



# Enhancing Productivity Through the Application of Innovative Cultivation Practices for Curly Chili and Tomato on Horticultural Farmers' Land in Wasile, East Halmahera Regency

(Peningkatan Produktivitas dengan Penerapan Inovasi Budidaya Cabai Keriting dan Tomat pada Petani Hortikultura di Wasile Kabupaten Halmahera Timur)

Suryati Tjokrodiningrat<sup>1</sup>, Rima Melati<sup>1✉</sup>, Zauzah Abdullatif<sup>1</sup>, Kuad Suwarno<sup>1</sup>, Sugeng Haryanto<sup>1</sup>, Abdul Rahmat Manda<sup>1</sup>, Suleyman<sup>1</sup> dan Anita Ninasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Khairun University. Jusuf Abdurrahman Street, South Ternate, Indonesia.

Email: [rima\\_tafure@yahoo.com](mailto:rima_tafure@yahoo.com)

## Article Info:

Received : 6 Okt. 2025  
Accepted : 27 Okt. 2025  
Online : 27 Okt. 2025

## Article type :

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input type="checkbox"/>	Research Article

## Keyword :

Biochar, Liquid organic fertilizer, Bio-based agriculture, Curly Chili, Tomato, East Halmahera

## Corresponding Author :

Rima Melati  
Universitas Khairun  
Ternate, Indonesia

Email :  
[rima\\_tafure@yahoo.com](mailto:rima_tafure@yahoo.com)



Copyright©2025, Suryati Tjokrodiningrat, Rima Melati, Zauzah Abdullatif, Kuad Suwarno, Sugeng Haryanto, Abdul Rahmat Manda, Suleyman, Anita Ninasari

## Abstract

This Community Service Program (PKM) was designed to address the low productivity of horticultural crops in Wasile District, East Halmahera, due to farmers' limited knowledge of sustainable cultivation techniques and organic material management. The main objective was to improve the productivity of curly chili (*Capsicum annum L.*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) through the application of bio-based agricultural innovations. The program adopted a participatory approach involving training, workshops, and field demonstrations on the production and utilization of biochar and liquid organic fertilizers. Data were collected through pre-test and post-test evaluations, field observations, and yield measurements. The results indicated a 90% increase in farmers' knowledge and skills, accompanied by a 12.7% rise in chili productivity and noticeable yield improvements in tomato plots. These findings highlight the effectiveness of biochar and organic fertilizer integration in enhancing soil fertility and crop performance. It is recommended that such innovations be scaled up across other horticultural areas to promote sustainable and eco-friendly farming systems in East Halmahera.

## I. PENDAHULUAN,

Cabai keriting (*Capsicum annum L.*) dan tomat (*Solanum lycopersicum L.*) merupakan dua komoditas hortikultura strategis yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang stabil sepanjang tahun (Yaghoubi *et al.*, 2024; Wibowo dan Nuraini, 2021). Kedua komoditas ini tidak hanya berperan sebagai bahan konsumsi pokok rumah tangga, tetapi juga menjadi sumber utama pendapatan bagi petani kecil di berbagai

daerah, termasuk di Kabupaten Halmahera Timur. Dengan karakteristiknya yang bernilai ekonomi dan sosial tinggi, pengembangan cabai dan tomat berpotensi memperkuat ketahanan pangan serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa (Murindangabo *et al.*, 2023; Rahman dan Yusuf, 2022).

Meskipun demikian, produktivitas cabai dan tomat di tingkat petani masih tergolong rendah dibandingkan dengan potensi hasil optimal yang

dapat dicapai. Salah satu penyebab utama kondisi tersebut adalah keterbatasan penerapan teknologi budidaya yang sesuai dengan kebutuhan agroekologi setempat, terutama dalam hal pemupukan, pengendalian organisme pengganggu tanaman, dan teknik pemeliharaan tanaman (Sixt *et al.*, 2025; Susanto dan Fitriana, 2019; Lehmann *et al.*, 2011). Sebagian besar petani di Halmahera Timur masih menggunakan metode budidaya tradisional yang minim inovasi, sehingga produktivitasnya fluktuatif dan tidak efisien. Selain itu, faktor eksternal seperti perubahan iklim mikro, curah hujan tinggi, dan serangan hama penyakit turut menimbulkan kerugian yang cukup signifikan bagi petani hortikultura (López *et al.*, 2025; Chen *et al.*, 2022; Lestari dan Hidayat, 2020).

