

Dampak Lingkungan dan Sosial-Ekonomi Program CSR PLTG Borang: Studi Pemanfaatan Limbah Perusahaan menjadi Pupuk Organomineral terhadap Kesejahteraan Petani Lokal

David Haryanto¹, Herawan Fatoni², M. Syafii Pratama³, Ray Ariz Jauhar⁴, Rudi Haryanto⁵, Rahmi Hidayati⁶

^{1,2,3,4}PT PLN Indonesia Power UP Merah Mata, ⁵Ketua Kelompok Tani Makmur Sejahtera, ⁶Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Korespondensi Email : david.haryanto@plnindonesiapower.co.id, rahmi.hidayati@untirta.ac.id

Abstract

The availability of safe, effective, and quality-standard organomineral fertilizers is a crucial factor in supporting crop productivity and environmental sustainability. This study aims to analyze the quality of two fertilizer products, Laos Green Hydro and GreenCycle Terra, based on laboratory tests covering chemical parameters, macro-micronutrients, heavy metals, and microbiological safety. Laboratory tests showed that both fertilizers have high macronutrient content, with GreenCycle Terra containing a higher NPK content. Laos Green Hydro fertilizer is proven safe from heavy metals and pathogens, with a micronutrient content suitable for plant needs. Overall, both fertilizers meet the eligibility standards for application in sustainable agriculture and community empowerment programs. This study provides a scientific basis for selecting organomineral fertilizers in agronomic activities and environmental programs. Furthermore, from an environmental and socio-economic perspective, these fertilizers provide added value by reducing industrial waste, reducing farmers' dependence on chemical fertilizers, and increasing productivity and local food security.

Keywords: organomineral fertilizer, biological safety, local food security

Abstrak

Ketersediaan pupuk organomineral yang aman, efektif, dan memenuhi standar kualitas merupakan faktor penting dalam mendukung produktivitas tanaman dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kualitas dua produk pupuk, yaitu Pupuk Laos Green Hydro dan Pupuk GreenCycle Terra, berdasarkan uji laboratorium yang mencakup parameter kimia, unsur hara makro-mikro, logam berat, serta keamanan mikrobiologis. Pengujian dilakukan di Laboratorium terkait dengan hasil menunjukkan bahwa kedua pupuk memiliki kandungan hara makro tinggi, dengan GreenCycle Terra mengandung NPK lebih tinggi. Pupuk Laos Green Hydro terbukti aman dari logam berat dan patogen, dengan kandungan unsur mikro sesuai kebutuhan tanaman. Secara keseluruhan, kedua pupuk memenuhi standar kelayakan untuk diaplikasikan pada pertanian berkelanjutan dan program pemberdayaan masyarakat. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah untuk pemilihan pupuk organomineral dalam kegiatan agronomi dan program lingkungan. Disamping itu, pada aspek lingkungan dan sosial-ekonomi, pupuk tersebut memberikan nilai tambah melalui pengurangan beban limbah industri, penurunan ketergantungan petani pada pupuk kimia, serta peningkatan produktivitas dan ketahanan pangan lokal.

Kata kunci: pupuk organomineral, keamanan biologis, ketahanan pangan lokal

Pendahuluan

Tanggung jawab sosial perusahaan atau Corporate Social Responsibility (CSR) merupakan isu yang semakin mendapat perhatian dalam dunia bisnis sebagai salah satu aspek strategis yang perlu diimplementasikan. Hal ini sejalan dengan konsep *Triple Bottom Line* yang dikemukakan oleh John Elkington, yang menegaskan bahwa perusahaan tidak semata-mata berorientasi pada pencapaian keuntungan maksimal, tetapi juga dituntut untuk memberikan kontribusi nyata bagi masyarakat dan kelestarian lingkungan. Konsep tersebut bertujuan untuk menilai tingkat komitmen perusahaan dalam menjalankan tanggung jawab sosial serta mengukur dampak aktivitas perusahaan terhadap lingkungan sekitarnya.

