

Pemanfaatan Kompos Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Amelioran Tanah Pasca Tambang untuk Budidaya Selada (*Lactuca sativa L*)

Utilization of Ketapang (*Terminalia catappa*) Leaf Compost as a Soil Ameliorant for Post-Mining Land in Lettuce (*Lactuca sativa L*) Cultivation

Puranti Santi¹, Amprin^{1a}, Dian Triadiawarman², Veronika Murtinah³, Benny Kurniawan¹, Dhani Aryanto¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Jl Soekarno Hatta, Sangatta Utara, Kab Kutai Timur. 75683

²Program Studi Agroteknologi, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Jl Soekarno Hatta, Sangatta Utara, Kab Kutai Timur. 75683

³Program Studi Kehutanan, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Jl Soekarno Hatta, Sangatta Utara, Kab Kutai Timur. 75683

^aKorespondensi : Amprin, E-mail: amprin@stiperkutim.ac.id

Diterima: 23 – 01 – 2026, Disetujui: 27 – 01 – 2026

ABSTRACT

*Post-mining soils are commonly characterized by poor chemical properties that limit plant growth and agricultural productivity. This study aimed to evaluate the effectiveness of Ketapang (*Terminalia catappa*) leaf compost as an organic soil ameliorant for improving soil chemical properties and supporting lettuce cultivation on post-mining land. The experiment was conducted using several proportions of Ketapang leaf compost incorporated into post-mining soil as planting media. Observed parameters included soil chemical properties, namely soil pH, organic carbon, total nitrogen, and available phosphorus, as well as lettuce growth indicators such as plant height, leaf width, leaf number, and biomass. The results demonstrated that increasing the proportion of Ketapang leaf compost significantly enhanced soil organic carbon, total nitrogen, and available phosphorus contents. Soil pH also improved at higher compost application rates, indicating better chemical conditions for plant growth. Improvements in soil chemical properties were accompanied by enhanced lettuce growth performance, particularly in plant height, leaf width, and fresh biomass. The parameters of number of leaves and dry biomass did not show significant differences. Ketapang leaf compost has strong potential as a sustainable organic ameliorant for rehabilitating post-mining soils while supporting lettuce production. The utilization of locally available organic materials offers an environmentally friendly approach to land restoration and sustainable horticultural development.*

Keywords: Ketapang leaf compost, Land rehabilitation, Lettuce, Post-mining soil, Soil chemical Properties

ABSTRAK

Lahan pasca tambang umumnya mengalami degradasi sifat kimia tanah yang berdampak pada rendahnya produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kompos daun ketapang terhadap perbaikan sifat kimia tanah pasca tambang dan pertumbuhan tanaman selada. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan perlakuan dengan beberapa proporsi kompos daun ketapang sebagai media tanam. Parameter yang diamati meliputi sifat kimia tanah, yaitu pH, karbon organik, nitrogen total, dan fosfor tersedia, serta parameter pertumbuhan tanaman selada yang mencakup tinggi tanaman, lebar daun, jumlah daun, dan biomassa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kompos daun ketapang secara signifikan meningkatkan kandungan karbon organik, nitrogen total, dan fosfor tersedia tanah. Perubahan pH tanah juga menunjukkan perbaikan pada dosis kompos yang lebih tinggi. Perbaikan sifat kimia tanah tersebut berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman selada, terutama pada tinggi tanaman, lebar daun, dan biomassa segar. Parameter jumlah daun dan biomassa kering tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Kompos daun ketapang berpotensi menjadi amelioran organik yang efektif untuk rehabilitasi tanah pasca tambang dan mendukung produksi tanaman hortikultura secara berkelanjutan. Pemanfaatan bahan organik lokal ini juga berkontribusi pada pengelolaan sumber daya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: Kompos daun ketapang, Rehabilitasi lahan, Selada, Sifat kimia tanah, Tanah pasca tambang

Santi, P., Amprin, D. Triadiawarman, V. Murtinah, B. Kurniawan, D. Aryanto (2026). Pemanfaatan Kompos Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Amelioran Tanah Pasca Tambang untuk Budidaya Selada (*Lactuca sativa* L), *Jurnal Green House*, 4(2), 65-74, DOI: <https://doi.org/10.63296/jgh.v4i2.68>

