rendah	Agak Rendah	Sedang	Agak Tinggi	Tinggi
	N-total	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,50	0,51-0,75	>0,75
	P-tersedia	<10	10-15	16-25	26-35	>35
	K-tersedia	<0,1	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-1,0	>1,0

Sumber: Ghimire *et al.*, (2018), modifikasi Setiawati, (2025)

Di mana :

L = *Loam* (lempung)

Si = *Silt* (debu)

S = *Sand* (pasir)

C = *Clay* (liat)

* = Kriteria rendah – tinggi dikaitkan dengan PPT (1995)

Indek kualitas tanah tersebut disesuaikan dengan kelas kualitas tanah yang diterbitkan oleh Partoyo (2005). Berikut adalah tabel kelas kualitas tanah pada tabel 3.

Tabel 3. Kelas Kualitas Tanah

No	Indek Kualitas Tanah	Kelas Kualitas Tanah
1	0,80 – 1,00	Sangat baik
2	0,60 – 0,79	Baik
3	0,40 – 0,59	Sedang
4	0,20 – 0,39	Rendah
5	0,00 – 0,19	Sangat rendah

Kesuburan tanah

Parameter penilaian dalam penentuan status kesuburan tanah yaitu nilai kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB), P-tersedia, K-dd dan C-organik, serta pH H₂O. Penentuan status kesuburan tanah ini didasarkan pada petunjuk teknis evaluasi kesuburan tanah Pusat Penelitian Tanah, Bogor (PPT, 1995).

Bakteri pereduksi metil merkuri

HgCl₂ ditambahkan ke media agar nutrisi untuk pertumbuhan bakteri pada berbagai konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm. Metode pelat pengenceran pada media agar padat digunakan untuk menentukan jumlah total bakteri. Pengenceran setiap sampel adalah 105 cfu/ml. Dipercayai bahwa bakteri yang berpotensi menurunkan metil merkuri adalah bakteri yang berkembang dengan menghasilkan zona bersih di sekitar pertumbuhannya (Rezekikasari *et al.*, 2018).

Kadar Merkuri

Kadar merkuri pada tanah dan tanaman diukur menggunakan alat Mercury Analyzer. Alat ini berkerja berdasarkan prinsip spektroskopi penyerapan atom (AAS). Menggunakan alat ini Merkuri dalam sampel diubah menjadi uap dan absorbansi cahaya pada panjang gelombang 253,7 nm untuk mendapatkan kadar merkuri pada sampel.

Analisis data

Data kualitas tanah, kesuburan tanah, jumlah bakteri pereduksi merkuri dan kadar merkuri disajikan secara deskriptif. Data tersebut disajikan dalam bentuk perbandingan data sebelum dan setelah reklamasi.

Hasil dan Pembahasan

Kualitas Tanah

Penilaian kualitas tanah di lokasi kajian, sebelum dan setelah lahan direklamasi disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel tersebut, indeks kualitas tanah sebelum reklamasi tergolong rendah yaitu 0,32, namun meningkat menjadi baik yaitu 0,62 pasca reklamasi. Peningkatan ini merefleksikan perbaikan fungsi tanah, sesuai dengan kriteria Partoyo (2005) yang menetapkan IKT > 0,60 sebagai kategori/kelas baik.

Tabel 4. Kualitas Tanah Sebelum dan Setelah Direklamasi

Keterangan	Kualitas Tanah	
	Indek	Kelas
Sebelum	0,32	Rendah
Setelah	0,62	Baik

Penentuan Indeks Kualitas Tanah (IKT) menurut Bajracharya *et al.*, (2006), terdapat parameter tekstur, pH, C-organik, N total, P tersedia dan K tersedia yang menjadi komponen penting dalam evaluasi kualitas tanah. Tekstur kondisi awal tanah adalah kelas tekstur pasir, yang umumnya memiliki kemampuan retensi air dan hara yang rendah (Pramaditya., 2022). Setelah dilakukan kegiatan reklamasi, terjadi perubahan tekstur tanah menjadi lempung berpasir. Perubahan ini menunjukkan peningkatan dalam kandungan fraksi halus, khususnya debu dan liat, yang secara umum berdampak positif terhadap peningkatan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan unsur hara (Harefa dan Zebua, 2024).