Tidak terkecuali PT PLN Indonesia Power Unit Pembangkitan Merah Mata Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Borang, sebagai salah satu unit pembangkit energi, perusahaan ini melaksanakan program pengembangan masyarakat yang diimplementasikan melalui kegiatan Corporate Social Responsibility (CSR) di kawasan ring satu perusahaan. Program tersebut secara khusus diarahkan kepada kelompok petani sebagai penerima manfaat utama di Desa Merah Mata (Fatoni et al., 2024).

Sebagai sebuah perusahaan, proses aktivitas bisnis PLTG Borang menghasilkan limbah padat dan cair dari aktivitas operasional, termasuk residu dari proses perawatan peralatan dan filtrasi udara turbin. Selama ini, limbah tersebut cenderung belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi menimbulkan risiko lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Sejalan dengan komitmen perusahaan terhadap keberlanjutan dan ekonomi sirkular, limbah tersebut kemudian diolah dan dimodifikasi menjadi sumber bahan baku pembuatan pupuk organomineral.

PT PLN Indonesia Power UP Merah Mata PLTG Borang mengembangkan dan menggunakan produk pupuk sebagai bagian dari kegiatan pemberdayaan masyarakat dan pengelolaan lingkungan. Pupuk merupakan komponen esensial dalam sistem produksi pertanian modern karena menyediakan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan pupuk organomineral semakin meningkat karena dinilai lebih aman bagi lingkungan serta dapat memperbaiki kualitas tanah jangka panjang (Rahman, M., Wijaya, R., & Anwar, 2020).

Pupuk jenis ini umumnya mengombinasikan unsur organik dan anorganik, sehingga memberikan manfaat ganda seperti meningkatkan kandungan hara sekaligus memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. Namun, penggunaan pupuk organik dan organomineral memerlukan pengujian komprehensif terutama terkait kualitas hara, kandungan logam berat, dan keamanan biologis. Kontaminasi logam berat seperti Pb, Cd, dan Hg sering ditemukan pada pupuk berbahan dasar limbah, sehingga diperlukan pengujian ketat agar aman diaplikasikan (Sari, N., & Widodo, 2021). Selain itu, kehadiran patogen seperti *Escherichia coli* dan *Salmonella* dapat menimbulkan risiko kesehatan pada

tanaman maupun manusia (World Health Organization, 2019). Oleh karena itu, diperlukan analisis ilmiah untuk memastikan kualitas pupuk yang digunakan.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kualitas dua pupuk, yaitu Pupuk Laos Green Hydro dan GreenCycle Terra, melalui analisis laboratorium yang meliputi unsur hara makro, mikro, logam berat, dan keamanan biologis. Transformasi limbah PLTG Borang menjadi pupuk organomineral seperti Pupuk Laos Green Hydro dan GreenCycle Terra merupakan implementasi nyata konsep waste-to-resource dan circular economy, dimana residu industri dikonversi menjadi produk baru yang memiliki manfaat ekonomi, agronomis, dan lingkungan. Komposisi bahan dalam satu unit komposter volume 20 kg disusun untuk mencapai keseimbangan rasio C:N dan mendukung dekomposisi yang optimal, yaitu terdiri dari 40% limbah pertanian sebagai sumber karbon struktural, 35% limbah organik rumah tangga sebagai penyedia nitrogen dan kelembapan, 15% plain paper cacah untuk menyerap air berlebih dan menjaga tekstur agar tidak menggumpal, serta tambahan 5% Moloster dan 5% EM4 sebagai aktivator biologis yang memperkaya mikroorganisme pengurai. Kombinasi ini memastikan proses pengomposan berlangsung lebih cepat, stabil, minim bau, dan menghasilkan kompos yang matang serta kaya hara untuk mendukung peningkatan kualitas media tanam dan kesehatan tanah.

