

Pemanfaatan Limbah Pertanian Sebagai Pupuk Organik dalam Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan: Studi Literatur

Nafilatul Azizah¹, Enis Gita Erlina¹, Rina Silvana Aisyah¹, Fadilla Eka Rohcahyani^{1*}

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Merdeka Madiun, Madiun, 63133

*Penulis Korespondensi, e-mail: fadillaeka11@unmer-madiun.ac.id

Abstract

Intensive conventional agricultural systems that rely on synthetic chemical fertilizers continuously have triggered land degradation, decreased soil organic matter, and disrupted ecosystem balance. One of the important pillars of Sustainable Agriculture (Sustainable Agriculture) is the restoration of soil health through adaptive nutrient management based on local potential. This scientific, literature-based article aims to examine the potential, effectiveness, and mechanisms of various types of agricultural waste (such as rice straw, fruit peels, livestock manure, and plantation waste) that are converted into organic fertilizers (solid, liquid, and bokashi). The results of observations indicate that the application of bioactivator additions (MOL or EM4) and appropriate composting techniques can accelerate the measurement of waste fertilizer, increase the content of macronutrients (N, P, K) and micronutrients, and improve the physical, chemical, and biological properties of the soil. This implementation strategy contributes directly to reducing external agricultural input costs (Low External Input Sustainable Agriculture / LEISA) while reducing environmental emissions from open waste burning.

Keywords: sustainable agriculture; agricultural waste; organic fertilizer; LEISA; land degradation

Abstrak

Sistem pertanian intensif konvensional yang bergantung pada pupuk kimia sintetis secara terus-menerus telah memicu degradasi kualitas lahan, penurunan bahan organik tanah, dan gangguan keseimbangan ekosistem. Salah satu pilar penting dalam Pertanian Berkelanjutan adalah pemulihan kesehatan tanah melalui pengelolaan hara adaptif berbasis potensi lokal. Artikel ilmiah berbasis studi literatur ini bertujuan untuk mengkaji potensi, efektivitas, dan mekanisme berbagai jenis limbah pertanian (seperti jerami padi, kulit buah, kotoran ternak, dan limbah perkebunan) yang dikonversi menjadi pupuk organik (padat, cair, maupun bokashi). Hasil tinjauan menunjukkan bahwa aplikasi penambahan bioaktivator (MOL atau EM4) dan teknik pengomposan yang tepat mampu mempercepat pematangan pupuk limbah, meningkatkan kandungan hara makro (N, P, K) dan mikro, serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Implementasi strategi ini berkontribusi langsung pada pengurangan biaya input eksternal pertanian sekaligus menekan emisi lingkungan akibat pembakaran limbah secara terbuka.

Katakunci: pertanian berkelanjutan; limbah pertanian; pupuk organik; LEISA; degradasi lahan

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, serta mendukung pembangunan ekonomi nasional. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pangan akibat pertumbuhan jumlah penduduk, sektor pertanian dituntut mampu meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan tanpa mengorbankan kualitas sumber daya alam. Namun, sistem budidaya yang selama ini masih didominasi oleh penggunaan pupuk dan pestisida kimia secara intensif telah menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti degradasi kualitas tanah, penurunan keanekaragaman hayati tanah, dan meningkatnya pencemaran lingkungan. Sektor pertanian di Indonesia saat ini juga menghadapi tantangan berupa penurunan produktivitas lahan akibat kemunduran sifat biologi tanah karena berkurangnya bahan

organik tanah dan biodiversitas biota (Utami 2019). Kondisi tersebut diperparah oleh tingginya ketergantungan petani terhadap penggunaan pupuk anorganik yang bisa merusak kesuburan tanah karena organisme tanah ikut mati. Dalam jangka panjang, praktik tersebut menyebabkan pemadatan struktur tanah, menurunnya aktivitas mikroorganisme fungsional, berkurangnya efisiensi penyerapan unsur hara, serta meningkatnya emisi gas rumah kaca yang berdampak terhadap perubahan iklim karena penggunaan pupuk nitrogen berlebihan.

Di sisi lain, setiap kegiatan budidaya selalu menghasilkan limbah yang memerlukan penanganan yang lebih serius (Anicetus and Srihayu Harsanti 2020). Sebagian besar limbah tersebut masih diperlakukan sebagai bahan buangan melalui pembakaran terbuka atau dibiarkan menumpuk tanpa pengelolaan yang memadai, sehingga mengurangi efisiensi sumber daya pertanian serta meningkatkan emisi karbon (Taenan dkk 2025). Penurunan C organik juga disebabkan oleh tidak dikembalikannya biomassa organik ke dalam tanah. Padahal, limbah pertanian mengandung karbon, nitrogen, fosfor, kalium, dan berbagai unsur hara lainnya yang masih dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber nutrisi tanaman (Anicetus & Srihayu Harsanti 2020).

