Bioremediation of Post-Nickel Mining Lands through the Application of Biofertilizers

Irham akbar[1], **Iradhatullah Rahim**[2], **Muh Ikbal Putera**[3], **Sukmawati**[4], **Sri Nur Qadri**[5]

[1] Department of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia
irham.akbar33@gmail.com

Abstract

"This study aims to evaluate the effectiveness of bioremediation using biofertilizers on soils degraded by nickel mining activities. The assessment was carried out through observations of soil characteristics, including texture, moisture content, cation exchange capacity (CEC), and macronutrient levels (N, P_2O_5, and K_2O). The L4P1 treatment (Sorowako site with PGPR application) demonstrated the most favorable physical and chemical outcomes, yielding the highest CEC value (40.65 cmol(+)/kg) and balanced macronutrient content. Overall, the P1 treatment produced the most consistent and superior results compared to P2 and P3, highlighting the effectiveness of its microbial formulation in improving degraded soil quality. In contrast, the L5 treatment showed the lowest performance across nearly all parameters. These findings indicate that bioremediation with biofertilizers, particularly using PGPR (P1), holds significant potential for the reclamation of nickel post-mining soils."

Bioremediasi Lahan Bekas Tambang Nikel menggunakan Pupuk Hayati.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas bioremediasi menggunakan pupuk hayati pada media tanah bekas tambang nikel. Kajian dilakukan melalui pengamatan terhadap karakteristik tanah, termasuk tekstur tanah, kadar air, kapasitas tukar kation (KTK), serta kandungan hara makro (N, P_2O_5, dan K_2O). Perlakuan L4P1 (lokasi Sorowako dengan aplikasi PGPR) menunjukkan hasil terbaik secara fisik dan kimiawi, dengan nilai KTK tertinggi (40,65 cmol(+)/kg) dan kandungan hara makro yang seimbang. Perlakuan P1 secara umum memberikan hasil yang paling konsisten dan unggul dibandingkan P2 dan P3, menunjukkan efektivitas formula mikrobanya dalam memperbaiki kualitas tanah terdegradasi. Sebaliknya, perlakuan L5 menunjukkan hasil paling rendah pada hampir seluruh parameter. Hasil ini menunjukkan bahwa bioremediasi dengan pupuk hayati, khususnya menggunakan PGPR (P1), berpotensi besar dalam mereklamasi tanah bekas tambang nikel.

Kata kunci: bioremediasi, pupuk hayati, tanah bekas tambang nikel.

1. Pendahuluan

Pertambangan nikel yang masif di Indonesia, khususnya di wilayah Sulawesi, telah menyebabkan degradasi tanah yang serius. Tanah bekas tambang mengalami penurunan kualitas fisik, kimia, dan biologi, seperti tekstur yang tidak seimbang, kadar hara yang

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

rendah, serta tingginya kandungan logam berat yang toksik bagi tanaman[1]. Hal ini menjadi tantangan besar dalam pemanfaatan kembali lahan bekas tambang untuk sektor pertanian. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan teknik bioremediasi dengan melibatkan mikroorganisme yang mampu memperbaiki kualitas tanah secara alami dan berkelanjutan[2].

Pupuk hayati atau biofertilizer, yang mengandung mikroba seperti PGPR, *Trichoderma*, dan konsorsium bakteri pelarut hara, telah terbukti mampu meningkatkan ketersediaan nutrien, memperbaiki struktur tanah, dan menurunkan toksisitas logam berat[3].

2. Literatur Review

2.1. Degradasi Tanah Bekas Tambang Nikel

Tanah bekas tambang nikel mengalami penurunan fungsi secara drastis akibat pengelupasan lapisan atas (top soil), pencemaran logam berat, serta penurunan kandungan bahan organik dan mikroorganisme tanah. Akibatnya, tanah menjadi keras, miskin hara, dan tidak mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal[1]. Kandungan logam berat seperti nikel (Ni), kobalt (Co), dan kromium (Cr) dalam jumlah tinggi menyebabkan stres abiotik pada tanaman yang menghambat proses fisiologis, termasuk perkecambahan dan pertumbuhan akar[2].

Selain itu, kerusakan struktur tanah menyebabkan terganggunya aerasi dan retensi air, dua faktor penting dalam fase awal pertumbuhan tanaman. Lahan pascatambang juga menunjukkan kapasitas tukar kation (KTK) yang sangat rendah, sehingga kemampuan tanah dalam menahan dan menyuplai unsur hara menjadi terbatas[3]. Tanpa intervensi rehabilitatif, lahan ini tidak dapat dimanfaatkan kembali untuk kegiatan pertanian secara berkelanjutan.

