



Growth of Corn Germination (*Zea mays* L) on Remediated Nickel Mining Waste Media with Fertilizer

Irham akbar¹, Iradhatullah Rahim², Muh Ikbal Putera³, Sukmawati⁴, Sri Nur Qadri⁵

^{1,2,3,4,5} Department of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

 irham.akbar33@gmail.com

 <https://doi.org/10.53017/ujeb.240>

Received: 07/08/2025

Revised: 03/09/2025

Accepted: 02/11/2025

Abstract

*This study aims to evaluate the effectiveness of bioremediation using bio-fertilizers on the early growth of corn (*Zea mays* L.) in soil from former nickel mining sites. The study was conducted by observing soil characteristics and plant growth parameters, including soil texture, moisture content, cation exchange capacity (CEC), and macro nutrient content (N, P₂O₅, and K₂O). Treatment L4P1 (location Sorowako with PGPR application) showed the best physical and chemical results, with the highest CEC value (40.65 cmol(+)/kg) and balanced macro nutrient content. Corn plant growth also showed a positive response to this treatment, indicated by the number of leaves (4.67), plant height (39.70 cm), leaf length (29.51 cm), as well as higher dry and wet weights compared to other treatments. Treatment P1 generally provided the most consistent and superior results compared to P2 and P3, demonstrating the effectiveness of the microbial formula in improving soil quality. degraded. In contrast, the L5 treatment showed the lowest results on almost all parameters. These results indicate that bioremediation with biofertilizers, particularly using PGPR (P1), has great potential in reclaiming former nickel mining soils and supporting food crop productivity on marginal lands.*

Keywords: tobacco; varieties; biochar; clay soil; seedling growth

Pertumbuhan Perkecambahan Jagung (*Zea mays* L) pada Media Bekas Tambang Nikel yang Dibioremediasi dengan Pupuk

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas bioremediasi menggunakan pupuk hayati terhadap pertumbuhan awal jagung (*Zea mays* L.) pada media tanah bekas tambang nikel. Kajian dilakukan melalui pengamatan terhadap karakteristik tanah dan parameter pertumbuhan tanaman, termasuk tekstur tanah, kadar air, kapasitas tukar kation (KTK), serta kandungan hara makro (N, P₂O₅, dan K₂O). 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. Pertumbuhan tanaman jagung juga menunjukkan respons positif pada perlakuan ini, ditandai dengan jumlah daun (4,67), tinggi tanaman (39,70 cm), panjang daun (29,51 cm), serta berat kering dan basah yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain. 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 dan mendukung produktivitas tanaman pangan pada lahan marginal.

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

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 rendah, serta tingginya kandungan logam berat yang toksik bagi tanaman¹. 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 berkelanjutan².

Pupuk hayati atau biofertilizer, yang mengandung mikroba seperti PGPR, *Trichoderma*, dan konsorsium bakteri pelarut hara, telah terbukti mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, memperbaiki struktur tanah, dan menurunkan toksisitas logam berat³. Aplikasi pupuk hayati pada tanah bekas tambang berpotensi mempercepat proses rehabilitasi lahan, serta meningkatkan viabilitas dan pertumbuhan tanaman, termasuk jagung (*Zea mays* L.) yang dikenal adaptif dan bernilai ekonomi tinggi⁴. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan bioremediasi dengan pupuk hayati tertentu dapat menghasilkan perbaikan signifikan terhadap parameter pertumbuhan tanaman pada lahan marginal⁵. Oleh karena itu, kajian ini penting dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas berbagai jenis pupuk hayati dalam mendukung perkecambahan jagung pada media tanah bekas tambang nikel.

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 optimal¹. 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 akar².

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 terbatas³. 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 berbahaya⁴. 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 menetralkan toksisitas logam berat melalui mekanisme bioabsorpsi dan pengkelatan⁵.

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 tanaman⁶. Dalam konteks reklamasi lahan tambang, pupuk hayati menjadi alternatif yang murah, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dibandingkan teknik rekayasa tanah konvensional yang mahal dan invasif.

2. 3. Respon Jagung terhadap Media Terdegradasi

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman pangan penting yang memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk lahan marginal. Namun demikian, pada tanah bekas tambang yang miskin hara dan mengandung logam berat, pertumbuhan jagung dapat terhambat jika tidak didukung oleh intervensi pemulihan media tumbuh⁷. Fase awal seperti perkecambahan dan pembentukan akar sangat peka terhadap kondisi fisik dan kimia tanah, terutama terhadap ketersediaan air, oksigen, dan nutrisi⁸.

