



Nexus: Jurnal Sains dan Teknologi

Homepage jurnal: https://ojs.polmed.ac.id/index.php/nexus_sains_dan_teknologi



Optimasi Pupuk Organik Cair Limbah Pisang dengan EM4 sebagai Bioaktivator untuk Pertumbuhan Kangkung

Muhammad Abdi Lubis^a, Nina Hartati^{a*}, Edi Kurniawan^a, Anjar Siti Mashitoh^a, Ayu Syufiatun Tarigan^b, Adelia Yesya Putri Hasibuan^b

^aProgram Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, 30319, Palembang, Indonesia

^bProgram Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, 20155, Medan, Indonesia

*Korespondensi penulis: nina.hartati@polsri.ac.id (Nina) Tel.: +62+62 878-9234-0080

Sorotan

- Optimasi formulasi pupuk organik cair limbah pisang menggunakan EM4
- Evaluasi efektivitas bioaktivator EM4 pada proses fermentasi
- Peningkatan pertumbuhan kangkung melalui aplikasi pupuk organik cair hasil optimasi

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada May 2026

Direvisi pada Juni 2026

Disetujui pada Juli 2026

Tersedia daring pada Juli 2026

Kata kunci:

POC, batang pisang, bonggol pisang, EM4, fermentasi, kangkung

Keywords:

Liquid organic fertilizer, banana stem, banana corm, EM4, fermentation, water spinach.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah batang dan bonggol pisang sebagai bahan baku Pupuk Organik Cair (POC) dengan penambahan bioaktivator EM4 serta mengevaluasi kualitas dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kangkung. Penelitian dilakukan melalui tahap produksi, karakterisasi, dan aplikasi POC dengan variasi dosis EM4 40 mL, 50 mL, dan 60 mL serta waktu fermentasi 14, 18, dan 22 hari. Parameter yang diamati meliputi perubahan fisik, pH, dan tinggi tanaman. Hasil menunjukkan POC mengalami perubahan warna menjadi lebih gelap dan berbau menyengat sebagai tanda fermentasi berlangsung dengan baik. Nilai pH menurun hingga rata-rata 3.3 sehingga belum memenuhi standar mutu pupuk organik cair yang berlaku. Aplikasi POC pada tanaman kangkung menunjukkan peningkatan tinggi tanaman dibandingkan kontrol, meskipun hasil yang diperoleh belum menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kandungan bahan organik dari limbah pisang berpotensi mendukung pertumbuhan tanaman dan mengurangi limbah pertanian. Secara umum, POC dari limbah batang dan bonggol pisang berpotensi dikembangkan sebagai pupuk organik alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

ABSTRACT

This study aims to utilize banana stem and corm waste as raw materials for liquid organic fertilizer (LOF) with the addition of EM4 bioactivator and to evaluate its quality and effect on the growth of water spinach (*Ipomoea reptans*). The study was conducted in two

stages: LOF production and characterization, followed by its application to plants. The treatments consisted of EM4 concentrations (40 mL, 50 mL, and 60 mL) and fermentation times (14, 18, and 22 days). The observed parameters included physical characteristics, pH, and plant height. The results showed that the LOF changed to a darker color with a strong odor, indicating fermentation. The pH decreased to an average of 3.3, which did not meet the required standard. The application of LOF increased plant height compared to the control, although the improvement was not significant. Overall, LOF derived from banana stem and corm waste has potential as an alternative organic fertilizer; however, optimization of the fermentation process and nutrient content is required.

1. Pendahuluan

Pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku dalam produksi Pupuk Organik Cair (POC) merupakan salah satu alternatif yang efektif dalam mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan nilai guna limbah. POC memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan pupuk padat, antara lain mudah larut dalam air, cepat diserap oleh tanaman, serta mampu memperbaiki sifat fisik tanah. Selain itu, proses pembuatannya relatif sederhana dan efisien, sehingga berpotensi untuk dikembangkan secara luas dalam sistem pertanian berkelanjutan [1].