Permasalahan lain yang dihadapi mitra petani di wilayah Wasile adalah keterbatasan pemahaman terhadap manajemen pertanian hayati, termasuk teknik pembuatan dan penerapan bahan pembenah tanah seperti biochar serta pemanfaatan pupuk organik cair (POC) hasil fermentasi terbatas (Telaumbanua, *et al.*, 2025). Sebagian besar petani masih bergantung pada penggunaan pupuk kimia anorganik yang dalam jangka panjang dapat menurunkan kesuburan tanah dan meningkatkan biaya produksi. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk memperkenalkan teknologi budidaya yang sederhana namun berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi tepat guna (ipteks), yang mudah diterapkan di tingkat petani dan relevan dengan kondisi agroklimat setempat.

Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dirancang untuk memberikan solusi berbasis inovasi lokal melalui penerapan teknologi biochar dan pupuk organik cair sebagai bagian dari pendekatan pertanian hayati. Program ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tanaman hortikultura, khususnya cabai keriting dan tomat, melalui penerapan perlakuan budidaya sederhana berbasis ipteks yang dapat diadaptasi oleh petani. Kegiatan dilaksanakan di beberapa lokasi lahan percontohan di Kecamatan Wasile dengan membandingkan hasil tanaman antara kondisi dengan perlakuan dan tanpa perlakuan.

Hasil pelaksanaan kegiatan menunjukkan bahwa penerapan kombinasi biochar dan pupuk organik cair mampu meningkatkan berat buah cabai dan tomat dibandingkan dengan lahan kontrol. Rata-rata berat buah cabai dengan perlakuan menunjukkan kestabilan pada panen kedua, sementara pada tanaman tomat terlihat

peningkatan yang lebih signifikan di beberapa blok percobaan. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan teknologi sederhana berbasis bahan lokal mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap input kimia. Selain itu, kegiatan ini memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman petani tentang pertanian berkelanjutan, sekaligus membuka peluang pengembangan usaha baru berbasis pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan baku pupuk organik.

Dengan demikian, kegiatan PKM ini memiliki orientasi pada peningkatan hasil produksi dan pada penguatan kapasitas petani menuju sistem pertanian yang efisien, ekologis, dan ekonomis. Pendekatan yang digunakan diharapkan menjadi model pemberdayaan berbasis ipteks dengan keberlanjutan dalam bentuk replikasi pada wilayah lain di Kabupaten Halmahera Timur, sehingga mendorong kemandirian dan keberlanjutan ekonomi masyarakat petani hortikultura.

## II. METODE PELKSANAAN

### 2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan ini dilaksanakan pada lokasi lahan petani mitra di Kecamatan Wasile, Kabupaten Halmahera Timur. Pemilihan lokasi dilakukan secara purposif berdasarkan tiga pertimbangan utama, yaitu ketersediaan lahan yang memadai untuk kegiatan budidaya, kesesuaian kondisi agroklimat dengan komoditas hortikultura yang dikembangkan, serta komitmen aktif petani dalam mendukung dan berpartisipasi dalam seluruh tahapan program. Kegiatan berlangsung selama tujuh bulan, sejak bulan Maret hingga September 2025.

### 2.2. Alat dan Bahan

Kegiatan pengabdian ini memanfaatkan berbagai bahan dan peralatan yang disesuaikan dengan tujuan penerapan inovasi budidaya ramah lingkungan berbasis bahan hayati. Bahan utama meliputi kulit pisang serta limbah organik rumah tangga dan limbah pertanian, seperti sisa sayuran, sekam padi, dan tempurung kelapa. Kulit pisang dan limbah rumah tangga segar mengandung mineral kalium, kalsium, magnesium, besi dalam jumlah kecil. Sekam dan tempurung kelapa mengandung karbon tinggi yang mendukung aktivitas mikroba di lahan, sedangkan limbah organik lain berfungsi sebagai sumber mineral yang memperkaya hara. Kedua bahan tersebut diolah menjadi pupuk organik cair (POC) dan

biochar untuk meningkatkan kesuburan tanah. Proses dekomposisi dipercepat dengan dekomposer hayati EM4, serta tambahan molase sebagai sumber energi mikroba. Air bersih dari mata air digunakan sebagai pelarut, sedangkan arang sekam padi dan tempurung meningkatkan porositas tanah sekaligus sebagai media untuk perkembangan mikroba. Bibit cabai keriting dan tomat varietas unggul lokal ditanam pada media tanah, pasir, dan kompos. Mulsa plastik hitam perak digunakan untuk menjaga kelembapan secara alami.