Studi terbaru menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati pada media tanah bekas tambang mampu meningkatkan tinggi tanaman, panjang akar, dan berat kering jagung secara signifikan⁹. Kombinasi antara pemilihan jenis mikroba yang sesuai dan kondisi tanah yang telah direhabilitasi menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhan awal jagung. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi perlakuan terbaik dalam pemanfaatan tanah bekas tambang nikel sebagai media tanam produktif.

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, trichoderma. 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 Penelitian

a. Persiapan bibit

Persiapan bibit dilakukan dengan cara pembelian bibit yang akan dijadikan sampel percobaan untuk menentukan kualitas L1, L2, dan L3 untuk bioremediasi menggunakan P1, P2, P3, P4, dan P5

b. Pembuatan media bioremediasi

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

- Media biji jagung sebagai media utama.
- Tanah bekas tambang sebagai media pembibitan
- Pupuk hayati sebagai media bioremediasi

c. Parameter pengamatan

Parameter pengamatan antara lain yaitu:

- 1 Kandungan N, P, K sebelum dan sesudah perlakuan bioremediasi
- 2 Kandungan logam berat Ni, Hg, Pb sebelum dan setelah perlakuan bioremediasi
- 3 Panjang akar tanaman jagung di umur 10 hari setelah tanam
- 4 Kecepatan berkecambah di umur 10 hari setelah tanam
- 5 Laju parameter perkecambahan

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
Sorowako	42	41	17	7.67	6.91	0.16	5.36	9.98	5674	0.02	0
L1P1	66	26	8	7.94	6.92	0.19	20.73	0.98	31.25	0.09	0.44
L1P2	62	27	11	7.76	6.21	0.17	21.66	0.69	37.32	0.09	0.42
L1P3	65	29	6	8.3	7.33	0.19	21.73	0.84	36.99	0.09	0.51
L2P1	69	27	4	8.06	7.36	0.35	29.3	0.59	346	0.29	0.74
L2P2	62	29	9	8.07	7.47	0.34	27.96	1.05	449	0.31	0.75
L2P3	60	26	14	8.18	7.49	0.36	27.41	0.98	299	0.26	0.65
L3P1	38	45	17	8.08	7.04	0.17	28.07	0.5	80.75	0.17	0.42
L3P2	37	43	20	8.11	7.41	0.18	31.4	0.69	18.42	0.13	0.35
L3P3	39	43	18	8.15	7.47	0.19	31.45	1.01	35.93	3.56	0.45
L4P1	48	40	12	8.19	7.4	0.91	40.65	0.5	62.38	2.29	0.93
L4P2	47	44	9	8.21	7.45	0.75	30.53	0.74	35.71	1.76	0.81
L4P3	43	49	8	8.01	7.47	0.82	37.3	0.87	339.3	2.01	0.8
L5P1	50	33	17	8.85	7.9	0.19	11.63	3.39	2309	0.23	0.41
L5P2	52	36	12	9.07	8.1	0.29	13.91	2.38	2035	0.24	0.37

L5P3	55	33	12	8.94	8.07	0.28	15.22	3.76	2714	0.23	0.34
L6P1	66	27	7	8.01	7.79	0.9	18.57	0.85	799	2.14	1.04
L6P2	68	26	6	8.21	7.76	0.79	30.02	1.19	1156	2.01	0.84
L6P3	67	23	10	8.3	7.62	0.92	34.09	0.61	512	1.88	0.89

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. 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 porous. 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%).