2.2 Bioremediasi dengan Pupuk Hayati

Bioremediasi merupakan pendekatan ekologis dalam memperbaiki tanah tercemar dengan memanfaatkan mikroorganisme hidup yang mampu menstabilkan atau mendekomposisi senyawa berbahaya[4]. Pupuk hayati yang mengandung mikroba seperti *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Trichoderma spp.*, dan *Azospirillum* terbukti efektif dalam merangsang pertumbuhan akar, meningkatkan ketersediaan unsur hara, serta menetralisir toksisitas logam berat melalui mekanisme bioabsorpsi dan pengkelatan[5].

Penggunaan pupuk hayati juga terbukti memperbaiki struktur dan aktivitas mikrobiologis tanah. Mikroorganisme dalam pupuk hayati menghasilkan enzim dan zat pengatur tumbuh (fitohormon) yang merangsang perkecambahan serta memperkuat sistem perakaran tanaman[6]. Dalam konteks reklamasi lahan tambang, pupuk hayati menjadi

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

alternatif yang murah, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dibandingkan teknik rekayasa tanah konvensional yang mahal dan invasif.

3. Metode

Penelitian Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua factorial, faktor pertama yaitu jenis tanah dengan 3 jenis kontrol, tanah bekas tambang dari morowali, tanah bekas tambang dari sorowako. Faktor kedua yaitu, biochar, kompos, PGPR, asam humat, tricoderma. Sehingga terdapat 15 kombinasi perlakuan, tiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 45 unit percobaan. Tiap unit terdiri dari 3 Polibag, sehingga terdapat 135 unit pengamatan

3.1 Prosedur Peneltian

a. **Pembuatan media bioremediasi**

Pembuatan bioremediasi biji jagung dilakukan dengan cara menyiapkan alat-alat yang akan digunakan untuk tahapan untuk melakukan bioremediasi.

- Tanah bekas tambang sebagai media pembibitan
- Pupuk hayati sebagai media bioremediasi

b. **Parameter pengamatan**

Parameter pengamatan antara lain yaitu:

1 Kandungan N, P, K sebelum dan sesudah perlakuan bioremidiasi
2 Kandungan logam berat Ni, Hg, Pb sebelum dan setelah perlakuan bioremidiasi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Tanah

Tabel. Analisis tanah

	Pasir	Debu	Liat	H2O	KCL	N	KTK	Fe	NI	P2O5	K2O
Top Soil	68	22	10	6.07	5.18	0.17	18.11	1.13	8.06	0.11	0.8
Morowali	13	46	41	6.45	5.03	0.15	32.11	1.63	23.54	0.14	0.09

Analisis laboratorium dilakukan untuk menilai berbagai parameter penting pada tanah, seperti tekstur, kadar air, kapasitas tukar kation (KTK), serta kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfat (P_2O_5), dan kalium (K_2O). Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian.

Tekstur Tanah

Tanah Top Soil menunjukkan dominasi fraksi pasir sebesar 68%. Kondisi ini cukup baik untuk aerasi, namun kurang mampu menyimpan air dan unsur hara. Di sisi lain, tanah dari Morowali memiliki kandungan liat tinggi mencapai 41%, yang berpotensi menyimpan air dalam jumlah besar, tetapi cenderung mudah tergenang dan sulit dikelola.

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

Sementara itu, tanah Sorowako memiliki komposisi yang relatif seimbang, meskipun masih didominasi pasir (42%) dan debu (41%).

Beberapa perlakuan menunjukkan hasil yang menarik. Perlakuan L2P1 (Morowali + Biochar) memiliki kandungan pasir tertinggi sebesar 69% dan liat terendah (4%), yang menghasilkan struktur tanah sangat poros. Perlakuan L3P2 (Sorowako + Kompos) mengandung liat sebesar 20%, yang memberi potensi baik dalam menyimpan air dan hara. Adapun perlakuan L4P1 (PGPR) dan L4P3 (Trichoderma) menunjukkan proporsi pasir, debu, dan liat yang seimbang, mendekati kondisi tanah ideal (loam).

Kadar Air dan Kapasitas Tukar Kation (KTK).

Kadar air tertinggi tercatat pada perlakuan L5P2 (9,07%) dan L5P3 (8,94%), yang menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan kelembapan, terutama pada lahan yang cenderung kering. Di sisi lain, nilai KTK tertinggi diperoleh dari perlakuan L4P1 sebesar 40,65 cmol(+)/kg. Nilai ini tergolong sangat ideal, karena menunjukkan kemampuan tanah dalam menyerap dan menyediakan unsur hara bagi tanaman.