PENDAHULUAN

Tambang batubara merupakan salah satu sektor strategis dalam mendukung pembangunan ekonomi nasional. Proses penambangan terbuka menyebabkan perubahan bentang lahan secara drastis, hilangnya lapisan tanah atas, serta terganggunya sifat fisik, kimia, dan biologis tanah yang berperan penting dalam mendukung produktivitas lahan. Di Indonesia, tantangan ini menjadi semakin relevan mengingat luas wilayah konsesi tambang yang signifikan dan keterbatasan keberhasilan reklamasi lahan pasca tambang. Tanah bekas tambang umumnya dicirikan oleh pH yang rendah, kandungan karbon organik yang sangat terbatas, serta ketersediaan unsur hara yang rendah, sehingga tidak mendukung pertumbuhan tanaman tanpa intervensi pengelolaan yang tepat (Herman *et al.*, 2024).

Kabupaten Kutai Timur di Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu wilayah dengan aktivitas penambangan batubara yang intensif. Data menunjukkan bahwa luas total konsesi tambang di wilayah ini mencapai lebih dari 10.000 hektar, sementara luas area yang telah direhabilitasi baru sekitar 1.000 hektar atau sekitar 10,6% dari total konsesi (Niningsih, 2023). Kondisi ini mengindikasikan bahwa upaya reklamasi lahan pasca tambang masih jauh dari optimal dan memerlukan pendekatan yang lebih efektif, efisien, serta berkelanjutan. Evaluasi keberhasilan rehabilitasi juga menunjukkan bahwa kualitas tanah menjadi faktor pembatas utama dalam pemulihan ekosistem dan pemanfaatan lanjutan lahan pasca tambang, termasuk untuk kegiatan pertanian (Sudarmadji & Hartati, 2023).

Salah satu permasalahan utama pada tanah pasca penambangan adalah degradasi sifat kimia dan biologis tanah. Aktivitas penambangan batubara sering memicu oksidasi mineral sulfida yang menghasilkan asam sulfat, sehingga menurunkan pH tanah secara signifikan dan meningkatkan kelarutan logam berat yang bersifat toksik bagi tanaman (Herman *et al.*, 2024). Keasaman tanah yang tinggi berdampak pada menurunnya kapasitas tukar kation, rendahnya ketersediaan unsur hara basa seperti Ca, Mg, dan K, serta meningkatnya saturasi aluminium yang menghambat pertumbuhan akar tanaman (Long *et al.*, 2022). Selain itu, kandungan karbon organik tanah cenderung sangat rendah akibat hilangnya vegetasi dan gangguan struktur tanah selama proses penambangan, yang pada akhirnya menurunkan aktivitas mikroba tanah dan efisiensi siklus hara (Li *et al.*, 2019; Gudla *et al.*, 2023).

Pemanfaatan lahan pasca tambang untuk kegiatan pertanian memerlukan perlakuan perlakuan ameliorasi. Tanah pasca tambang umumnya tidak mampu menyediakan kondisi tumbuh yang memadai bagi tanaman, baik dari sisi ketersediaan nutrisi, keseimbangan pH, maupun aktivitas biologis tanah (Briffa *et al.*, 2020; Das *et al.*, 2020). Oleh karena itu, diperlukan solusi yang tidak hanya mampu memperbaiki sifat kimia tanah, tetapi juga memulihkan fungsi biologis tanah secara bertahap dan berkelanjutan. Pendekatan berbasis bahan organik menjadi salah satu solusi yang banyak direkomendasikan dalam literatur ilmiah karena mampu memperbaiki berbagai aspek kualitas tanah secara simultan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bahan organik seperti biochar, pupuk kandang, dan kompos efektif dalam meningkatkan kualitas tanah pasca penambangan. Biochar dilaporkan mampu meningkatkan pH tanah, memperbaiki struktur tanah, serta mengikat logam berat sehingga menurunkan bioavailabilitasnya bagi tanaman (Ghosh *et al.*, 2020; Bolan *et al.*, 2021; Miu *et al.*, 2022). Pupuk kandang juga terbukti meningkatkan kandungan bahan organik dan ketersediaan nutrisi, serta mendukung aktivitas mikroba tanah pada lahan terdegradasi (Pérez-Esteban *et al.*, 2012). Ketersediaan dan biaya bahan amelioran tersebut sering menjadi kendala dalam penerapan di tingkat lokal, terutama pada wilayah dengan luas lahan pasca tambang yang besar.