Batang dan bonggol pisang merupakan limbah pertanian yang ketersediaannya melimpah, namun pemanfaatannya masih belum optimal. Limbah ini diketahui mengandung unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Menurut penelitian [2], bonggol pisang mengandung karbohidrat sebesar 66% serta sejumlah protein, air, dan mineral penting. Sementara itu, [3] melaporkan bahwa bonggol pisang mengandung pati sebesar 45.4% dan protein sebesar 4.35%, sehingga berpotensi sebagai bahan baku pupuk organik cair.

Dalam proses produksi POC, penggunaan bioaktivator seperti *Effective Microorganisms-4* (EM4) menjadi faktor penting dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik. EM4 mengandung berbagai jenis mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi, termasuk bakteri fotosintetik, *Lactobacillus sp.*, *Streptomyces sp.*, ragi, dan *Actinomycetes*. Mikroorganisme ini bekerja secara sinergis dalam menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah diserap oleh tanaman, sehingga dapat meningkatkan kualitas pupuk yang dihasilkan [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku POC. Penggunaan POC dari limbah rumah tangga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir*) [5]. Penelitian lain oleh [6] menunjukkan bahwa POC berbahan dasar air cucian beras efektif digunakan pada tanaman sayuran organik. Selain itu, penelitian lain mengembangkan POC berbahan tanaman kipahit yang memiliki potensi sebagai pupuk organik alternatif [7].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah batang dan bonggol pisang sebagai bahan baku pembuatan POC dengan penambahan bioaktivator EM4 dan gula merah. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pupuk organik cair yang ramah lingkungan serta mendukung pengembangan pertanian berkelanjutan.

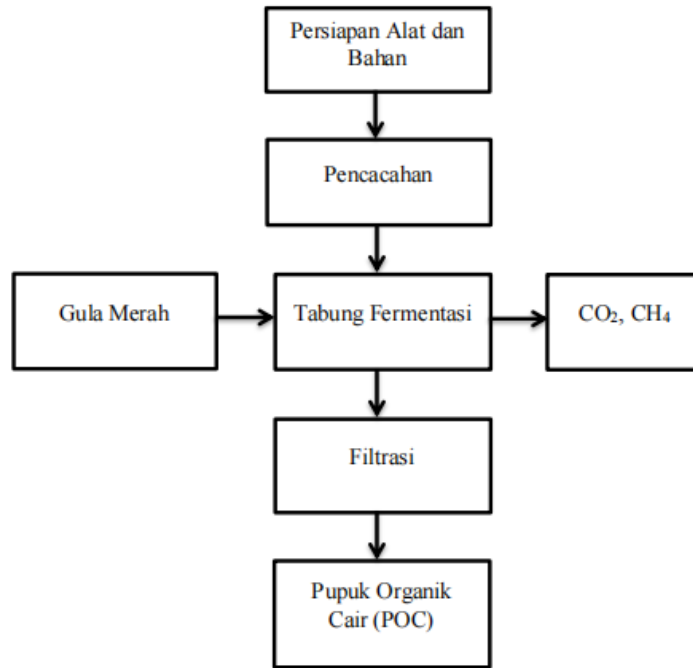
2. Metode

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu produksi dan karakterisasi Pupuk Organik Cair (POC), serta pengujian aplikasinya terhadap pertumbuhan tanaman kangkung. Tahap pertama meliputi pembuatan POC dari limbah batang dan bonggol pisang melalui proses fermentasi anaerob menggunakan bioaktivator EM4 dan penambahan gula merah sebagai sumber nutrisi mikroorganisme. Perlakuan penelitian menggunakan kombinasi tiga dosis EM4, yaitu 40 mL, 50 mL, dan 60 mL, serta tiga waktu fermentasi, yaitu 14, 18, dan 22 hari, sehingga diperoleh sembilan kombinasi perlakuan seperti yang terlihat pada Tabel 1. Selama proses fermentasi dilakukan pengamatan terhadap karakteristik POC yang meliputi warna, aroma, dan nilai pH untuk mengevaluasi kualitas hasil fermentasi. Tahap kedua adalah aplikasi POC terhadap tanaman kangkung (*Ipomoea reptans*) untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman dievaluasi berdasarkan tinggi tanaman yang diukur pada 7, 14, dan 21 hari setelah tanam (HST) untuk menentukan pengaruh variasi dosis EM4 dan lama fermentasi terhadap efektivitas POC dalam meningkatkan pertumbuhan kangkung [8].