Dengan memanfaatkan limbah dari PLTG Borang sebagai bahan baku, program ini tidak hanya berorientasi pada pengurangan dampak lingkungan, tetapi juga memperkuat hubungan antara perusahaan dan masyarakat melalui penyediaan pupuk murah, peningkatan produksi pertanian, serta penciptaan peluang usaha bagi kelompok tani lokal. Hal ini menjadi alasan mendasar pentingnya dilakukan analisis ilmiah terhadap kualitas pupuk tersebut sebelum disebarluaskan atau diintegrasikan dalam kegiatan pemberdayaan ekonomi.

Peningkatan kebutuhan pupuk organomineral juga selaras dengan agenda global terkait pertanian rendah emisi dan pemanfaatan biomassa sebagai substitusi input kimia sintetik. Badan Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) menekankan bahwa integrasi pupuk organik ke dalam sistem pertanian mampu menurunkan jejak karbon hingga 15–25% serta memperbaiki biodiversitas tanah. Dalam konteks tersebut, penggunaan limbah PLTG Borang yang sebelumnya merupakan residu bernilai rendah menjadi pupuk bernilai ekonomi tinggi memberikan kontribusi terhadap pencapaian target Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 12 (Responsible Consumption and Production), SDG 13 (Climate Action), dan SDG 15 (Life on Land).

Lebih dari berdampak pada aspek lingkungan, pupuk organomineral juga memiliki implikasi sosial yang strategis. Bagi masyarakat sekitar PLTG Borang, keberadaan produk pupuk ini dapat memperkuat ketahanan pangan lokal serta membuka peluang ekonomi baru melalui kegiatan budidaya tanaman hortikultura, sayuran, dan perkebunan skala rumah tangga maupun kelompok. Pemanfaatan limbah

industri menjadi produk agronomis dengan nilai tambah tinggi merupakan pendekatan *shared value*, di mana kepentingan perusahaan dan masyarakat dapat dipenuhi secara simultan melalui model kolaborasi berkelanjutan.

Dari sisi teknologi, proses produksi pupuk organomineral juga mencerminkan penerapan inovasi dalam pengelolaan limbah non-B3. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa limbah industri dapat diolah menjadi kompos atau pupuk melalui proses stabilisasi biologis, inokulasi mikroorganisme dekomposer, serta pencampuran bahan anorganik seperti mineral fosfat atau nitrat untuk memperkaya hara. Teknik ini memungkinkan tercapainya pupuk berkualitas tinggi dengan kadar nutrisi kompetitif dibanding pupuk komersial.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran mengenai kualitas pupuk yang dihasilkan dari limbah PLTG Borang, tetapi juga memberikan kontribusi empiris terhadap literatur mengenai transformasi limbah industri menjadi sumber daya ekonomi yang berkelanjutan. Evaluasi kualitas pupuk juga diperlukan untuk menjamin keamanan aplikasinya pada lahan pertanian, sekaligus menyediakan dasar rekomendasi teknis untuk implementasi program CSR berbasis lingkungan.

Metode

Sampel pupuk Laos Green Hydro dan GreenCycle Terra diuji pada tanggal 30 November 2025 di Laboratorium terkait. Parameter yang dianalisis meliputi:

1. Unsur Hara Makro: N-total (metode Kjeldahl), P_2O_5 (spektrofotometri), K_2O (AAS).
2. C-Organik: Metode Churmies.
3. pH: Elektrometri.
4. Unsur Hara Mikro & Logam Berat: Fe, Mn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, As, Hg (AAS dan atomisasi).
5. Keamanan Biologis: E. coli dan Salmonella (Handbook of Microbiological Media).

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif-komparatif dibandingkan standar SNI 19-7030-2004 dan referensi ilmiah terkait.

Metode analisis deskriptif-komparatif dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi kualitas pupuk berdasarkan standar yang berlaku, terutama SNI 19-7030-2004 untuk kompos dan pupuk organik. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengidentifikasi kesesuaian parameter kimia dan biologis pupuk dengan kebutuhan tanaman serta batas aman sesuai regulasi nasional. Selain itu, sebelum pengujian dilakukan, kedua sampel pupuk telah melalui proses homogenisasi guna memastikan bahwa bagian yang diuji mewakili karakteristik keseluruhan produk. Setiap parameter dianalisis menggunakan metode baku yang telah distandardisasi secara internasional, sehingga keabsahan dan reliabilitas data dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Validasi internal laboratorium dilakukan melalui pengulangan pengukuran dan perbandingan terhadap kontrol bahan yang telah tersertifikasi.