Kompos menjadi salah satu alternatif yang paling menjanjikan untuk rehabilitasi tanah pasca tambang karena relatif mudah diproduksi, ramah lingkungan, dan mampu memperbaiki berbagai

sifat kimia tanah. Aplikasi kompos dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, kandungan karbon organik, serta ketersediaan unsur hara esensial (Rothman *et al.*, 2021). Kompos juga berperan dalam meningkatkan pH tanah asam dan memperbaiki struktur tanah, sehingga menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih kondusif bagi tanaman (Pérez-Gimeno *et al.*, 2019). Kompos juga mendukung pemulihan komunitas mikroba tanah yang berperan penting dalam proses mineralisasi dan siklus nutrisi (Creamer *et al.*, 2023).

Pemanfaatan kompos yang bersumber secara lokal memiliki nilai strategis dalam konteks keberlanjutan lingkungan dan ekonomi. Tanaman sayuran berdaun seperti selada sering digunakan sebagai tanaman indikator karena memiliki siklus pertumbuhan yang relatif singkat dan respons yang cepat terhadap perubahan kondisi tanah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa selada memberikan respons positif terhadap peningkatan ketersediaan nutrisi dan perbaikan sifat fisik-kimia tanah melalui aplikasi bahan organik (Hossain & Ryu, 2018; Barbieri *et al.*, 2017). Tanaman ini sensitif terhadap kondisi pH dan ketersediaan nitrogen, sehingga cocok digunakan untuk mengevaluasi efektivitas perlakuan ameliorasi pada tanah miskin hara atau bersifat asam (Law-Ogbomo *et al.*, 2020).

Kajian yang secara spesifik yang mengevaluasi pemanfaatan kompos dari daun Ketapang pada tanah pasca tambang batubara masih terbatas. Keterbatasan kajian ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian terkait efektivitas kompos daun ketapang sebagai amelioran lokal untuk memperbaiki sifat kimia tanah pasca tambang dan mendukung pertumbuhan tanaman hortikultura. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi perubahan sifat kimia tanah pascatambang batubara akibat pemberian kompos daun ketapang serta menentukan respons pertumbuhan tanaman selada sebagai indikator peningkatan kualitas tanah. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan kompos daun ketapang sebagai sumber bahan organik lokal dalam upaya reklamasi tanah pasca tambang batubara. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan strategi rehabilitasi lahan marginal berbasis sumber daya lokal serta mendukung praktik pertanian berkelanjutan di wilayah pasca tambang.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sumber Daya Lahan dan Air, Program Studi Teknik Pertanian STIPER Kutai Timur, serta analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor perlakuan berupa dosis kompos daun ketapang. Penggunaan RAK didasarkan pada adanya kemungkinan variasi kondisi lingkungan mikro pada media tanam dalam polybag. Perlakuan terdiri atas tiga taraf dosis kompos dengan tiga ulangan, sehingga diperoleh sembilan unit percobaan. Perlakuan disusun menjadi 3 taraf yaitu T0: Tanah pasca tambang tanpa kompos (kontrol); T1: Tanah pasca tambang : kompos daun ketapang (75:25); dan T2: Tanah pasca tambang : kompos daun ketapang (50:50)

Tahapan penelitian diawali dengan persiapan bahan, yaitu pengambilan tanah pasca tambang yang dikeringanginkan dan diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang relatif seragam. Kompos daun ketapang disiapkan sesuai dosis perlakuan. Benih selada disemai terlebih dahulu pada media tanah pasca tambang dan dipindahkan ke polybag setelah berumur 14 hari atau memiliki 3–4 helai daun sejati.