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai pupuk organik merupakan salah satu strategi yang mampu mendukung penerapan sistem pertanian berkelanjutan sekaligus mengimplementasikan konsep ekonomi sirkular di sektor pertanian. Limbah pertanian dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai tambah, seperti kompos, bokashi, pupuk organik cair (POC), maupun zat pengatur tumbuh (ZPT) alami. Penggunaan pupuk organik tidak hanya berfungsi sebagai sumber unsur hara, tetapi juga mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah melalui peningkatan kandungan bahan organik, kapasitas menahan air, kapasitas tukar kation, serta aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi dan siklus hara. Selain memberikan manfaat agronomis, pemanfaatan limbah pertanian juga dapat mengurangi biaya produksi petani, meningkatkan nilai tambah limbah, serta menekan pencemaran lingkungan akibat penumpukan residu pertanian.

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah pertanian sebagai pupuk organik mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, produktivitas hasil, efisiensi penggunaan pupuk anorganik, serta memperbaiki kualitas tanah dalam jangka panjang. Namun demikian, informasi mengenai potensi berbagai jenis limbah pertanian, teknologi pengolahannya menjadi pupuk organik, karakteristik produk yang dihasilkan, serta efektivitas aplikasinya masih tersebar dalam berbagai publikasi ilmiah sehingga belum memberikan gambaran yang utuh mengenai pemanfaatannya dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian yang mampu mengintegrasikan berbagai hasil penelitian sehingga dapat memberikan sintesis ilmiah mengenai pengelolaan limbah pertanian sebagai sumber bahan organik yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, studi literatur ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif berbagai hasil penelitian mengenai pemanfaatan limbah pertanian sebagai pupuk organik dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Kajian difokuskan pada identifikasi berbagai jenis limbah pertanian yang berpotensi dimanfaatkan, teknologi pengolahannya menjadi kompos, bokashi, pupuk organik cair (POC), maupun zat pengatur tumbuh (ZPT) alami, serta pengaruh aplikasinya terhadap sifat tanah, pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Upaya penelitian dan pengumpulan informasi mengenai pertanian berkelanjutan diorientasikan penuh guna mendukung produktivitas tanaman, menekan ongkos produksi petani kecil, sekaligus memelihara stabilitas ekologis jangka panjang.

METODE PENELITIAN

Penulisan artikel ilmiah ini menggunakan metode studi literatur (literature review). Data ilmiah sekunder diperoleh dari pencarian komprehensif pada berbagai basis data reputasional nasional dan internasional seperti Google Scholar, ScienceDirect, Garuda, dan Neliti. Kata kunci yang diaplikasikan dalam penelusuran meliputi: 'pupuk cair limbah pertanian', 'low external input sustainable agriculture', 'bokashi limbah organik', 'pemanfaatan bioaktivator', dan 'sustainable agriculture'. Artikel-artikel yang dipilih diprioritaskan yang diterbitkan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (2021-2026) untuk menjaga kebaruan informasi (state of the art) dan validitas tren penelitian terkini dengan tetap menyertakan beberapa referensi buku utama sebagai penguat dasar teori pertanian ekologis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tipologi Limbah Pertanian dan Kandungan Haranya

Tabel 1. Potensi Beberapa Limbah Pertanian yang Diolah Menjadi Pupuk

Jenis Limbah	Potensi Kandungan Utama / Karakteristik	Bentuk Olahan Optimal	Sumber Referensi
Jerami Padi	Kaya unsur Silika (SiO ₂), Kalium (K), tinggi kandungan Selulosa, Nitrogen dan Lignin	Bokashi padat, kompos mulsa organik, arang sekam	(Nurmalasari dkk, 2021), (Rhofita & Chana 2019),
Kulit Buah (Hortikultura)	Mengandung kalium terlarut, air tinggi, senyawa organik aktif (asam organik), dan nitrogen	Pupuk Organik Cair (POC), Eco-enzyme	(Setyawati 2022), (Widyabudiningsih dkk, 2021), (Rhomadoni dkk, 2025), (Arwadani, Marlina, & Hidayati 2024)
Bonggol Pisang	Mengandung hormon tumbuh alami (sitokinin, auksin), bakteri penambat N ₂	Mikroorganisme Lokal (MOL), ZPT alami	(Tuhuteru dkk, 2021), (Kartana & Januardi 2025), (Wenda & Tuhuteru 2021)
Kotoran Ternak	Kaya unsur Nitrogen (N), Fosfor (P), meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK)	Pupuk Kandang fermentasi, Bokashi	(Mediantari dkk, 2025), (Indraloka Aldy dkk, 2022)