Nilai pH sebelum dilakukan reklamasi memiliki kategori sangat masam dengan nilai pH 3,53 berbeda dengan sesudah reklamasi menjadi masam dengan nilai pH 5,03. Kondisi tanah dengan pH sangat masam dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman karena dapat menyebabkan kelarutan unsur toksik seperti aluminium (Al^{3+}) dan menurunkan ketersediaan unsur hara esensial seperti fosfor,

kalsium, dan magnesium (Brady & Weil, 2017). Peningkatan pH tanah sebagai hasil dari kegiatan reklamasi mencerminkan perbaikan kondisi kimia tanah yang signifikan bagi produktivitas lahan.

Kandungan karbon organik (C-organik) juga mengalami peningkatan. Sebelum reklamasi, nilai C-organik sebesar 0,91% dan tergolong sangat rendah menurut kriteria klasifikasi bahan organik tanah (PPT, 1995). Setelah reklamasi, nilai C-organik meningkat menjadi 2,16%. Kandungan bahan organik yang rendah mengindikasikan kemampuan tanah yang lemah dalam menyimpan air dan unsur hara, serta rendahnya aktivitas biologis di dalam tanah (Nangaro, 2020). Sebaliknya, peningkatan bahan organik berkontribusi terhadap perbaikan fisik tanah, peningkatan kapasitas tukar kation (KTK), dan unsur hara, akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih optimal.

Ketersediaan unsur hara makro sebelum reklamasi memiliki N-total sebesar 0,17%, P-tersedia sebesar 13,04 ppm, dan K-tersedia sebesar 0,07 cmol(+)kg⁻¹ yang semuanya berada pada kategori sangat rendah, sehingga terjadi defisiensi unsur hara yang membatasi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Namun, setelah reklamasi, terdapat peningkatan pada ketersediaan hara, di mana P-tersedia meningkat menjadi 32,75 ppm dan K-tersedia menjadi 0,15 cmol(+)kg⁻¹, menunjukkan keberhasilan dalam menyediakan fosfor dan kalium yang lebih baik bagi tanaman, meskipun N-total hanya sedikit meningkat menjadi 0,19%. Reklamasi pada lokasi penelitian terbukti mampu mengubah kualitas tanah dari rendah menjadi baik dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik, sesuai pernyataan Dariah *et al.*, 2015, di mana pembenah tanah dan memperbaiki kualitas tanah dan produktivitas lahan.

Kesuburan Tanah

Sebelum reklamasi, kesuburan tanah cukup buruk. Namun, setelah reklamasi, kondisi kesuburan tanah membaik menjadi buruk (Tabel 5). Tanah yang dominan pasir memiliki kesuburan yang sangat rendah, sebagaimana diungkapkan oleh Rahmi dan Biantary (2014). Kondisi ini serupa dengan status tanah sebelum dilakukan reklamasi.

Peningkatan status kesuburan tanah ini disebabkan oleh pengaruh pemberian pupuk

kandang, yang mampu meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK), bahan organik, dan unsur hara lainnya. Indriani *et al.*, (2023) menyatakan

bahwa penggunaan bahan organik dapat meningkatkan status kesuburan tanah.