Desain penelitian ini bersifat non-eksperimental namun tetap mengikuti prosedur sistematis ilmiah, mulai dari pengambilan sampel, pengukuran laboratorium, pengolahan data, hingga interpretasi hasil. Analisis mendalam dilakukan untuk memetakan profil nutrisi pupuk dan potensi risiko logam berat, sekaligus mengevaluasi kecocokan produk untuk aplikasi pada tanah dengan karakteristik tertentu, dalam hal ini tanah masam di kawasan Kampung Laos.

Hasil dan Diskusi

• Unsur Hara Makro (N, P, K)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua pupuk memiliki kandungan hara makro tinggi (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan Hara Makro Pupuk

Parameter	Laos Green Hydro	GreenCycle Terra
N (%)	7,06	8,26
P ₂ O ₅ /P (%)	11,71	12,34
K ₂ O/K (%)	18,30	20,02

Sumber: Olah Data Peneliti, 2025

GreenCycle Terra memperlihatkan kandungan NPK lebih tinggi sehingga lebih efektif digunakan pada fase vegetatif dan generatif tanaman yang memerlukan suplai hara intensif. Kandungan NPK kedua pupuk melampaui kisaran minimal pupuk organomineral yang biasanya berada pada rentang 5–15% (Hidayat, A., Putra, R., & Mulyani, 2020).

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa pupuk yang berasal dari bahan baku limbah PLTG Borang tersebut memiliki kandungan hara makro tinggi serta aman dari logam berat dan patogen (pada sampel Laos Green Hydro). Temuan ini mengindikasikan bahwa limbah non-B3 dari industri pembangkit dapat diolah menjadi input pertanian yang layak dan bernilai tambah.

Dari perspektif ekonomi, proses konversi limbah menjadi pupuk memberikan nilai tambah (value creation) baik bagi perusahaan maupun masyarakat. Perusahaan memperoleh efisiensi biaya pengelolaan limbah, sementara masyarakat mendapatkan akses terhadap pupuk berkualitas tinggi yang mampu meningkatkan produktivitas pertanian, Dimana ukuran daun lebih lebar dengan peningkatan bobot 20–35% karena peningkatan unsur hara & humus. Selain memperlihatkan kandungan NPK yang tinggi, profil nutrisi kedua pupuk mengindikasikan bahwa bahan baku limbah PLTG Borang mengandung mineral-mineral tertentu yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman. Kandungan nitrogen dalam pupuk organomineral sangat dipengaruhi

oleh proses dekomposisi bahan organik serta penambahan mineral anorganik seperti amonium sulfat atau nitrat. Kandungan P_2O_5 dan K_2O yang tinggi pada GreenCycle Terra menunjukkan bahwa komposisi bahan baku dan proses formulasi pupuk telah mampu mengoptimalkan penyerapan unsur fosfat dan kalium ke dalam matriks organik.

Nilai NPK yang lebih tinggi juga menunjukkan potensi GreenCycle Terra untuk meningkatkan fase vegetatif tanaman seperti pertumbuhan daun dan batang. Namun, kelebihan P dan K juga harus diimbangi dengan ketersediaan air dan struktur tanah agar efektivitasnya tercapai. Hal ini menegaskan pentingnya pemilihan jenis pupuk berdasarkan tujuan pemupukan spesifik di lapangan.

Unsur makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) merupakan indikator utama kualitas pupuk. Temuan laboratorium menunjukkan bahwa kandungan N dalam pupuk hasil modifikasi limbah PLTG berada pada kategori sedang. Nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil, pertumbuhan vegetatif, dan peningkatan biomassa tanaman. Meskipun tidak setinggi pupuk sintetis seperti urea (46% N), kandungan N pada pupuk ini sudah mencukupi untuk mendukung fase pertumbuhan awal apabila digunakan sebagai pupuk dasar.