Kandungan Nitrogen, Fosfat, dan Kalium

Dari hasil analisis, kandungan nitrogen tertinggi ditemukan pada perlakuan L4P1 (0,91%) dan L6P3 (0,92%). Untuk kandungan fosfat (P_2O_5), perlakuan L3P3 mencatat nilai tertinggi sebesar 3,56%, diikuti oleh L4P1 (2,29%) dan L6P1 (2,14%). Kandungan kalium (K_2O) tertinggi terdapat pada L6P1 (1,04%), L4P1 (0,93%), dan L6P3 (0,89%).

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, bioremediasi tanah bekas tambang nikel menggunakan pupuk hayati terbukti mampu memperbaiki kualitas fisik dan kimia tanah. Perlakuan L4P1 (Sorowako + PGPR) menunjukkan hasil terbaik secara konsisten pada berbagai parameter, seperti jumlah daun, panjang akar, tinggi tanaman, serta berat basah dan kering tanaman, yang mencerminkan kondisi media tumbuh yang lebih subur, stabil, dan mendukung perkecambahan. Pupuk hayati jenis P1 secara umum juga menunjukkan efektivitas paling tinggi dibandingkan P2 dan P3 dalam memfasilitasi penyerapan hara dan menurunkan efek toksisitas logam berat. Sebaliknya, perlakuan L5 memberikan hasil paling rendah, mengindikasikan bahwa lahan tersebut masih memerlukan perlakuan lebih lanjut agar layak untuk budidaya. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan lokasi dan jenis pupuk hayati yang tepat dalam upaya reklamasi lahan pascatambang nikel secara berkelanjutan dan produktif.

Ucapan Terima Kasih

Dengan rasa hormat dan penghargaan, saya mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besaranya kepada ibu pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan serta memberikan masukana berharga selama proses penelitian ini berlangsung. Bimbingan yang penuh kesabaran dan dedikasi telah menjadi fondasi penting dalam capaian hasil penelitian ini.

Referensi

[1] I. Rahim *et al.*, “Implementasi Teknologi Slow-Release Fertilizer Pada Usahatani

Tembakau Kelompok Tani Mamminasa Deceng Di Kabupaten Soppeng," *J. Din. Pengabdi.*, vol. 10, no. 2, pp. 269–278, 2025.
[2] 10.30605/perbal.v12i2.3455.
[3] *Trop.*, vol. 12, no. 3, pp. 400–407, 2023, doi: 10.31850/jgt.v12i3.1145.
[4] M. Yamin, S. N. Qadri, A. D. Pradilia, and S. Hama, "Keragaan Kapas Bronesia 1 dan Seleksi Beberapa Jenis Pupuk Berdasarkan Karakter Agronomi Performance of Bronesia 1 Cotton and Selection of Several Types of Fertilizer Based on Agronomic Characters," vol. 13, no. October 2023, pp. 418–428, 2024.
[5] Mayasari Yamin, Sri Nur Qadri, and Taufiq Hidayat RS, "Uji Viabilitas, Vigor, dan Pendugaan Aksi Gen Varietas Tebu (Saccharum Officinarum L.) Berdasarkan Karakter Agronomi," *J. Galung Trop.*, vol. 13, no. 1, pp. 127–136, 2024, doi: 10.31850/jgt.v13i1.1144.
[6] D. Amar Sani, "Celebes Journal of Community Services," vol. 1, no. 1, pp. 14–21, 2022.
[7] C. Volume, I. Cetak, and I. Online, "3875-Article Text-11793-1-10-20241128," vol. 21, 2024.
[8] S. Bahruddin, H. Sri, N. Qadri, and S. Zamzam, *Biochar: Kunci Sistem Produksi Jagung Berbasis Karbon Di Lahan Kering Penerbit Cv. Eureka Media Aksara*. 2024.
[9] I. Rahim, N. Ismirawati, and A. Rahim, " Increasing the technology readyness level for the application of Biohumate prototype with Biochar media enriched with PGPR bacteria in dry land in Parepare City, South Sulawesi ," *BIO Web Conf.*, vol. 180, p. 01005, 2025, doi: 10.1051/bioconf/202518001005.
[10] S. Sukmawati and H. Harsani, "Identifikasi Kombinasi Biochar Dan Kompos Limbah Tanaman Pangan Terhadap Dinamika Sifat Kimia Tanah," *J. Galung Trop.*, vol. 7, no. 2, p. 123, 2018, doi: 10.31850/jgt.v7i2.255.
[11] R. A. 2017 Fauzi, *Daftar Pustaka Daftar Pustaka*, vol. 7, no. 1. 2017.
[12] Z. Muttaqin, I. Rahim, and S. Zamzam, "OPTIMIZATION OF WHITE OYSTER MUSHROOM (Pleurotus ostreatus) GROWTH USING VARIOUS MEDIA ENRICHED WITH MILLET FLOUR," vol. 1, no. 2, pp. 51–58, 2024.