Tabel 5. Status Kesuburan Tanah Sebelum dan Setelah Reklamasi

Keterangan	Kadar						Status Kesuburan
	KTK	KB	P-Bray 1	K-dd	C-organik	pH	
Sebelum	9,83	6,82	13,04	0,07	0,91	3,53	Sangat Rendah
Setelah	17,29	20,36	32,75	0,15	2,16	5,03	Rendah

Hasil analisis menunjukkan bahwa selama pemulihan, parameter CEC, saturasi basa (CEC), P-Bray 1, K-dd, C-organik, dan pH meningkat. Tanah kini dapat lebih baik menahan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, seperti yang terlihat dari peningkatan CEC dari 9,83 menjadi 17,29. Kadar C-organik yang meningkat dari 0,91 menjadi 2,16 menunjukkan adanya peningkatan bahan organik yang berkontribusi pada kesuburan tanah. Status kesuburan tanah pasca reklamasi menunjukkan keberhasilan perbaikan kondisi tanah, di mana tanah memiliki kemampuan dalam ketersediaan nutrisi tanaman (Brady & Weil, 2017).

Bakteri Pereduksi Metil Merkuri

Data penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan populasi bakteri pelarut merkuri setelah proses reklamasi (Tabel 6). Paparan 5 ppm HgCl₂, populasi bakteri meningkat dari $9,65 \times 10^5$ menjadi $216,5 \times 10^5$ CFU/g tanah, atau setara dengan peningkatan

sebesar 22,4 kali. Pola serupa juga diamati pada konsentrasi 10 ppm dan 15 ppm, masing-masing menunjukkan peningkatan sebesar 58,2 kali dan 47,6 kali dibandingkan kondisi prareklamasi. Temuan ini mengindikasikan adanya seleksi ekologis yang dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat, di mana komunitas mikroba yang resisten terhadap merkuri berkembang lebih dominan setelah reklamasi.

Peningkatan populasi ini mencerminkan proses adaptasi mikroba terhadap tekanan lingkungan akibat kontaminasi logam berat, melalui seleksi populasi yang mampu bertahan dan memanfaatkan logam sebagai sumber energi atau melindungi dirinya dari toksisitas. Hasil ini sejalan dengan temuan Rezekikasari *et al.*, (2018), yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi HgCl₂ dapat menurunkan populasi bakteri pelarut metil merkuri, namun pemberian bahan organik dapat mendukung peningkatan populasi bakteri tersebut.

Tabel 6. Dinamika Populasi Bakteri Pelarut Merkuri

Konsentrasi HgCl ₂	Populasi Bakteri Pelarut Metil Merkuri		Faktor Peningkatan
	Sebelum	Setelah	
5 ppm	$9,65 \times 10^5$	$216,5 \times 10^5$	22,4x
10 ppm	$3,00 \times 10^5$	$174,5 \times 10^5$	58,2x
15 ppm	$2,7 \times 10^5$	$128,5 \times 10^5$	47,6x

Peningkatan populasi terkait erat dengan kapasitas bakteri dalam memodifikasi lingkungan tercemar melalui tiga mekanisme inti yaitu Biotransformasi via reaksi redoks, seperti reduksi Hg²⁺ menjadi Hg volatil oleh enzim *mercuric reductase* (Barkay *et al.*, 2003), Biopresipitasi melalui efluk kation atau modifikasi pH untuk mengendapkan ion logam pada permukaan sel (Gadd, 2010), dan Biosorpsi oleh biomassa organik dengan gugus karboksil, fosfat, dan amino sebagai ligan pengikat logam (Gouda dan Taha, 2023). Kemampuan ini dapat

dilihat dari jumlah zona bening yang terbentuk (Gambar 1).



Gambar 1. Zona bening bakteri pereduksi metil merkuri

Peningkatan populasi tersebut juga erat dengan kondisi pendukung pertumbuhan setelah reklamasi di mana status hara meningkat, pH tanah meningkat, C-organik meningkat, dan kualitas tanah menjadi lebih baik, sesuai dengan pernyataan Budhisurya *et al.*, (2013). Hasil ini membuktikan bahwa reklamasi secara biologis berhasil dalam restorasi fisik dan lingkungan lahan. Parameter abiotik yang optimal, seperti pH, nutrisi, dan C-organik, menjadi katalis bagi mikroba menjadi fungsi detoksifikasi.