Fosfor (P) dalam pupuk menunjukkan nilai signifikan, yang sangat bermanfaat bagi pembentukan akar, pembungaan, dan transfer energi (ATP). Kandungan P yang stabil pada pupuk ini menjadi keunggulan karena fosfor merupakan unsur yang cenderung sulit tersedia di tanah akibat sifatnya yang cepat terikat oleh Al dan Fe. Hal ini terutama penting bagi tanah-tanah Ultisol yang banyak terdapat di Sumatera Selatan. Sementara itu, Kalium (K) memberikan dampak positif terhadap ketahanan tanaman terhadap stres biotik maupun abiotik. Kualitas K pada pupuk ini berada pada rentang yang memberikan kontribusi baik terhadap regulasi osmotik dan transport nutrisi.

Perbedaan kandungan unsur hara makro antara Pupuk Laos Green Hydro dan GreenCycle Terra memberikan gambaran mengenai karakteristik dan potensi pemanfaatan masing-masing produk dalam konteks agronomi. Pupuk GreenCycle Terra yang memiliki kadar N, P, dan K lebih tinggi dapat dikategorikan sebagai pupuk organomineral berintensitas hara tinggi, sehingga lebih cocok digunakan pada tanaman dengan kebutuhan nutrisi besar, seperti hortikultura berdaun lebar, tanaman pangan intensif (padi, jagung), serta tanaman buah pada fase pembentukan bunga dan buah.

Meskipun Laos Green Hydro memiliki nilai NPK sedikit lebih rendah, komposisi unsur mikronya yang lebih stabil memberikan keunggulan tersendiri. Unsur mikro seperti Fe, Mn, dan Cu berperan vital dalam proses fisiologis tanaman seperti pembentukan klorofil, respirasi sel, dan aktivitas enzimatis. Dengan demikian, Laos Green Hydro berpotensi digunakan sebagai pupuk pemeliharaan jangka panjang untuk meningkatkan kualitas media tanam dan mendukung kesehatan tanah. Perbedaan orientasi fungsi ini penting dalam strategi pemupukan berimbang (balanced

fertilization), di mana fokus tidak hanya pada peningkatan produktivitas tanaman, tetapi juga pada kesehatan ekosistem tanah secara keseluruhan.

- **Kandungan C-Organik dan pH**

Pupuk Laos Green Hydro memiliki C-organik sebesar 19,85%, sesuai dengan SNI yang mensyaratkan minimal 15%. Namun pH pupuk adalah 6,50 yang menunjukkan sifat netral sedikit asam. pH ini merupakan karakter umum pupuk fermentasi dengan komposisi kertas, namun tetap dapat memengaruhi pH tanah jika digunakan berlebihan. Oleh karena itu, pengapuran atau pencampuran dengan media netral dapat dilakukan untuk menyeimbangkan pH tanah.

Kandungan C-organik yang mencapai 19,85% menunjukkan bahwa pupuk Laos Green Hydro memiliki kemampuan meningkatkan agregasi tanah, memperbaiki kemampuan tanah menahan air, dan meningkatkan aktivitas mikroba. Tanah-tanah masam seperti yang ditemukan di Kampung Laos sangat memerlukan bahan humik dan fulvat yang terkandung dalam C-organik. Penambahan C-organik mampu meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan mengurangi toksisitas ion aluminium (Al^{3+}) yang umum ditemukan pada tanah masam.

- **Unsur Mikro dan Logam Berat**

Hasil uji menunjukkan bahwa Pupuk Laos Green Hydro memiliki unsur mikro seperti Fe (174 ppm), Mn (49,65 ppm), dan Cu (131 ppm) yang masih dalam batas aman dan bermanfaat bagi fisiologi tanaman, terutama dalam proses fotosintesis dan pembentukan enzim. Kandungan logam berat seperti Pb dan Cd tidak terdeteksi, sedangkan As dan Hg berada pada kadar sangat rendah. Semua nilai berada di bawah batas SNI maupun FAO sehingga pupuk dikategorikan aman dari kontaminasi logam berat berbahaya.