4.2 Parameter Pengamatan

Jumlah daun

Tabel. Rerata jumlah daun

L	P			rata-rata	NP.BNJ a 0.05
	P1	P2	P3		
L1	4.00	3.44	3.56	3.67 ab	1.6
L2	4.39	4.39	4.39	4.39 a	
L3	3.50	2.94	3.61	3.35 ab	
L4	4.72	4.67	4.61	4.67 a	

L5	2.11	2.39	1.83	2.11 b
L6	4.33	3.50	4.22	4.02 a
rata-rata	3.84	3.56	3.70	

Berdasarkan hasil analisis data Uji Lanjut menggunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf signifikan 5%, terlihat bahwa perlakuan lokasi (L) memberikan pengaruh yang berbeda terhadap variabel hasil yang diamati. Perlakuan L4 dengan nilai rata-rata sebesar 4,67a yang berbeda nyata Hasil ini mengindikasikan bahwa lingkungan dan perlakuan yang diterapkan pada L4 sangat mendukung pertumbuhan atau respons variabel yang diamati, kemungkinan karena kondisi tanah yang optimal dan perlakuan biologis atau organik yang efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah dan efisiensi penyerapan unsur hara. Perlakuan L2 dan L6 juga memperlihatkan performa yang tinggi dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar 4,39a dan 4,02a, dan keduanya termasuk dalam kelompok yang tidak berbeda nyata dengan L4. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga perlakuan tersebut memberikan respons yang positif terhadap tanaman atau parameter yang diamati, mungkin karena struktur tanah yang baik, kandungan hara yang memadai, serta perlakuan tambahan yang mendukung fungsi mikroorganisme tanah atau perbaikan sifat fisik tanah.

Panjang Daun

Tabel. Rerata Panjang Daun

L	P			rata-rata	NP. BNJ 0.05
	P1	P2	P3		
L1	22.55	21.64	21.93	22.04 a	12.8
L2	25.44	27.58	26.75	26.59 a	
L3	21.10	16.75	22.99	20.28 a	
L4	31.59	29.96	26.98	29.51 a	
L5	6.27	7.32	4.53	6.04 b	
L6	24.41	16.44	19.84	20.23 a	
rata-rata	21.89	19.95	20.51		

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan Uji Lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf signifikansi 5%, diketahui bahwa perlakuan lokasi (L) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel yang diamati. Perlakuan L4 menunjukkan rata-rata nilai tertinggi yaitu 29,51a, diikuti oleh L2 dengan nilai 26,59a. Hasil pada L4 dan L2 diduga kuat dipengaruhi oleh kombinasi struktur tanah yang mendukung, kandungan hara yang mencukupi, serta efektivitas bahan amelioran atau mikroba yang diterapkan. Faktor-faktor tersebut berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Sebaliknya, perlakuan L5 menghasilkan nilai terendah dengan rata-rata 6,04^b dan secara statistik berbeda nyata dari perlakuan lainnya. Nilai yang rendah ini diperkirakan terjadi akibat kondisi tanah yang kurang mendukung, seperti kandungan hara yang rendah, tekstur tanah yang tidak sesuai, atau kurang optimalnya perlakuan yang diberikan, misalnya keterbatasan peran mikroorganisme atau bahan organik dalam memperbaiki kualitas tanah.

Panjang Akar

Tabel. Rerata Panjang akar

L	P			rata-rata	NP. BNJ a0.05
	P1	P2	P3		
L1	21.00	18.23	27.60	22.28 ab	14.18
L2	19.87	17.63	14.97	17.49 abc	

L3	33.63	27.23	26.60	29.16 a
L4	17.83	19.50	23.57	20.30 ab
L5	4.70	2.47	2.83	3.33 c
L6	15.23	15.27	13.90	14.80 bc
rata-rata	18.71	16.72	18.24	

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pertumbuhan akar jagung (*Zea mays* L.) pada media tanah bekas tambang nikel yang dibioromedi dengan pupuk hayati, diketahui bahwa terdapat variasi panjang akar yang signifikan antar perlakuan dan level. Perlakuan L3 (level 3) secara konsisten menunjukkan pertumbuhan akar paling panjang dengan rerata 29,16 cm, yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya berdasarkan nilai BNJ 0,05 sebesar 14,18. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi kondisi lingkungan pada level L3 dan perlakuan pupuk hayati memberikan kondisi paling optimal bagi perkembangan akar jagung. Sementara itu, perlakuan L5 menunjukkan pertumbuhan terpendek dengan rerata panjang akar hanya 3,33 cm, yang secara statistik berbeda nyata dari perlakuan lainnya, menandakan bahwa kondisi pada level tersebut kemungkinan masih mengandung toksisitas atau kekurangan unsur hara esensial meskipun telah dibioromedi.