Tabel 1. Perlakuan Dosis EM4

Waktu Fermentasi	Bahan Yang Digunakan			
	Batang Pisang (Kg)	Bonggol Pisang (Kg)	Kadar EM4 (mL)	Gula Merah (g)
14 hari				
18 hari	3	3	40	300
22 hari				
14 hari				
18 hari	3	3	50	300
22 hari				
14 hari				
18 hari	3	3	60	300
22 hari				

Prosedur penelitian yang dilakukan disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Uji Fisik Pupuk Organik Cair (POC)

Hasil pengamatan fisik pada Tabel 2 menunjukkan bahwa selama proses fermentasi terjadi perubahan warna dan bau yang cukup signifikan. Pada fermentasi hari ke-14, POC memiliki warna kuning terang dengan bau menyengat menyerupai bau busuk. Seiring bertambahnya waktu fermentasi hingga hari ke-22, warna POC berubah menjadi kuning kecoklatan hingga coklat gelap, sementara bau tetap menyengat [9, 10]. Perubahan warna ini menunjukkan berlangsungnya dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dalam EM4. Mikroorganisme seperti bakteri asam laktat, bakteri fotosintetik, ragi (*yeast*), dan *Actinomyces* menghasilkan enzim yang menghidrolisis selulosa, hemiselulosa, serta sebagian lignin menjadi senyawa organik yang lebih sederhana. Hasil degradasi tersebut kemudian mengalami reaksi oksidasi dan polimerisasi sehingga membentuk senyawa humat dan melanoidin yang menyebabkan warna POC semakin gelap seiring bertambahnya waktu fermentasi.

Aroma menyengat yang teramati merupakan akibat aktivitas metabolisme mikroorganisme selama fermentasi anaerob. Pada tahap awal fermentasi, mikroorganisme memanfaatkan gula merah sebagai sumber karbon untuk menghasilkan berbagai metabolit, seperti asam laktat, asam asetat, karbon dioksida (CO_2), serta sejumlah kecil senyawa volatil lainnya. Senyawa-senyawa tersebut menyebabkan aroma khas fermentasi. Selain itu, bau menyengat yang dihasilkan merupakan indikasi terbentuknya senyawa volatil seperti asam organik dan gas hasil fermentasi anaerob (misalnya H_2S dan NH_3) [11, 12].

Namun demikian, bau busuk yang terlalu kuat juga dapat menjadi indikasi bahwa proses fermentasi belum berlangsung secara sempurna atau terjadi dominasi mikroorganisme pembusuk. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi fermentasi (seperti rasio bahan, aerasi, atau nutrisi mikroba) belum optimal. Berikut hasil uji fisik POC:

Tabel 2. Hasil Uji Fisik POC

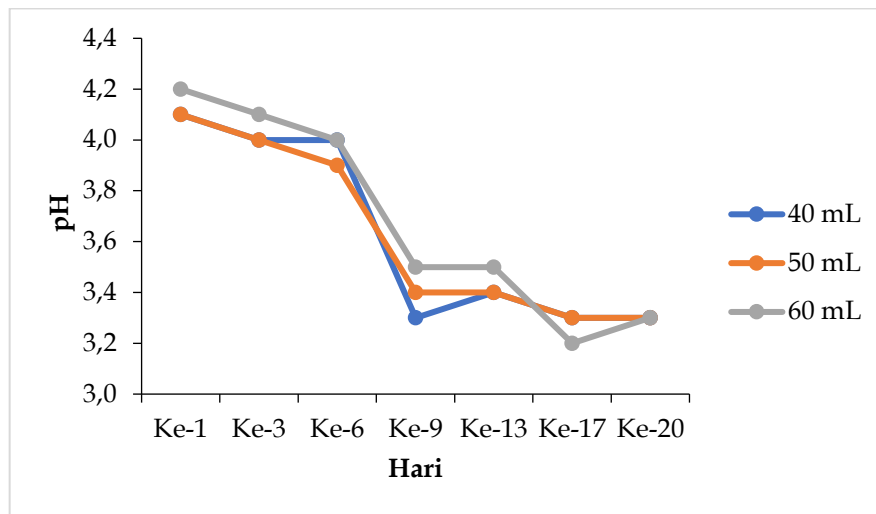
Perlakuan	Waktu Fermentasi	Konsentrasi EM4 (mL)	Warna	Bau
1	14 hari	40	Kuning terang	Bau menyengat seperti bau busuk
	14 hari	50	Kuning terang	Bau menyengat seperti bau busuk
	14 hari	60	Kuning terang	Bau menyengat seperti bau busuk
2	18 hari	40	Kuning kecoklatan	Bau menyengat seperti bau busuk
	18 hari	50	Kuning kecoklatan	Bau menyengat seperti bau busuk
	18 hari	60	Kuning kecoklatan	Bau menyengat seperti bau busuk
3	22 hari	40	Kuning kecoklatan	Bau menyengat seperti bau busuk
	22 hari	50	Kuning kecoklatan	Bau menyengat seperti bau busuk
	22 hari	60	Kuning kecoklatan	Bau menyengat seperti bau busuk