Tidak tersedia data mikro dan logam berat untuk GreenCycle Terra, sehingga penelitian lanjutan dianjurkan untuk melengkapi profil kualitas produk. Mikronutrien seperti Fe, Mn, dan Cu meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, memiliki peran fundamental dalam respirasi tanaman dan proses metabolisme lainnya. Kandungan unsur mikro yang berada dalam kisaran optimum menunjukkan bahwa pupuk dapat mendukung pertumbuhan tanaman tanpa menimbulkan risiko fitotoksitas. Unsur mikro seperti Fe, Mn, Zn, dan Cu ditemukan dalam kadar rendah hingga sedang. Keberadaan unsur mikro ini penting dalam sistem enzimatik tanaman, sintesis hormon, serta peningkatan ketahanan tanaman. Kandungan mikro yang terlalu tinggi dapat bersifat toksik, tetapi pada sampel pupuk ini berada pada kisaran aman.

Tidak terdeteksinya logam berat seperti Pb dan Cd sangat penting mengingat banyak pupuk dari bahan limbah industri sering kali terkontaminasi logam berat berbahaya. Hal ini menunjukkan bahwa limbah PLTG Borang tergolong limbah non-B3 dan layak dijadikan bahan baku pupuk.

- **Keamanan Biologis**

Hasil analisis mikrobiologis menunjukkan bahwa pupuk Laos Green Hydro bebas dari *E. coli* dan *Salmonella*. Ini penting karena pupuk yang terkontaminasi patogen dapat menimbulkan risiko kesehatan pada tanaman, tanah, dan manusia. Ketiadaan *E. coli* dan *Salmonella* menunjukkan bahwa proses pengomposan berjalan dengan baik. Suhu fermentasi yang mencapai 50–70°C selama fase termofilik mampu mengeliminasi sebagian besar patogen. Keamanan biologis pupuk merupakan aspek fundamental terutama dalam sistem pertanian hortikultura dan sayuran yang dikonsumsi langsung, sehingga kualitas pupuk Laos Green Hydro lebih terjamin.

- **Implikasi Agronomis dan Lingkungan**

Kandungan NPK tinggi pada kedua pupuk menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Namun, hanya Laos Green Hydro yang memiliki data keamanan biologis dan logam berat, sehingga lebih terjamin untuk aplikasi jangka panjang terutama pada program pertanian berkelanjutan dan CSR.

Gambar 1. Pupuk Organomineral



Sumber: Dokumentasi Kelompok Tani, 2025

Ketersediaan pupuk organomineral berkualitas tinggi memungkinkan petani mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, sehingga beban biaya produksi menurun. Dari sisi lingkungan, penggunaan pupuk organomineral mampu memperbaiki struktur tanah dalam jangka panjang, mengurangi erosi, dan mendukung konservasi karbon tanah.

Tabel 2. Dampak Terhadap Lahan Pertanian

No	Parameter	Satuan	Sebelum (baseline)	Setelah 3 bulan	Δ (Perubahan)
1	C-Organik	%	5.11	5.60	+0.49
2	N Total	%	0.571	0.75	+0.179
3	pH H ₂ O	-	4.07	4.45	+0.38

No	Parameter	Satuan	Sebelum (baseline)	Setelah 3 bulan	Δ (Perubahan)
4	pH KCl	-	3.52	3.85	+0.33
5	Kalsium (Ca)	cmol(+)/kg	0.921	1.10	+0.18
6	Magnesium (Mg)	cmol(+)/kg	0.451	0.65	+0.20
7	Kadar Air	% (w/w)	11.6	15.0	+3.4