Limbah pertanian memiliki karakteristik kimiawi dan fisik yang sangat bervariasi tergantung pada jenis komoditas asal dan organ vegetatif tanaman. Pemahaman karakter kaya unsur ini penting untuk menentukan metode konversi pupuk yang tepat. Rangkuman potensi beberapa limbah pertanian yang umum diolah menjadi pupuk disajikan pada Tabel 1.

2. Teknologi Pengolahan: Fermentasi dan Peran Bioaktivator

Konversi limbah segar menjadi pupuk siap saji tidak dapat berlangsung instan akibat tingginya rasio C/N material tanaman segar, seperti jerami padi yang berkisar antara 80-130 (Hidayat dkk, 2024). Jika limbah dengan rasio C/N yang tinggi langsung diaplikasikan ke lahan, mikroba tanah akan mengonsumsi ketersediaan nitrogen tanah untuk aktivitas dekomposisinya. Hal ini memicu fenomena imobilisasi nitrogen, di mana tanaman utama justru mengalami defisiensi hara. Oleh sebab itu, rasio C/N material organik tersebut harus diturunkan melalui mekanisme pengomposan atau dekomposisi terkontrol hingga mencapai angka di bawah 20, yang seimbang dengan rasio C/N alami tanah.

Akselerasi proses dekomposisi dapat dicapai dengan bantuan bioaktivator, baik menggunakan mikroba komersial siap pakai (seperti EM4) maupun racikan mandiri berupa Mikroorganisme Lokal (MOL). Penggunaan MOL berbasis bahan pangan sisa (misalnya bonggol pisang atau limbah buah busuk) terbukti menstimulasi perkembangan bakteri genus *Lactobacillus*, *Saccharomyces*, serta cendawan pengurai selulosa (Sadewa 2021). Dalam spektrum LEISA (*Low External Input Sustainable Agriculture*), kemandirian memproduksi bioaktivator lokal ini sangat krusial karena mereduksi ketergantungan petani pada input eksternal komersial yang mahal, sekaligus meningkatkan pemanfaatan energi dan sirkulasi bahan sisa di internal lahan pertanian.

3. Dinamika Biokimia Pengomposan Bokashi

Bokashi merupakan teknik pengomposan fermentatif aerobik-anaerobik yang memanfaatkan mikroba fungsional untuk mengurai bahan organik dalam waktu yang relatif singkat. Menurut Anugrah & Saputro (2025), penambahan bioaktivator lokal dalam proses bokashi mampu merombak komponen makromolekul seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin hanya dalam kurun waktu 7 hingga hari. Sementara itu menurut Wahdah et al (2023) selama fase fermentasi awal, aktivitas mikroba memicu peningkatan suhu tumpukan bahan hingga mencapai 40 - 50 derajat Celcius. Kenaikan suhu ini sangat penting secara higienis karena berfungsi mematikan benih gulma serta menekan populasi patogen tular tanah yang merugikan.

Seiring berjalannya waktu, suhu tumpukan akan berangsur-angsur turun dan stabil, menandakan bahwa proses dekomposisi senyawa kompleks telah selesai dan memasuki fase pematangan (Ratu & Jawang 2025) Pada tahap akhir ini, bokashi yang dihasilkan kaya akan asam humus dan asam fulvat yang berperan penting dalam meningkatkan kapasitas sangga tanah. Penggunaan bokashi berbasis jerami padi dan kotoran ternak secara konvensional terbukti mampu mengembalikan pasokan hara makro dan mikro, sekaligus memberikan substrat yang stabil bagi keberlangsungan siklus nutrisi tanah alami.