Media tanam disiapkan dengan mencampurkan tanah pasca tambang dan kompos daun ketapang sesuai dengan perlakuan yang ditetapkan, kemudian dimasukkan ke dalam polybag. Bibit selada ditanam satu tanaman per polybag. Selama masa pertumbuhan, tanaman dipelihara dengan

penyiraman secara teratur dan tanpa penambahan pupuk lain. Penempatan polybag dilakukan secara acak. Pemeliharaan dilakukan di dalam *greenhouse*.

Parameter pertumbuhan tanaman yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, dan berat segar total tanaman. Pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun dilakukan setiap tiga hari hingga umur 30 hari setelah tanam, sedangkan berat segar tanaman diukur pada saat panen. Selain itu, analisis sifat kimia tanah meliputi pH tanah, kandungan C-organik, nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dilakukan sebelum dan setelah perlakuan melalui analisis laboratorium.

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) satu arah. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh nyata pada taraf 5%, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis sifat kimia tanah pasca tambang batubara yang diberi perlakuan penambahan kompos daun ketapang menunjukkan adanya perubahan yang nyata pada beberapa parameter utama, khususnya pH tanah, kandungan karbon organik, serta ketersediaan unsur hara makro nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Ringkasan hasil pengujian sifat kimia tanah untuk setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji sifat kimia tanah pada berbagai perlakuan media tanam

Parameter	T0	T1	T2
N Total (%)	0,1678 _a	0,3633 _b	0,6153 _c
P (%)	0,0207 _a	0,042 _a	0,0705 _a
K (%)	0,0567 _a	0,04618 _a	0,04713 _a
C Organik (%)	2,1059 _a	8,7554 _b	15,0292 _c
pH	4,29 _a	3,69 _a	5,91 _b

(Sumber: Data uji laboratorium, 2025)

Keterangan: T0 = 100% tanah pasca tambang; T1 = 75% tanah pasca tambang + 25% kompos daun ketapang; T2 = 50% tanah pasca tambang + 50% kompos daun ketapang. Huruf kecil yang sama menunjukkan hasil uji lanjut tidak berbeda pada F tabel taraf 5%

Pada perlakuan kontrol (T0), tanah menunjukkan karakteristik khas tanah pasca tambang berupa pH sangat masam, kandungan karbon organik rendah, serta ketersediaan unsur hara yang terbatas (Herman *et al.*, 2024; Rothman *et al.*, 2021). Peningkatan dosis kompos pada perlakuan T1 dan T2 secara konsisten meningkatkan kandungan nitrogen total. Nilai nitrogen meningkat lebih dari dua kali lipat pada T1 dan hampir empat kali lipat pada T2 dibandingkan kontrol. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa kompos daun ketapang berperan sebagai sumber nitrogen organik sekaligus mendukung proses mineralisasi nitrogen melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah (Chen *et al.*, 2023; Mei *et al.*, 2022). Bahan tambahan organik seperti pupuk kandang, kompos, biosolid, dan zat humat menyediakan sumber karbon langsung bagi organisme tanah. Penggunaan pupuk hijau juga dapat memulihkan unsur hara yang hilang pada tanah terdegradasi (Silahooy *et al.*, 2025; Sianipar 2024). Ketersediaan fosfor juga menunjukkan peningkatan yang sejalan dengan bertambahnya proporsi kompos. Nilai fosfor meningkat dari 0,0207% pada T0 menjadi 0,0705% pada T2. Peningkatan ini berkaitan dengan pelepasan fosfor selama proses dekomposisi bahan organik serta peran asam organik dan aktivitas mikroba pelarut fosfat dalam memobilisasi fosfor yang terjebak kuat pada tanah masam (Jiao & Huang, 2023).

Kandungan karbon organik tanah mengalami peningkatan paling signifikan akibat penambahan kompos daun ketapang. Nilai C-organik meningkat dari 2,11% pada T0 menjadi

15,03% pada T2, yang menunjukkan kontribusi langsung bahan organik dari kompos serta proses akumulasi karbon yang lebih stabil di dalam tanah. Peningkatan ini mencerminkan peran kompos dalam pemulihan fungsi tanah pasca tambang, terutama dalam meningkatkan kapasitas tukar kation, stabilitas agregat, dan aktivitas mikroba tanah (Rothman *et al.*, 2021).