Tinggi Tanaman

Tabel. Rerata Tinggi Tanaman

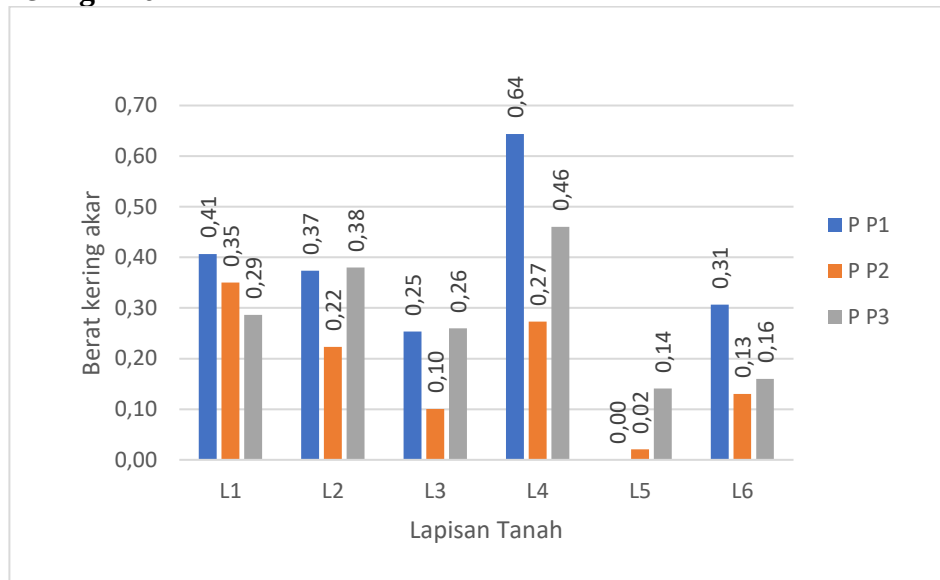
L	P			rata-rata	NP. BNJ a0.05
	P1	P2	P3		
L1	33.96	30.07	29.19	31.07 ab	11.6
L2	35.00	36.03	33.77	34.93 ab	
L3	30.81	20.58	33.73	28.37 ab	
L4	42.23	40.43	36.45	39.70 a	
L5	9.47	12.51	9.89	10.62 c	
L6	35.72	19.18	28.73	27.87 b	
rata-rata	31.20	26.46	28.63		

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman jagung (*Zea mays* L.) yang tumbuh pada media tanah bekas tambang nikel yang telah dibioromedi dengan pupuk hayati bervariasi secara signifikan antar perlakuan. Perlakuan pada level L4 menunjukkan hasil tertinggi dengan rerata tinggi tanaman 39,70 cm dan berbeda nyata dengan perlakuan lain berdasarkan nilai BNJ 0,05 sebesar 11,6. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan pada level L4 memberikan dukungan terbaik bagi pertumbuhan tanaman, kemungkinan karena bioremediasi yang lebih efektif atau kandungan unsur hara yang lebih seimbang. Sebaliknya, L5 menunjukkan pertumbuhan paling rendah dengan rata-rata hanya 10,62 cm, yang secara statistik berbeda nyata dari perlakuan lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa pada level tersebut, proses bioremediasi belum cukup optimal untuk mengurangi dampak toksik dari logam berat dalam tanah tambang nikel.

Dari segi perlakuan pupuk hayati, perlakuan P1 menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi (31,20 cm), diikuti oleh P3 (28,63 cm), dan terendah adalah P2 (26,46 cm). Walaupun perbedaannya tidak signifikan secara statistik, tren ini menunjukkan bahwa jenis atau formulasi pupuk hayati pada P1 cenderung memberikan dampak lebih positif terhadap pertumbuhan vertikal tanaman jagung. Temuan ini memperkuat pentingnya pemilihan jenis pupuk hayati yang sesuai untuk meningkatkan efektivitas bioremediasi pada tanah tercemar, serta menunjukkan bahwa keberhasilan pertumbuhan tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh perbaikan kimia tanah, tetapi juga oleh

keseimbangan mikroorganisme dan ketersediaan unsur hara esensial yang difasilitasi oleh pupuk hayati.

Berat Kering Akar



Gambar 1.