4. Mekanisme dan Efektivitas Pupuk Organik Cair (POC) dan Eco-Enzyme

Selain diolah dalam bentuk padat, limbah hortikultura seperti kulit buah-buahan dan sisa sayuran segar memiliki potensi yang sangat tinggi untuk dikonversi menjadi Pupuk Organik Cair (POC)

maupun larutan Eco-Enzyme. Karakteristik utama limbah hortikultura adalah kadar airnya yang tinggi serta kaya akan kandungan asam organik esensial, mineral, dan vitamin. Ekstraksi secara fermentasi cair anaerobik memungkinkan pelepasan hara terlarut, terutama unsur Kalium (K) yang sangat dibutuhkan tanaman pada fase generatif untuk pembentukan bunga dan buah.

Aplikasi POC dilakukan melalui penyemprotan pada daun (foliar application) maupun penyiraman langsung pada area perakaran. Penyerapan hara cair melalui stomata daun terbukti berjalan lebih cepat dan efisien dibandingkan pupuk padat, sehingga sangat efektif untuk mengatasi gejala klorosis atau defisiensi hara mendadak pada tanaman. Cairan Eco-enzyme yang dihasilkan dari fermentasi limbah kulit buah menghasilkan berbagai enzim fungsional seperti amilase, protease, dan lipase (Nurseha, Sari, & Ratnawati 2025). Komponen enzim ini bertindak sebagai biokatalisator di dalam tanah, merangsang metabolisme mikroba tanah, serta dapat berfungsi sebagai agen pengendali hayati (pestisida organik ringan) terhadap serangan beberapa patogen tanaman pangan.

5. Pemanfaatan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Alami Berbasis Limbah

Salah satu inovasi penting dalam implementasi pertanian berkelanjutan adalah pemanfaatan biostimulan atau Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) alami yang diekstraksi dari bagian tanaman tertentu, seperti bonggol pisang (Kurniati, Hartini, and Solehudin 2019). Secara biokimia, bonggol pisang mengandung konsentrasi fitohormon alami yang signifikan, terutama dari golongan sitokinin dan auksin (Irawan & Lestari, 2025). Melalui proses maserasi dan fermentasi terkontrol, fitohormon ini dapat diekstrak menjadi larutan stimulan yang stabil dan siap diaplikasikan pada benih maupun bibit tanaman muda.

Mekanisme kerja ZPT alami dari bonggol pisang ini berfokus pada induksi pembelahan dan pemanjangan sel di area meristem perakaran (Firdha, Dur, & Selvia 2026). Aplikasi perendaman benih dalam larutan stimulan ini terbukti mempercepat proses perkecambahan, merangsang pembentukan akar lateral, serta memperkuat arsitektur perakaran bibit sebelum dipindahkan ke lahan pertanaman (Saputra & Ridha 2024). Selain memuat hormon tumbuh, ekstrak fermentasi bonggol pisang juga kaya akan populasi bakteri penambat nitrogen (seperti *Azotobacter*) dan bakteri pelarut fosfat (BPF), sehingga bertindak ganda sebagai pupuk hayati yang memperkaya keragaman hayati mikroorganisme di area rizosfer tanah.

6. Dampak Multidimensi terhadap Sifat Tanah dan Produktivitas Tanaman

Aplikasi integratif dari berbagai pupuk berbasis limbah pertanian secara berkesinambungan memberikan dampak positif yang masif dan multidimensional bagi keberlanjutan agroekosistem:

a. Sifat Fisik Tanah

Pemberian bahan organik secara berkala mampu memperbaiki granulasi dan agregasi tanah, meningkatkan porositas total, serta mengoptimalkan kapasitas menahan air (*water holding capacity*). Dampak fisika ini membuat struktur tanah menjadi lebih gembur, memperbaiki aerasi perakaran, serta meningkatkan resistensi lahan terhadap cekaman kekeringan ekstrem.

b. Sifat Kimia Tanah

Aplikasi pupuk limbah secara nyata meningkatkan kandungan Karbon Organik tanah dan menaikkan nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK). Bahan organik bertindak sebagai 'gudang hara' yang melepaskan unsur makro (N, P, K) dan mikro secara perlahan (slow-release) sesuai kebutuhan tanaman. Selain itu, gugus fungsional pada asam humus mampu mengelat ion Aluminium (Al) dan Besi (Fe) bebas, sehingga efektif menekan keracunan hara sekaligus meningkatkan ketersediaan fosfat pada tanah masam.