Respons pH tanah menunjukkan pola yang bergantung pada dosis kompos. Pada T1, pH tanah menurun akibat pembentukan asam-asam organik selama tahap awal dekomposisi bahan organik. Namun, pada perlakuan T2 pH tanah meningkat hingga 5,91, mendekati kisaran yang lebih optimal bagi pertumbuhan tanaman. Peningkatan pH ini berkaitan dengan suplai kation basa dan kemampuan bahan organik dalam menyerap ion hidrogen (Bowszys *et al.*, 2015; Iqbal *et al.*, 2022). Sebaliknya, kandungan kalium menunjukkan perubahan yang relatif kecil, yang mengindikasikan bahwa dinamika kalium lebih dipengaruhi oleh sifat mineral tanah dan keseimbangan kation dibandingkan input bahan organik (Sardans *et al.*, 2016; Zhen *et al.*, 2014).

Perlakuan T2 memberikan perbaikan sifat kimia tanah yang paling nyata, ditandai oleh peningkatan karbon organik, nitrogen, dan fosfor, serta pergeseran pH tanah ke arah kondisi yang lebih mendukung pertumbuhan tanaman. Kompos daun ketapang dapat digunakan sebagai amelioran lokal yang efektif untuk rehabilitasi tanah pasca tambang.

Pertumbuhan Tanaman Selada

Respons pertumbuhan tanaman selada terhadap perbaikan sifat kimia tanah akibat penambahan kompos daun ketapang ditunjukkan melalui beberapa parameter pertumbuhan, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, berat daun basah, dan berat daun kering. Ringkasan hasil pengamatan pertumbuhan tanaman selada pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2.

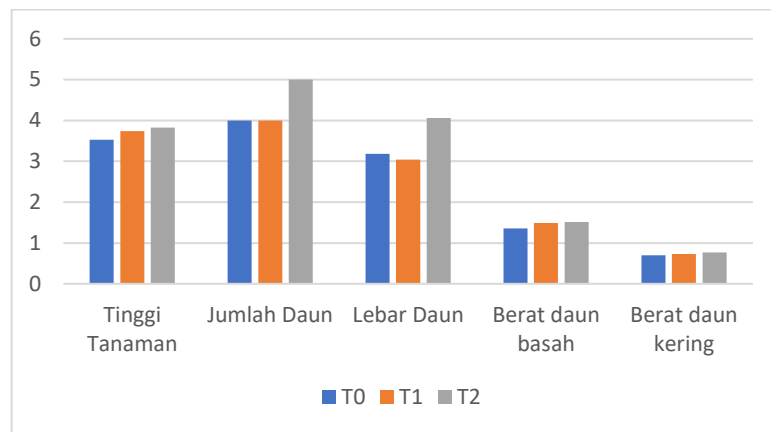
Tabel 2. Parameter pertumbuhan tanaman selada pada berbagai perlakuan media tanam

Parameter	T0	T1	T2
Tinggi Tanaman	3,53 _a	3,74 _b	3,83 _b
Jumlah Daun	4 _a	4 _a	5 _a
Lebar Daun	3,18 _a	3,04 _a	4,06 _b
Berat daun basah	1,36 _a	1,49 _a	1,51 _b
Berat daun kering	0,70 _a	0,73 _a	0,77 _a

(Sumber: Data uji laboratorium, 2025)

Keterangan: T0 = 100% tanah pasca tambang; T1 = 75% tanah pasca tambang + 25% kompos daun ketapang; T2 = 50% tanah pasca tambang + 50% kompos daun ketapang. Huruf kecil yang sama menunjukkan hasil uji lanjut tidak berbeda pada F tabel taraf 5%.