3.2 Hasil Uji pH

Berdasarkan hasil pengukuran pH selama proses fermentasi yang dapat dilihat pada Gambar 2, dapat diketahui bahwa pH awal berada pada kisaran 4.1–4.2 dan mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai nilai rata-rata sekitar 3.3 pada akhir fermentasi (hari ke-22). Penurunan pH berkaitan erat dengan aktivitas metabolisme mikroorganisme yang terdapat dalam EM4, terutama bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.). Mikroorganisme tersebut memanfaatkan gula merah sebagai sumber energi melalui proses fermentasi, menghasilkan asam organik seperti asam laktat dan asam asetat. Akumulasi asam-asam organik tersebut meningkatkan konsentrasi ion hidrogen (H^+) sehingga menyebabkan pH medium terus menurun. Selain menghasilkan asam, proses dekomposisi biomassa pisang juga melepaskan senyawa organik sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan kembali oleh mikroorganisme sehingga aktivitas fermentasi semakin intensif [13, 14].

Pada fase awal (hari 1–6), penurunan pH berlangsung perlahan, kemudian mengalami penurunan signifikan pada fase berikutnya akibat meningkatnya aktivitas mikroba. Setelah hari ke-9, nilai pH cenderung stabil. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme mulai memasuki fase stasioner, yaitu fase ketika laju pertumbuhan mikroba mulai menurun akibat berkurangnya

substrat yang tersedia dan meningkatnya akumulasi produk metabolit berupa asam organik. Akumulasi asam tersebut juga dapat menghambat aktivitas mikroorganisme sehingga laju fermentasi menjadi lebih lambat. Jika dibandingkan dengan standar mutu POC berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, pH yang diperoleh (± 3.3) belum memenuhi standar yang disyaratkan, yaitu 4–9 [16, 17]. Nilai pH yang terlalu asam mengindikasikan bahwa fermentasi belum sepenuhnya mencapai kondisi matang (*mature compost tea*), sehingga POC sebaiknya menjalani proses pematangan lanjutan atau penyesuaian pH sebelum diaplikasikan untuk menghindari penurunan ketersediaan unsur hara dan gangguan pertumbuhan tanaman [15-19].



Gambar 2. Grafik pH POC Batang Pisang dan Bonggl Pisang

3.3 Rata-rata Tinggi Tanaman Kangkung (cm)

Hasil pengamatan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian POC memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kangkung. Pada umur 21 Hari Setelah Tanam (HST), tanaman dengan perlakuan POC (P1) memiliki tinggi rata-rata 38 cm, sedangkan tanpa POC (P2) hanya mencapai 33 cm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa POC mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, meskipun tidak terlalu signifikan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa POC hasil fermentasi limbah pisang mampu menyediakan unsur hara dan senyawa bioaktif yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman [20].