Sumber: Olah Data Peneliti, 2025

Hasil menunjukkan bahwa kondisi tanah yang awalnya berada pada tingkat keasaman tinggi (pH 4.07) mengalami peningkatan moderat menjadi pH 4.45 setelah tiga bulan aplikasi pupuk Laos Greencycle. Kenaikan ini disebabkan oleh sifat pupuk yang memiliki pH 6.5–7.5 serta kandungan bahan organik tinggi (30–45%) yang berfungsi sebagai penyangga keasaman dan memperbaiki kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Selain itu, kandungan nitrogen pupuk baik dalam bentuk N total (0.8–1.6%) maupun $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (50–400 mg/kg) mendorong peningkatan N total tanah dari 0.571% menjadi 0.75%. Peningkatan C-organik dari 5.11% menjadi 5.60% menunjukkan bahwa proses dekomposisi dan humifikasi berjalan efektif, sekaligus memperbaiki struktur tanah dan memperkuat aktivitas mikroorganisme.

Secara keseluruhan, intervensi pupuk Laos Greencycle memberikan dampak positif terhadap sifat kimia dan fisik tanah. Kenaikan Ca dan Mg masing-masing menjadi 1.10 dan 0.65 cmol(+)/kg mengindikasikan perbaikan ketersediaan unsur basa akibat meningkatnya retensi hara dari bahan organik. Peningkatan kadar air dari 11.6% menjadi 15.0% menggambarkan membaiknya kemampuan tanah menahan air, yang sangat penting pada lahan dengan struktur awal kurang stabil. Meskipun pH belum mencapai kondisi ideal bagi sebagian tanaman, perubahan parameter lainnya menunjukkan bahwa pupuk Laos Greencycle bekerja efektif memperbaiki kesuburan tanah melalui mekanisme ekologis dan kimiawi, sehingga tanah menjadi lebih produktif dan responsif terhadap pemupukan lanjutan.

Peningkatan pH dari 4,07 menjadi 4,45 meski tampak kecil, namun dalam konteks tanah masam merupakan pencapaian penting. Perubahan 0,3–0,4 unit pH dapat meningkatkan ketersediaan P hingga 25% dan menurunkan kelarutan Al beracun sebesar 30–40%. Peningkatan Ca dan Mg juga memperlihatkan efektivitas pupuk sebagai amelioran. Peningkatan produktivitas tanaman secara langsung berkaitan dengan ketahanan pangan di tingkat rumah tangga. Data lapangan menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organomineral dari PLTG Borang berdampak pada ketersediaan sayur dan bahan pangan lokal yang lebih stabil, pengurangan ketergantungan pada pasar dan peningkatan gizi keluarga melalui konsumsi produk pertanian sendiri.

Stabilitas nutrisi dalam pupuk organomineral menjadi salah satu aspek penting karena menentukan seberapa cepat unsur hara tersedia bagi tanaman. Pada pupuk berbahan dasar limbah organik seperti Laos Green Hydro dan GreenCycle Terra, proses

pelepasan hara dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi, kandungan lignoselulosa, serta aktivitas mikroorganisme. Hasil laboratorium menunjukkan bahwa kedua pupuk memiliki kandungan C-organik yang relatif tinggi, menandakan bahwa sebagian besar material masih berada dalam fase humifikasi aktif.

Dalam konteks agronomi, pelepasan hara secara perlahan (*slow release*) menjadi keunggulan pupuk organomineral dibanding pupuk kimia. Nutrisi seperti nitrogen dalam bentuk organik (N-organik) memiliki waktu pelepasan lebih stabil, sehingga mengurangi risiko kehilangan nitrogen melalui volatilisasi atau pencucian. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa pupuk Laos Green Hydro memberikan peningkatan pH dan C-organik tanah yang signifikan, mengindikasikan bahwa pelepasan nutrisi berjalan secara bertahap dan konsisten. Program ini juga berpotensi diintegrasikan dengan program ketahanan pangan nasional, seperti KRPL (Kawasan Rumah Pangan Lestari) dan *urban farming*.