c. Sifat Biologi Tanah

Komponen organik sisa biomassa bertindak sebagai substrat karbon dan sumber pasokan energi utama bagi kelangsungan hidup makrofauna (seperti cacing tanah) serta mikroba fungsional menguntungkan. Hal ini memicu multiplikasi populasi jasad renik pembentuk ekosistem sehat, seperti *Rhizobium* sp., bakteri pelarut fosfat, serta agen pengendali hayati cendawan *Trichoderma* sp. yang menekan perkembangan jamur patogen tular tanah. Melalui pemulihan kualitas tanah secara terpadu ini, produktivitas komoditas tanaman pangan dan hortikultura dapat ditingkatkan secara konstan dan stabil. Keberhasilan ini sekaligus menghentikan degradasi ekosistem tanah akibat fenomena kelelahan tanah (soil fatigue) yang jamak dijumpai pada sistem pertanian intensif konvensional berbasis kimia sintetis (Aulia dkk, 2024)

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai pupuk organik, seperti kompos, pupuk organik cair (POC), bokashi, dan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami, merupakan strategi yang efektif dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik dari limbah pertanian dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, memperbaiki kesuburan tanah, serta menekan biaya produksi petani. Oleh karena itu, optimalisasi pemanfaatan limbah pertanian perlu terus dikembangkan sebagai upaya meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus menjaga kelestarian lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan fasilitas selama proses penyusunan artikel ini. Apresiasi juga disampaikan kepada institusi tempat penulis bernaung atas dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan kajian ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada para peneliti yang karya ilmiahnya menjadi referensi penting dalam penyusunan studi literatur ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwadani, I., Eulis, T.M., & Hidayati, Y.. (2024). Pengaruh Lama Fermentasi Ekoenzim Asal Campuran Feses Sapi Potong dan Jerami Padi Terhadap Total Bakteri, Kadar Alkohol dan PH. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, Vol. 5, No. 1, 51-60. <https://doi.org/10.24198/jthp.v5i1.53865>
- Aulia, R.V., Pratiwi, S.A., Putra, C.A., Rasyid, H.F.A., & Barrulanda, R.J. (2024). Pemanfaatan Limbah Organik Pertanian Menjadi Pupuk Organik Cair Di Desa Musir Lor Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Inovasi Indonesia*, Vol. 2, No. 3, 383-390. <https://doi.org/10.54082/jpmii.472>
- Firdha, N., Dur, S., & Selvia, I.N. (2026). Induksi Tunas Musa *Paradisiaca* L. Menggunakan Kombinasi IBA dan BAP Serta Air Kelapa. *Jurnal Biogenerasi*, Vol. 11, No. 2, 66-73. <https://e-journal.my.id/biogenerasi>
- Hidayat, N., Tyasmoro, S.Y., Marimpan, L.S., & Pamungkas, I.A. (2024). Pembuatan Pupuk Organik Padat Berbahan Jeramipadisebagai Upaya Penerapan Pertanian Berkelanjutan Di Kelompok Petani Kubota 5 Ibukota Mbay Nagekeo. *ABDI UNISAP*, Vol. 2, No. 1, 78-84. <https://doi.org/10.59632/abdiunisap.v2i2.297>
- Indraloka, A.B., Eriko, R., Sulkhi W.I., & Aprillia, D. (2022). Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Pupuk Bokashi Organik Di Desa Wongsorejo Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Pertanian*, Vol. 3, No. 2, 59-64. <https://doi.org/10.32764/abdimasper.v3i2.2564>
- Kartana, Syarif Nizar, and Sebastianus Destian Januardi. (2025). “Pengaruh Pemberian MOL Bonggol Pisang Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Ketan (*Zea mays* Var . Ceratina). *PIPER*, Vol 21, No. 2, 152-164. <http://jurnal.unka.ac.id/index.php/piper>
- Kurniati, F., Hartini, E., & Solehudin, A. (2019). Effect of Type of Natural Substances Plant Growth Regulator on Nutmeg (*Myristica Fragrans*) Seedlings. *Agrotechnology Research Journal*, Vol. 3, No. 1, 1-7. (June). <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v3i1.25792>