Berdasarkan grafik hasil penelitian yang menggambarkan berat kering akar jagung (*Zea mays* L.) pada media tanah bekas tambang nikel yang telah dibioromediasi dengan tiga jenis pupuk hayati (P1, P2, dan P3), terlihat bahwa perlakuan P1 pada level L4 menunjukkan hasil tertinggi dengan berat kering akar sebesar 0,64 gram, diikuti oleh perlakuan P3 pada L4 sebesar 0,46 gram. Ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pupuk hayati P1 dengan kondisi lingkungan pada L4 sangat efektif dalam mendukung pertumbuhan akar yang sehat dan kuat. Sebaliknya, nilai terendah ditemukan pada P1 dan P2 di level L5, masing-masing hanya 0,00 dan 0,02 gram, yang mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan di level L5 kemungkinan besar masih belum optimal meskipun telah dilakukan bioremediasi.

Perlakuan P1 cenderung memberikan hasil berat kering akar yang lebih tinggi di hampir semua level, dibandingkan P2 dan P3. Hal ini mengindikasikan bahwa pupuk hayati P1 memiliki efektivitas yang lebih baik dalam meningkatkan kualitas media tanam dan mendukung perkembangan sistem perakaran tanaman jagung pada tanah bekas tambang nikel. Pupuk hayati P2 menunjukkan hasil paling rendah di beberapa level, mengindikasikan bahwa formulasi atau konsorsium mikroba yang digunakan dalam P2 mungkin kurang sesuai untuk kondisi media tersebut. Hasil ini menekankan pentingnya pemilihan jenis pupuk hayati yang tepat guna meningkatkan hasil pertumbuhan tanaman pada lahan marginal hasil tambang.

Berat Basah

Tabel. Rerata Berat Basah

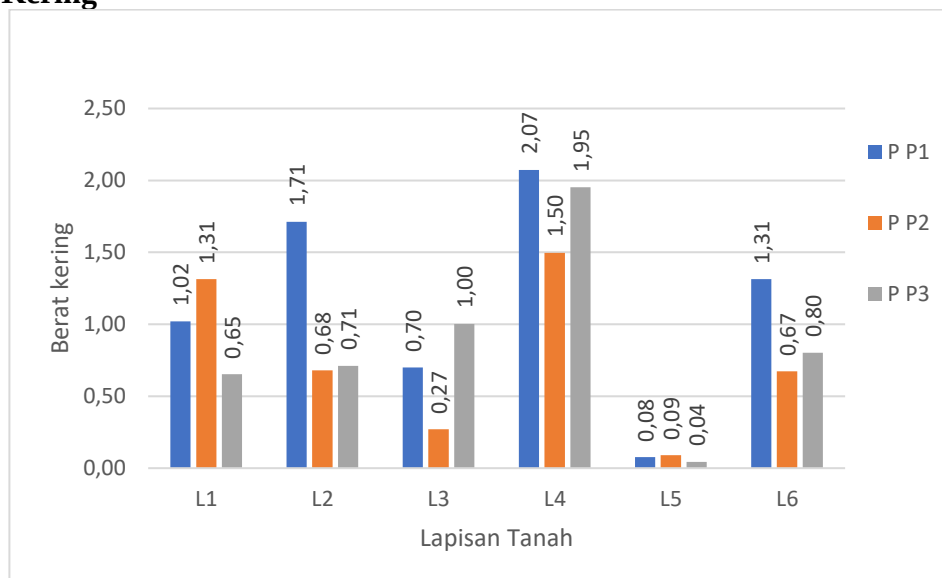
L	P			rata-rata	NP. BNJ a0.05
	P1	P2	P3		
L1	6.61	10.56	3.81	6.99 a	12.9
L2	14.68	4.68	11.53	10.30 ab	
L3	4.43	1.98	5.16	3.85 b	
L4	17.94	14.69	17.94	16.86 a	

L5	0.37	0.53	0.35	0.42 b
L6	10.54	5.70	7.53	7.92 ab
rata-rata	9.10	6.36	7.72	

Berdasarkan data hasil penelitian mengenai perkecambahan jagung (*Zea mays* L.) pada media tanah bekas tambang nikel yang dibioromediasi dengan pupuk hayati, diketahui bahwa perlakuan terbaik diperoleh pada level L4 dengan rerata nilai 16,86 dan tidak berbeda nyata dengan L1 dan L2 berdasarkan nilai BNJ 0,05 sebesar 12,9. Perlakuan ini menunjukkan bahwa tanah pada L4 telah mengalami perbaikan kualitas yang cukup signifikan akibat bioremediasi, sehingga mendukung proses perkecambahan secara optimal. Sebaliknya, level L5 menunjukkan hasil terendah, dengan rerata hanya 0,42, yang mengindikasikan bahwa kondisi tanah pada level tersebut masih sangat terdegradasi dan belum cukup mendukung pertumbuhan awal tanaman jagung meskipun telah diberi perlakuan pupuk hayati.