Pada konteks pertanian pangan, keamanan pupuk menjadi aspek wajib. Kandungan logam berat seperti Pb, Cd, dan Hg yang berada jauh di bawah ambang batas SNI & FAO menunjukkan bahwa pupuk ini aman untuk digunakan di lahan pertanian konsumsi. Keamanan pangan (*food safety*) dapat terganggu jika pupuk mengandung logam berat yang berpotensi terakumulasi pada jaringan tanaman atau masuk ke rantai makanan manusia. Dengan tidak terdeteksinya logam berat berbahaya, pupuk ini memiliki nilai tambah dibandingkan pupuk organik lain yang berbahan limbah tanpa proses pengolahan yang benar.

Pemanfaatan pupuk organomineral dari PLTG Borang telah mendukung peningkatan kemandirian petani lokal. Sebelumnya, petani bergantung pada pupuk kimia yang harganya fluktuatif dan sering mengalami kelangkaan. Dengan adanya pupuk ini, petani mendapatkan alternatif pupuk stabil dengan harga lebih terjangkau. Dampak pada ketahanan pangan lokal terlihat dari meningkatnya hasil panen, menurunnya biaya produksi, meningkatnya frekuensi tanam dan meningkatnya pendapatan rumah tangga petani. Program ini berpotensi menjadi model replikasi untuk wilayah pembangkit listrik lain di Indonesia.

Kesimpulan

Pemanfaatan limbah PLTG Borang sebagai bahan baku pupuk organomineral terbukti layak secara kimiawi, biologis, dan ekonomi. Inisiatif ini menjadi contoh praktik terbaik integrasi antara pengelolaan lingkungan industri, peningkatan kesejahteraan masyarakat, dan implementasi CSR berbasis keberlanjutan. Dengan kualitas hara yang tinggi dan keamanan yang memenuhi standar, pupuk ini berpotensi menjadi instrumen penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian lokal sekaligus mendukung ekonomi sirkular di sektor energi.

Penggunaan pupuk Laos Greencycle memberikan dampak terhadap perbaikan unsur hara lahan pertanian di kampung Laos, hal ini memberikan produktifitas pada

pertanian laos dengan peningkatan kualitas hasil panen dan percepatan waktu tanaman untuk dapat dipanen. Efektifitas pupuk memberikan dampak ekonomi yang cukup signifikan dengan peningkatan produktifitas pertanian laos.

Hasil penelitian ini mempertegas bahwa pupuk organomineral berbasis limbah PLTG Borang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai produk unggulan CSR dan program pemberdayaan ekonomi lokal. Kualitas pupuk yang memenuhi standar hara, aman dari logam berat, dan bebas patogen menjadikannya layak untuk diintegrasikan ke dalam sistem pertanian berkelanjutan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi performa pupuk pada berbagai jenis tanaman, siklus musim tanam, dan variasi dosis pemupukan agar dapat menghasilkan rekomendasi aplikasi yang lebih komprehensif. Program ini membantu meningkatkan produksi hortikultura di sekitar wilayah PLTG, sehingga memperkuat kemandirian pangan lokal. Selain itu, keterlibatan masyarakat dalam pengolahan pupuk memperluas peluang kerja.

Referensi

- Fatoni, H., Hidayati, R., Primadona, S., & Mutaqin, A. (2024). Tanggung Jawab Sosial Perusahaan Dalam Peningkatan Taraf Hidup Masyarakat Di Desa Merah Mata Corporate Social Responsibility In Improving Community Standards Of Living In Red Mata Village. *COSTING:Journal of Economic, Business and Accounting*, 7(5), 4875–4884.
- Hidayat, A., Putra, R., & Mulyani, S. (2020). Kandungan hara pupuk organomineral dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. *Jurnal Agro*, 15(2), 145–154.
- Rahman, M., Wijaya, R., & Anwar, T. (2020). Pemanfaatan bahan organik dalam perbaikan kualitas tanah. *Jurnal Tanah Dan Lingkungan*, 22(1), 33–42.
- Sari, N., & Widodo, A. (2021). Evaluasi kandungan logam berat pada pupuk organik. *Jurnal Sains Lingkungan*, 7(1), 12–21.
- World Health Organization. (2019). *Guidelines on the safe use of wastewater and excreta in agriculture*.