Parameter tinggi tanaman, lebar daun, dan berat daun basah menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan, sedangkan jumlah daun dan berat daun kering tidak berbeda secara signifikan. Tinggi tanaman selada meningkat seiring dengan bertambahnya proporsi kompos, dari 3,53 cm pada T0 menjadi 3,83 cm pada T2. Peningkatan ini menunjukkan bahwa ketersediaan nitrogen yang lebih baik dan perbaikan pH tanah berkontribusi terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman. Pemberian perlakuan pupuk kandang ayam dapat memberikan pengaruh nyata bagi pertumbuhan vegetatif tanaman selada terutama pada pertumbuhan bagian batang (Asprilia *et al.*, 2018).



Gambar 1. Grafik pertumbuhan tanaman selada pada perlakuan yang berbeda

Lebar daun menunjukkan respons yang paling sensitif terhadap perlakuan kompos. Nilai lebar daun tertinggi diperoleh pada T2, yang mengindikasikan peningkatan kapasitas fotosintesis tanaman akibat kondisi tanah yang lebih subur. Penggunaan pupuk serasah daun menghasilkan lebar daun lebih kecil dibandingkan dengan pupuk kandang (Asprilia *et al.*, 2018). Berat daun basah tanaman selada meningkat secara nyata pada perlakuan dengan kompos, yang mencerminkan peningkatan akumulasi biomassa segar dan status air tanaman. Hal ini berkaitan dengan kemampuan bahan organik dalam meningkatkan kapasitas retensi air dan memperbaiki aerasi tanah, terutama pada tanah pasca tambang yang cenderung memiliki keterbatasan fisik (Imran *et al.*, 2022). Berat daun kering dan jumlah daun belum menunjukkan perbedaan yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa parameter tersebut memerlukan waktu lebih panjang untuk merespons perbaikan kondisi tanah atau lebih dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman.

Perlakuan T2 memberikan respons pertumbuhan terbaik pada sebagian besar parameter yang diamati. Respons ini berkorelasi positif dengan perbaikan sifat kimia tanah, khususnya peningkatan karbon organik, ketersediaan nitrogen dan fosfor, serta perbaikan pH tanah. Respons pertumbuhan selada yang diamati dalam penelitian ini mencerminkan keseimbangan antara perbaikan kondisi tanah akibat pengaplikasian kompos dan keterbatasan inheren tanah pasca tambang. Penggunaan kompos sebagai amelioran tanah merupakan strategi yang relevan untuk mendukung rehabilitasi lahan terdegradasi sekaligus meningkatkan kinerja tanaman hortikultura,