Kadar Merkuri Tanah dan Tanaman

Hasil analisis Hg pada tanah di lokasi penelitian menunjukkan konsentrasi <0.02 mg/kg, pada sampel sebelum maupun setelah reklamasi (Tabel 7), nilai yang jauh di bawah baku mutu 0.05 mg/kg menurut Peraturan LHK No. 6/2021. Hal ini mengindikasikan tanah aman dari kontaminasi Hg, meskipun memerlukan monitoring berkala mengingat Hg dapat berpindah melalui infiltrasi dan aliran permukaan (Grigal, 2002).

Tabel 7. Kadar Merkuri Sebelum dan Setelah Reklamasi di Tanah dan di Tanaman

Keterangan	Kadar Merkuri (mg/kg)		
	Tanah	Tanaman	Baku Mutu*
Sebelum	<0,02	11,60	0,05
Setelah	<0,02	0,11	0,05

Terlihat pada lahan sebelum direklamasi memiliki kadar merkuri sebesar 11,60 mg/kg atau 232 kali lebih besar dari baku mutu yang diperbolehkan. Setelah direklamasi menggunakan pemberian bahan organik selama dua tahun mengalami penurunan menjadi 0,11 mg/kg atau 2,2 kali lipat dari baku mutu yang diperbolehkan. Kondisi ini, walaupun masih melebihi baku mutu akan tetapi menunjukkan pola penurunan kadar merkuri menjadi kondisi yang diterima oleh lingkungan atau tidak tercemar.

Tanaman berperan sebagai *sink* Hg melalui serapan akar dan translokasi ke jaringan (Patra & Sharma, 2000). Data mengungkap konsentrasi Hg pada tanaman sebelum reklamasi mencapai 11.60 mg/kg atau 232× baku mutu. Nilai ini tergolong mengkhawatirkan karena dapat mengganggu fungsi sel tanaman melalui penghambatan aktivitas enzim dan peningkatan produksi radikal bebas, yang dapat menyebabkan

stres oksidatif serta kerusakan sel. Jika unsur tersebut terakumulasi dalam jaringan tanaman, hal ini juga berpotensi menimbulkan dampak toksik bagi organisme yang mengonsumsinya, terutama jika melebihi ambang batas aman yang ditetapkan (Chen and Yang, 2012). Setelah intervensi reklamasi berbasis bahan organik selama dua tahun, terjadi penurunan menjadi 0.11 mg/kg atau 2.2× baku mutu. Meskipun masih melebihi ambang, reduksi 99.05% ini merefleksikan efektivitas strategi remediasi yang telah dilakukan.

Kesimpulan

Kegiatan reklamasi lahan dengan pendekatan berbasis bahan organik terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas dan kesuburan tanah, yang tercermin dari peningkatan Indeks Kualitas Tanah (IKT) dari kategori rendah menjadi baik serta perbaikan berbagai parameter fisik dan kimia tanah seperti tekstur, pH, karbon organik, dan ketersediaan hara makro (N, P, dan K). Perbaikan kondisi tanah ini juga berdampak positif terhadap dinamika populasi mikroba pereduksi metil merkuri, yang menunjukkan adaptasi ekologis melalui peningkatan populasi, serta mengindikasikan keberhasilan remediasi biologis pascareklamasi. Sejalan dengan menunjukkan penurunan drastis kadar merkuri hingga 99,05%, meskipun masih sedikit melebihi ambang batas aman, hal ini mencerminkan efektivitas strategi remediasi yang dilakukan. Dengan demikian, reklamasi berbasis bahan organik dapat dijadikan strategi perbaikan lahan yang efisien dalam memperbaiki fungsi ekologis tanah dan menurunkan risiko pencemaran logam berat. Walaupun tetap harus dilakukan monitoring berkala terhadap kandungan merkuri, baik di tanah maupun jaringan tanaman, serta optimalisasi teknik remediasi lanjutan untuk memastikan keamanan lingkungan secara berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Swadaya Dian Khatulistiwa, Kalimantan Barat atas dana akomodasi, transportasi dan biaya analisis sampel yang diberikan ke Muhammad Nuriman untuk

melaksanakan penelitian ini.