Perlakuan P1 memberikan rata-rata hasil tertinggi (9,10), disusul oleh P3 (7,72) dan yang terendah adalah P2 (6,36). Meskipun perbedaan ini tidak signifikan secara statistik, tren tersebut menunjukkan bahwa formulasi mikroba pada P1 lebih efektif dalam mendukung proses perkecambahan tanaman jagung di tanah yang terkontaminasi logam berat. Efektivitas pupuk hayati ini dapat dikaitkan dengan perannya dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi, memperbaiki struktur tanah, serta menurunkan toksisitas logam berat. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pemilihan jenis pupuk hayati yang tepat dan penerapannya pada kondisi tanah yang sesuai sangat krusial dalam upaya reklamasi dan pemanfaatan kembali lahan bekas tambang untuk pertanian.

Berat Kering



Gambar 2.

Berdasarkan grafik hasil penelitian mengenai **berat kering tanaman jagung (*Zea mays* L.)** pada media tanah bekas tambang nikel yang dibioromediasi dengan tiga jenis pupuk hayati (P1, P2, dan P3), terlihat bahwa **perlakuan paling efektif terdapat pada level L4**, khususnya dengan pupuk hayati **P1** yang menghasilkan berat kering tertinggi sebesar **2,07 gram**, diikuti oleh P3 (1,95 gram) dan P2 (1,50 gram). Hasil ini menunjukkan bahwa pada L4, kondisi tanah pasca-bioremediasi telah cukup mendukung akumulasi biomassa tanaman, baik dari sisi perbaikan sifat kimia, fisik, maupun biologis tanah. Sebaliknya, **level L5 menunjukkan nilai terendah secara keseluruhan**, dengan berat kering tanaman kurang dari 0,10 gram di semua perlakuan pupuk, yang mengindikasikan bahwa media pada level tersebut belum pulih secara optimal dari dampak pencemaran tambang.

Dari ketiga jenis pupuk hayati, **P1 secara konsisten memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan P2 dan P3 di sebagian besar level**, termasuk pada L2 (1,71 g), L6 (1,31 g), dan L1 (1,02 g). Ini mengindikasikan bahwa **formulasi mikroorganisme atau bahan aktif dalam pupuk hayati P1 lebih adaptif dan efektif** dalam memperbaiki kualitas tanah tambang dan menunjang pertumbuhan tanaman. Meskipun pada beberapa level seperti L1 dan L2 P2 sempat menunjukkan hasil yang mendekati atau sedikit lebih tinggi, tren keseluruhan tetap menunjukkan keunggulan P1. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan bioremediasi dalam meningkatkan produktivitas lahan bekas tambang sangat dipengaruhi oleh jenis pupuk hayati yang digunakan dan tingkat kerusakan tanah yang dihadapi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, bioremediasi tanah bekas tambang nikel menggunakan pupuk hayati terbukti mampu memperbaiki kualitas fisik dan kimia tanah serta meningkatkan pertumbuhan awal jagung (*Zea mays* L.). 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-besarnya kepada ibu pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan serta memberikan masukan 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. Pengabd.*, vol. 10, no. 2, pp. 269–278, 2025.
- [2] Mila Astiani, S. Sukmawati, I. Rahim, M. Yamin, and S. Suherman, "Karakteristik dan Analisis Korelasi Karakter Fisiologis Tanaman Jagung Hibrida (*Zea mays* L.) pada Tanah Bertekstur Liat Diperkaya Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar," *Perbal J. Pertan. Berkelanjutan*, vol. 12, no. 2, pp. 154–163, 2024, doi: 10.30605/perbal.v12i2.3455.
- [3] S. N. Qadri, M. Yamin, and D. Darwis, "Pertumbuhan Bibit Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Beberapa Varietas Lokal dan Unggul dengan Media Polibag," *J. Galung 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. Bahrudin, 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 readiness 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.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