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi kompos daun ketapang berpengaruh nyata dalam memperbaiki sifat kimia tanah pasca tambang serta mendukung pertumbuhan tanaman selada. Peningkatan kandungan karbon organik, nitrogen total, dan fosfor tersedia mengindikasikan bahwa kompos berperan efektif sebagai sumber bahan organik dan hara. Perbaikan pH tanah pada dosis kompos yang lebih tinggi menciptakan kondisi kimia tanah yang lebih sesuai bagi aktivitas mikroba dan penyerapan hara oleh tanaman. Respons pertumbuhan tanaman selada mencerminkan keterkaitan langsung antara perbaikan sifat kimia tanah dan performa tanaman. Peningkatan tinggi tanaman, lebar daun, dan biomassa segar pada perlakuan dengan proporsi kompos tertinggi menunjukkan bahwa kompos daun ketapang mampu meningkatkan produktivitas tanaman pada media tanah pasca tambang. Pemanfaatan kompos berbasis biomassa lokal sebagai amelioran tanah pasca tambang dan sumber hara berkelanjutan bagi tanaman hortikultura. Bahan organik lokal memiliki potensi besar dalam mendukung rehabilitasi lahan terdegradasi secara ekologis dan produktif. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi efek jangka panjang aplikasi kompos, interaksinya dengan logam berat tanah pasca tambang, serta kombinasi kompos dengan amelioran lain untuk meningkatkan efektivitas rehabilitasi lahan. Penerapan pada lahan yang lebih luas juga perlu diteliti untuk menekankan potensi penerapan kompos biomassa lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Asprillia, S. V., Darmawati, A., & Slamet, W. (2018). Pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L.) pada pemberian berbagai jenis pupuk organik. *Journal of Agro Complex*, 2(1), 86. <https://doi.org/10.14710/joac.2.1.86-92>
- Barbieri, P., Pellerin, S., & Nesme, T. (2017). Comparing Crop Rotations Between Organic and Conventional Farming. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14271-6>
- Bolan, N., Hoang, S. A., Beiyuan, J., Gupta, S., Hou, D., Karakoti, A., Joseph, S., Jung, S., Kim, K., Kirkham, M. B., Kua, H. W., Kumar, M., Kwon, E. E., Ok, Y. S., Perera, V., Rinklebe, J., Shaheen, S. M., Sarkar, B., Sarmah, A. K., ... Zwieten, L. V. (2021). Multifunctional Applications of Biochar Beyond Carbon Storage. *International Materials Reviews*. <https://doi.org/10.1080/09506608.2021.1922047>
- Bowszys, T., Wierzbowska, J., Sternik, P., & Busse, M. (2015). Effect of the Application of Sewage Sludge Compost on the Content and Leaching of Zinc and Copper From Soils Under Agricultural Use. *Journal of Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.12911/22998993/580>
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy Metal Pollution in the Environment and Their Toxicological Effects on Humans. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Chen, J., Jiskani, I. M., & Li, G. (2023). Ecological Restoration of Coalmine-Degraded Lands: Influence of Plant Species and Revegetation on Soil Development. *Sustainability*, 15(18), 13772. <https://doi.org/10.3390/su151813772>
- Creamer, C. A., Leewis, M., Kracmarova, M., Papík, J., Kacur, S., Freeman, J. L., Uhlík, O., & Foster, A. L. (2023). A Combined Compost, Dolomite, and Endophyte Addition Is More Effective Than Single Amendments for Improving Phytorestoration of Metal Contaminated Mine Tailings. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06338-3>
- Das, S., Gwon, H. S., Khan, M. I., Jeong, S. T., & Kim, P. J. (2020). Steel Slag Amendment Impacts on Soil Microbial Communities and Activities of Rice (*Oryza Sativa* L.). *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63783-1>
- Ghosh, D., Masto, R. E., & Maiti, S. K. (2020). Ameliorative Effect Of *Lantana Camara* Biochar on Coal Mine Spoil and Growth of Maize (*Zea Mays*). *Soil Use and Management*. <https://doi.org/10.1111/sum.12626>
- Gudla, S. L., Devarakonda, N., Ray, S., & Varikuppala, M. (2023). Evaluating the Primary Macronutrients and Their Correlations With pH, Electrical Conductivity, Organic Carbon and Soil Nutrient Index in the Arid and Semi-Arid Climatic Zones of Anantapur District, Andhra Pradesh, India. *International Journal of Plant & Soil Science*. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i203832>
- Herman, W., Iskandar, I., Budi, S. W., Pulunggono, H. B., Syaputra, A., & Kurniati, K. (2024). Variation in Soil Characteristics of Ex-Coal Mining Areas in Sawahlunto, West Sumatra. *Bio Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249905010>
- Hossain, M., & Ryu, K. S. (2018). Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) and Soil Properties. *Saarc Journal of Agriculture*. <https://doi.org/10.3329/sja.v15i2.35158>
- Imran, A., Sardar, F., Khaliq, Z., Nawaz, M. S., Shehzad, A., Aqeel Ahmad, M. S., Yasmin, S., Hakim, S., Mirza, B. S., Mubeen, F., & Mirza, M. S. (2022). Tailored Bioactive Compost From Agri-Waste Improves the Growth and Yield of Chili Pepper and Tomato. *Frontiers in*

Bioengineering and Biotechnology. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.787764>