Referensi

- Bajracharya, R. M., Sharma, S., Dahal, B. M., Sitaula, B. K., Rokaya, K., & Jeng, A. (2006, October). Assessment of soil quality using physiochemical and biological indicators in a mid-hill watershed of Nepal. In *Proceedings of Int'l. Seminar on Environmental and Social Impacts of Agricultural Intensification in Himalayan Watersheds* (pp. 105-114).
- Barkay, T., Miller, S. M., & Summers, A. O. (2003). Bacterial mercury resistance from atoms to ecosystems. *FEMS microbiology reviews*, 27(2-3), 355-384. [https://doi.org/10.1016/S0168-6445\(03\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S0168-6445(03)00046-9)
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (1996). The nature and properties of soils.
- Budhisurya, E., Anggono, R. C. W., & Simanjuntak, B. H. (2013). Analisis kesuburan tanah dengan indikator mikroorganisme tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Plateau Dieng. *Agric*, 25(1), 64-72. <https://doi.org/10.24246/agric.2013.v25.i1.p64-72>
- Chen, J., & Yang, Z. M. (2012). Mercury toxicity, molecular response and tolerance in higher plants. *Biometals*, 25, 847-857. [10.1007/s10534-012-9560-8](https://doi.org/10.1007/s10534-012-9560-8)
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N. L., Hartatik, W., & Pratiwi, E. (2015). Pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal sumberdaya lahan*, 9(2), 67-84. [10.2018/jsdl.v9i2.6571](https://doi.org/10.2018/jsdl.v9i2.6571)
- Erfandi, D., (2017). Pengelolaan lansekap lahan bekas tambang: pemulihan lahan dengan pemanfaatan sumberdaya lokal (in-situ). *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(2), pp.55-66. [10.21082/jsdl.v11n2.2017.55-66](https://doi.org/10.21082/jsdl.v11n2.2017.55-66)
- Gadd, G.M., (2010). Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology*, 156(3), pp.609-643. [10.1099/mic.0.037143-0](https://doi.org/10.1099/mic.0.037143-0)
- Ghimire, P., Bhatta, B., Pokhrel, B., & Shrestha, I. (2018). Assessment of soil quality for different land uses in the Chure region of Central Nepal. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 1(1), 32-42. [10.3126/janr.v1i1.22220](https://doi.org/10.3126/janr.v1i1.22220)
- Gouda, S. A., & Taha, A. (2023). Biosorption of heavy metals as a new alternative method for wastewater treatment: a review. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 27(2), 135-153. [10.21608/ejabf.2023.291671](https://doi.org/10.21608/ejabf.2023.291671)
- Grigal, D. F. (2002). Inputs and outputs of mercury from terrestrial watersheds: a review. *Environmental Reviews*, 10(1), 1-39.
- Hamzah, A., & Priyadarshini, R. (2019). Buku Remediasi tanah tercemar logam berat. UNITRI Press. Malang. Indonesia.
- Harefa, D. F. C., & Zebua, M. (2024). Peran Kapasitas Tukar Kation Dalam Mempertahankan Kesuburan Tanah Pada Berbagai Jenis Tekstur Tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1), 165-170. <https://doi.org/10.70134/penarik.v2i3.88>
- Henrianto, A., Okalia, D., & Mashadi, M. (2019). Uji beberapa sifat fisika tanah bekas tambang emas tanpa izin (PETI) di tiga kecamatan di daratan sepanjang Sungai Kuantan. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, 1(1), 19-31. <https://doi.org/10.36378/juatika.v1i1.41>
- Indriani, I., Abdillah, M. H., Putri, N. A., Said, M. R., Roby, R., & Santi, A. (2023). Pengaruh Perbandingan Dosis Pupuk Kandang Ternak Ayam dan Sapi Terhadap Biomassa Jagung dan Dinamika Kation Tanah. *ZIRAA'AH MAJALAH ILMIAH PERTANIAN*, 48(1), 13-20. <https://dx.doi.org/10.31602/zmip.v48i1.9238>
- Isnaeni, I., Calvina, A. B., Ardiana, A. D., Azzahra, C. S., Santosa, N. R., Miladya, N. F., & Anwar, N. Z. (2024). Bioremediasi Cemarkan Tanah Menggunakan Biostimulant. *Camellia: Clinical, Pharmaceutical, Analytical and Pharmacy Community Journal*, 3(2), 192-204. <https://doi.org/10.62951/flora.v2i1.263>
- Laia, I. A., Gulo, E. A. K. D., Gulo, L. L., & Ndraha, A. B. (2025). Dampak Penerapan Pertanian Organik Terhadap Kualitas Tanah dan Hasil Pertanian Tanaman Padi Sawah di Kepulauan Nias. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan*