Meskipun demikian, peningkatan tinggi tanaman belum terlalu besar. Hal ini diduga disebabkan oleh rendahnya kandungan unsur hara makro pada POC serta nilai pH yang masih sangat asam (± 3.3). Kondisi tersebut dapat mengurangi ketersediaan beberapa unsur hara di media tanam dan menurunkan efisiensi penyerapannya oleh akar. Dengan demikian, efektivitas POC tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme selama fermentasi, tetapi juga oleh kualitas akhir pupuk yang dihasilkan, terutama kandungan hara dan tingkat kematangannya [5, 13].

Tabel 3. Hasil rata-rata tinggi tanaman kangkung (cm)

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)		
	7 HST	14 HST	21 HST
P1	4,7	22	38
P2	4,5	19	33

4. Kesimpulan

Limbah batang dan bonggol pisang berhasil dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik cair (POC) melalui fermentasi menggunakan bioaktivator EM4. POC yang dihasilkan menunjukkan terjadinya proses fermentasi yang ditandai dengan perubahan warna, aroma, dan penurunan pH hingga sekitar 3,3. Aplikasi POC mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman kangkung dibandingkan kontrol, meskipun kualitas POC masih belum optimal karena pH yang rendah dan kandungan hara yang belum memenuhi standar. Oleh karena itu, diperlukan optimasi proses fermentasi serta penambahan bahan yang kaya unsur N, P, dan K untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas POC sebagai pupuk organik.

Kontribusi Penulis

Naskah ini ditulis melalui kontribusi semua penulis. **M.A. Lubis:** penulisan draft asli dan pengolahan data. **N. Hartati:** konseptualisasi, metodologi, dan visualisasi data. **E. Kurniawan:** penulisan tinjauan dan penyuntingan. **A.S Mashitoh:** analisis pustaka dan penyuntingan. **A.S. Tarigan:** penulisan draft asli, metodologi. **A.Y.P. Hasibuan:** analisis formal, kurasi data.

Konflik Kepentingan

Penulis menegaskan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik secara finansial maupun hubungan pribadi, yang berpotensi memengaruhi hasil penelitian dalam manuskrip ini.

Daftar Pustaka

- [1] L. S. Pantang, Y. Y. Yusnaeni, A. Ardan, and S. Sudirman, "Efektivitas pupuk organik cair limbah rumah tangga dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.)," *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 85–93, Jul. 2021, doi: 10.30998/edubiologia.v1i2.8966.
- [2] K. Nisa, A. Rizkyani, C. Firdaus Ivana, A. Dwi Puspita, and A. Kristiningsih, "Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang dan Kulit Nanas sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC)," *Journal of Sustainable Research In Management of Agroindustry (SURIMI)*, vol. 4, no. 1, pp. 8–13, Apr. 2024, doi: 10.35970/surimi.v4i1.2266.
- [3] K. K. Jemian, "Efektivitas pupuk organik cair limbah kulit singkong, batang pisang, dan azolla terhadap pertumbuhan dan hasil pakcoy," *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, vol. 27, no. 2, pp. 175–181, Oct. 2025, doi: 10.33061/innofarm.v28i2.12679.
- [4] Jalaluddin, N. Za, and R. Syafrina, "Pengolahan sampah organik buah-buahan menjadi pupuk dengan menggunakan Effective Microorganisms," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 5, no. 1, pp. 17–30, Nov. 2017, doi: 10.29103/jtku.v5i1.76.