- Iqbal, A., He, L., McBride, S. G., Yuan, P., Ali, I., Zaman, M., Zeeshan, M., Khan, R., Akhtar, K., Wei, S., Guo, Z., & Jiang, L. (2022). Manure Applications Combined With Chemical Fertilizer Improves Soil Functionality, Microbial Biomass and Rice Production in a Paddy Field. *Agronomy Journal*. <https://doi.org/10.1002/agj2.20990>
- Jiao, Y., & Huang, J. (2024). Allelopathic effects of aqueous extracts from uncomposted and composted Mexican devil (*Ageratina adenophora*) plants on forest fungal growth and soil nitrogen and phosphorus mobilization. *Weed Science*, 72(1), 76–85. <https://doi.org/10.1017/wsc.2023.56>
- Li, P., Zhang, X., Hao, M., Cui, Y., Zhu, S., & Zhang, Y. (2019). Effects of Vegetation Restoration on Soil Bacterial Communities, Enzyme Activities, and Nutrients of Reconstructed Soil in a Mining Area on the Loess Plateau, China. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11082295>
- Long, L., Liu, Y., Chen, X., Guo, J., Li, X., Guo, Y., Zhang, X., & Lei, S. (2022). Analysis of Spatial Variability and Influencing Factors of Soil Nutrients in Western China: A Case Study of the Daliuta Mining Area. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14052793>
- Mei, L., Zhang, N., Wei, Q., Cao, Y., Li, D., & Cui, G. (2022). Alfalfa modified the effects of degraded black soil cultivated land on the soil microbial community. *Frontiers in Plant Science*, 13, 938187. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.938187>
- Miu, B. A., Pop, C.-E., Crăciun, N., & Deák, G. (2022). Bringing Life Back Into Former Mining Sites: A Mini-Review on Soil Remediation Using Organic Amendments. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su141912469>
- Niningsih, L. (2023). Estimasi Populasi Orangutan Di Areal Reklamasi Pertambangan Batubara Di Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal Saintifik (Multi Science Journal)*. <https://doi.org/10.58222/js.v20i3.133>
- Pérez-Esteban, J., Escolástico, C., Masaguer, A., & Moliner, A. (2012). Effects of Sheep and Horse Manure and Pine Bark Amendments on Metal Distribution and Chemical Properties of Contaminated Mine Soils. *European Journal of Soil Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01468.x>
- Pérez-Gimeno, A., Navarro-Pedreño, J., Almendro Candel, M. B., Lucas, I. G., & Zorpas, A. A. (2019). The Use of Wastes (Organic and Inorganic) in Land Restoration in Relation to Their Characteristics and Cost. *Waste Management & Research the Journal for a Sustainable Circular Economy*. <https://doi.org/10.1177/0734242x19828171>
- Rothman, S. E., Cole, C. A., Bruns, M. A., & Hall, M. H. (2021). The Influence of Soil Amendments on a Native Wildflower Seed Mix in Surface Mine Restoration. *Restoration Ecology*. <https://doi.org/10.1111/rec.13440>
- Sardans, J., Bartrons, M., Margalef, O., Gargallo-Garriga, A., Janssens, I. A., Ciais, P., Obersteiner, M., Sigurdsson, B. D., Chen, H. Y. H., & Peñuelas, J. (2017). Plant invasion is associated with higher plant–soil nutrient concentrations in nutrient-poor environments. *Global Change Biology*, 23(3), 1282–1291. <https://doi.org/10.1111/gcb.13384>
- Sianipar, E. M., Artionang, S. P., & Sihombing, P. (2024). Peranan Bahan Organik Untuk Mitigasi Kesehatan Tanah Dalam Pertanian Modern. *Jurnal METHODAGRO*, 10(1), 43–54. <https://doi.org/10.46880/mtg.v10i1.3182>
- Silahooy, C., Akbar, H., Rompon, M. S., Mulyadi, Hasibuan, I., Kunu, P. J., & Ilahude, Z. (t.t.). *Degradasi Dan Rehabilitasi Tanah*. Penerbit Widina Media Utama.
- Sudarmadji, T., & Hartati, W. (2023). Keberhasilan Rehabilitasi Hutan Dan Keterpulihan Ekosistem Lahan Pasca Tambang Batubara. *Ulin Jurnal Hutan Tropis*. <https://doi.org/10.32522/ujht.v7i1.8377>

Zhen, Z., Liu, H., Wang, N., Guo, L., Meng, J., Ding, N., Wu, G., & Jiang, G. (2014). Effects of Manure Compost Application on Soil Microbial Community Diversity and Soil Microenvironments in a Temperate Cropland in China. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108555>