- Perkebunan*, 2(1), 177-187.
- Makawimbang, D., Karwur, H. M., & Kumaat, J. C. (2024). Dampak Penambangan Emas Terhadap Lingkungan dan Sosial Ekonomi di Desa Bowone Kepulauan Sangihe. *Jurnal Episentrum*, 5(3), 30-38. <https://doi.org/10.36412/jepst.v5i3.3868.g1755>
- Nangaro, R. A., Zetly, E., & Titah, T. (2020). Analisis kandungan bahan organik tanah di kebun tradisional desa sereh kabupaten kepulauan talaud. In *Cocos* (Vol. 12, No. 4). <https://doi.org/10.35791/cocos.v1i1.32111>
- Partoyo, P. (2005). Analisis Indeks Kualitas Tanah Pertanian Di Lahan Pasir Pantai Samas Yogyakarta (Analysis Of Soil Quality Index For Sand Dune Agriculture Land At Samas Yogyakarta). *Ilmu Pertanian*, 12(2), 140-151. <https://doi.org/10.22146/ipas.58574>
- Patra, M., & Sharma, A. (2000). Mercury toxicity in plants. *The botanical review*, 66, 379-422. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02868923>
- Pramaditya, D. A. (2022). Karakterisasi Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Pada Lahan Bekas Tambang Batubara Yang Telah Direklamasi. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 6(2), 28-37. <https://doi.org/10.31315/jmel.v6i2.8022>
- Pusat Penelitian Tanah. (1995). Kombinasi Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburannya. *E-jurnal Agroekoteknologi Tropikal*. Vol 4: 2301-6515 hal.
- Rahmi, A., & Biantary, M. P. (2014). Karakteristik sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah lahan pekarangan dan lahan usaha tani beberapa kampung di Kabupaten Kutai Barat. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 39(1), 30-36. [10.31602/zmip.v39i1.33](https://doi.org/10.31602/zmip.v39i1.33)
- Romadhan, P. A. N. J. I., Gusmini, G. U. S. M. I. N. I., & Hermansah, H. E. R. M. A. N. S. A. H. (2022). Perbaikan Sifat Kimia Lahan Bekas Tambang Emas Melalui Aplikasi Biochar Sekam Padi dan Pupuk Kandang Ayam. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 12(1), 99-109.
- Setiawati, T., Nusantara, R. W., and Manurung, R., 2025. Soil Quality Index: Several Land Uses in Desa Lumut, Toba, West Kalimantan. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, On progress publish.
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land. *Frontiers in plant science*, 11, 359 .