- [5] N. Nikmah and J. Aliyah, "Pengaruh nutrisi limbah rumah tangga terhadap pertumbuhan kangkung (*Ipomoea aquatica*) pada media hidroponik," *PARTNER*, vol. 29, no. 2, pp. 203–210, Nov. 2024, doi: 10.35726/jp.v29i2.7325.
- [6] A. Nurmas, R. Adawiyah, M. J. Arma, N. Arif, S. Sarawa, and D. Boer, "Teknologi pembuatan pupuk organik cair (POC) berbahan dasar air cucian beras pada tanaman sayuran organik di pekarangan," *Jurnal Tarreang: Tren Pengabdian Masyarakat Agrokompleks*, vol. 1, no. 3, pp. 84–94, Apr. 2025, doi: 10.31605/jtarreang.v1i3.4882.
- [7] D. Kurniawan, A. Nadhira, Razali, O. S. Sijabat, N. U. Angkat, and R. Rosmaladewi, "Pembuatan POC (Pupuk Organik Cair) dengan menggunakan tanaman kipahit," *Jurnal Abdimas Maduma*, vol. 2, no. 1, pp. 42–46, Apr. 2023, doi: 10.52622/jam.v2i1.152.
- [8] S. Indrawati, D. Anggoro, H. Sukanto, N. Puspitasari, S. Sungkono, B. Indarto, Suyatno, G. Prajitno, N. I. Arvitrida, and L. Yuwana, "The effectiveness of the addition of EM4 and molasses in increasing levels of N, P and K in environmentally friendly liquid fertilizers made from banana pseudostem," in *Proc. International Joint Conference on Science and Engineering (IJCSE 2020)*, Jan. 2020, doi: 10.2991/aer.k.201124.066.
- [9] H. Bello and A. A. Jimoh, "Valorization of sawdust by co-composting with food waste using a small-scale composter," *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 11, no. 4, 2022, doi: 10.30486/IJROWA.2021.1924988.1213.
- [10] W. Novianto and A. E. Prihatiningrum, "Effect of banana stem liquid organic fertilizer on shallot growth and production (*Allium ascalonicum* L.)," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 4, 2023, doi: 10.21070/pels.v4i0.1437.
- [11] H. Bahar, S. Astuti, R. Setyawan, S. Yusuf, B. A. Andi Tonro, and K. Gowa, "Manufacturing liquid organic fertilizer from rice washing and coffee grounds," *Journal of Science and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 25–32, 2024.
- [12] B. W. R. I. Hariyanto Putra and R. Ratnawati, "Pembuatan pupuk organik cair dari limbah buah dengan penambahan bioaktivator EM4," *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.20885/jstl.vol11.iss1.art4.
- [13] M. Nopriyanti and S. U. Kalsum, "Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok sebagai bahan dasar dalam pembuatan pupuk cair (kajian penambahan EM4 dengan metode anaerob)," *Jurnal Teknologi Pangan dan Industri Perkebunan*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [14] F. Moekahar, F. Hardianti, Y. Daherman, M. H. Alfani, and Y. R. Pratiwi, "Pelatihan kompetensi komunikasi pengawas pemilu di Kabupaten Siak," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 12, no. 2, pp. 92–96, Oct. 2022, doi: 10.30999/jpkm.v12i2.2150.
- [15] M. M. Meo, "Pendampingan pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah bonggol pisang kepok dengan bioaktivator EM4 (*Effective Microorganism* 4) kepada peserta didik prakerin SMKN I Kota Komba di STIPER Flores Bajawa," *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 12, no. 2, pp. 92–96, Dec. 2024, doi: 10.30999/jpkm.v12i2.2150.
- [16] W. Novianto and A. E. Prihatiningrum, "Effect of banana stem liquid organic fertilizer on shallot growth and production (*Allium ascalonicum* L.)," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 4, 2023, doi: 10.21070/pels.v4i0.1437.
- [17] L. S. Pantang, Y. Yusnaeni, A. Ardan, and S. Sudirman, "Efektivitas pupuk organik cair limbah rumah tangga dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.)," *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.30998/edubiologia.v1i2.8966.
- [18] S. N. A. Fitri, A. Napoleon, A. Hermawan, B. Bakri, K. D. Paserena, and M. A. Pratama, "The effect of liquid organic fertilizer from tofu factory and local microorganisms from banana stems of Ultisols," *Acta Solum*, vol. 4, no. 1, pp. 57–62, Jan. 2026, doi: 10.20527/actasolum.v4i1.3523.

- [19] R. D. Saputra, M. H. Izzuddin, and W. A. Sari, "Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai bahan pembuatan pupuk organik cair (POC) di Desa Timpik Kabupaten Semarang," 2024. [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jurnalbin>
- [20] D. K. Sari, R. D. Werena, H. Anwar, R. Mayasari, and M. Djana, "Pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi pupuk organik cair anti hama dengan penambahan EM-4," *Mestaka: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 3, 2024, doi: 10.58184/mestaka.v3i3.373.