- Nurmalasari, A.I., Supriyono, S., Budiastuti, M.T.S., Sulistyono T.D., & Nyoto, S. (2021). Pengomposan Jerami Padi Untuk Pupuk Organik dan Pembuatan Arang Sekam Sebagai Media Tanam dalam Demplot Kedelai. *PRIMA*, Vol. 5, No. 2, 102-9. <https://doi.org/10.20961/prima.v5i2.44766>
- Nurseha, N., Sari, G.N., & Ratnawati, K.. (2025). Experiment and Literature : Enzyme Content of Fruit Waste-Based Eco Enzyme and Its Potential in Pollutant Reduction. *Jurnal Biologi Tropis*, Vol 25, No. 4, 4852-4859. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i4.10066>
- Ratu, E.U., & Jawang, U.P. (2025). Kualitas Pupuk Bokashi dari Limbah Tebu dan Efektivitas Terhadap Pertumbuhan Bibit Tebu Varietas Bululawang. *Jurnal Penelitian Pertanian Agroekoteknologi*, Vol. 8, No. 2, 16-26. <https://doi.org/10.20527/agtview.v8i2.16287>
- Rhofita, E.I., & Chana, L. (2019). Pemanfaatan Limbah Jerami Padi di Desa Garon Kecamatan Balerejo, Kabupaten Madiun. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat*, Vol. 2, No. 2, 120-31. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v2i2.2915>
- Rhomadoni, F.R., Jamilatun, S., Nurmustaqimah, Wardhana, B.S., & Auliya, P.A. Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Hasil Fermentasi Limbah Kulit Buah terhadap Pertumbuhan Tanaman Terong. (2025). *Jurnal Ilmiah Sains dan teknologi*, Vol. 15, No. 2, 10-16. <https://doi.org/10.37150/v8hb7v51>
- Sadewa, Oka. (2021). *Pemanfaatan Aktivator Mikroorganisme Lokal (Mol) Kulit Pisang (Musa Parasidica) Dan Em4 Terhadap Lama Waktu Pengomposan Limbah Jerami Padi*. Skripsi. Poltekes Kemenkes Bengkulu.
- Sulhijah, Syukri, Saputra, I., & Ridha, R. (2024). Pengaruh Campuran Jenis ZPT Alami dan Lama Perendaman Terhadap Perkecambahan Benih Pinang (*Areca Catechu* L.). *REKAYASA*, Vol. 17, No. 3, 399-408. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i3.26604>
- Setyawati, H., Anjarsari, S., Sulistyono, L.T., Wisnurusnada, J.V., (2022). Pengaruh Variasi Konsentrasi EM4 dan Jenis Limbah Kulit. *ATMOSPHERE*, Vol. 3, No. 1, 14-20. <https://doi.org/10.36040/atmosphere.v3i1.4708>
- Taena, W., Ndua, N.D.D., Binsasi, Y., Pakaenoni. G., Klau, A.D., Nino, J., & Lestari, A.K.D. (2025). Pelatihan Pembuatan Pupuk Kompos Biochar dan Penggunaannya dalam Budidaya Tanaman Bernilai Ekonomi di Desa Amol. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, Vo. 6, No. 2, 2464-74. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v6i2.6102>
- Tuhuteru, S., Rumbiak, R.E.Y., Pumoko, P., Kossay, T., & Yikwa, Y. (2021). Perbandingan Efektifitas Mikroorganisme Lokal Nanas dan Batang Pisang Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis di Wamena. *Jurnal Agron. Indonesia*, Vol. 49, No. 3, 288-294. <https://dx.doi.org/10.24831/jai.v49i3.36591>
- Utami, D.N. (2019). Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Degradasi Tanah. *Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, Vol. 3, No. 2, 122-31.
- Wahdah, R., habibah, & Safitri, N. (2023). Kualitas Kompos Dari Biomassa Gulma Lahan Rawa Pasang Surut. *EnviroScience*, Vol. 19, No. 3), 155-63. <http://dx.doi.org/10.20527/es.v19i3.17281>.
- Wenda, B., & Tuhuteru, S. (2021). Efektifitas Pemberian Mol Batang Pisang Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Putih (*Allium Sativum* L). *Jurnal Ilmu Pertanian*, Vol. 7, No.1, 7-11.

-
- <http://dx.doi.org/10.35329/agrovital.v7i1.2751>
Widyabudiningsih, D., Troskiolina, L., Fauziah, S., Shalihatunnisa, Riniati, Djenar, N.S., Hulupi, M., Indrawati, L., Fauzan, A., & Abdilah, F. (2021). Pembuatan Dan Pengujian Pupuk Organik Cair Dari Limbah Kulit Buah-Buahan Dengan Penambahan Bioaktivator EM4 Dan Variasi Waktu Fermentasi. *IJCA*, Vol. 4, No. 1, 30-39. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss1.art4>
Wihardjaka, A., & Harsanti, E. S. (2020). Dukungan Pupuk Organik Untuk Memperbaiki Kualitas Tanah Pada Pengelolaan Padi Sawah Ramah Lingkungan. *PANGAN*, Vol. 30, No. 1, 53-64. <https://doi.org/10.56655/jid.v2i2.125>