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini mencakup berbagai sarana yang mendukung seluruh tahapan penerapan inovasi budidaya ramah lingkungan. Untuk pembuatan pupuk organik cair (POC), digunakan drum plastik fermentasi berkapasitas 50 liter, ember, dan gayung sebagai wadah pencampuran bahan, serta timbangan digital dan gelas ukur untuk memastikan takaran bahan yang presisi. Dalam kegiatan pengomposan dan pembuatan biochar, digunakan karung, wadah bambu, dan tungku sederhana. Pada tahap budidaya, petani memanfaatkan cangkul, sekop, dan garpu tanah untuk pengolahan lahan dan pembuatan bedengan, serta sprayer tangan untuk aplikasi POC. Pemantauan kondisi tanah dilakukan dengan alat ukur pH, sensor kelembapan tanah, dan termometer kompos. Pembibitan menggunakan polibag dan tray semai, serta lembar observasi untuk mencatat hasil pre-test, post-test, dan pertumbuhan tanaman.

### 2.3. Prosedur Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian dilaksanakan melalui tiga tahap utama: persiapan, implementasi, dan evaluasi. Tahap persiapan diawali dengan koordinasi internal antara tim dosen dan enumerator lapangan untuk menyusun rencana kerja, pembagian tugas, serta jadwal kegiatan. Prosedur ini mencakup penentuan lokasi, pemilihan kelompok tani mitra di Wasile, dan penyusunan kebutuhan logistik seperti bahan baku biochar (tempurung kelapa dan sekam padi), pupuk cair (kulit pisang, limbah organik, dan EM4). Pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan pendekatan learning by doing, melalui demonstrasi pembuatan biochar, dan pupuk organik cair fermentasi. Petani terlibat langsung dalam setiap tahap praktik, mulai dari pencampuran bahan, pemantauan fermentasi, hingga penerapan di lahan. Tahap akhir mencakup perbandingan hasil pemahaman petani terhadap proses pembuatan

POC dan biochar, refleksi bersama untuk mengevaluasi efektivitas inovasi, serta hasil budidaya cabai dan tomat antara lahan perlakuan dan kontrol.

### 2.4. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan secara kuantitatif dan kualitatif melalui observasi lapangan, wawancara partisipatif, dan pengisian lembar pre-test dan post-test. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan tanaman, produktivitas hasil panen, serta respons petani terhadap penerapan teknologi. Selain itu, dilakukan pengukuran parameter teknis, seperti pH dan suhu fermentasi, kelembapan tanah, serta kondisi agroklimat di lokasi. Dokumentasi menggunakan pencatatan proses serta hasil demonstrasi. Wawancara dan diskusi kelompok dilakukan untuk memahami persepsi, kendala, dan peluang adopsi teknologi di tingkat petani.

### 2.5. Teknik Analisis Data

Data kuantitatif hasil pengamatan dianalisis menggunakan metode komparatif sederhana antara lahan perlakuan dan kontrol, meliputi produktivitas, tingkat keberhasilan fermentasi, dan perubahan pH media. Data kualitatif dari wawancara dan refleksi petani dianalisis secara deskriptif tematik, untuk menilai efektivitas metode pembelajaran, tingkat pemahaman, serta potensi keberlanjutan inovasi. Hasil analisis disintesis menjadi rekomendasi praktis untuk peningkatan produktivitas cabai dan tomat berbasis bahan hayati serta kemandirian petani dalam memproduksi pupuk organik cair secara berkelanjutan.

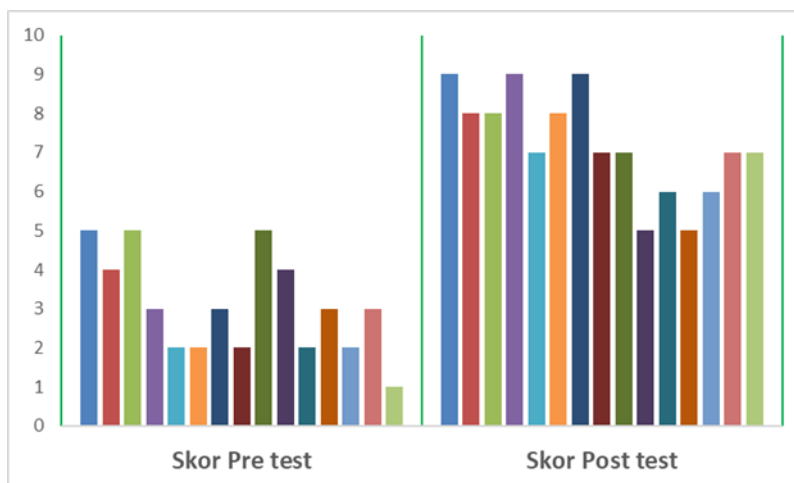
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran efektivitas kegiatan, dilakukan evaluasi melalui pre-test dan post-test dengan sepuluh butir pertanyaan, terdiri atas lima pertanyaan dasar dan lima pertanyaan umum. Setiap jawaban diberi skor dengan kategori penilaian: 3 (baik), 2 (sedang), dan 1 (kurang). Indikator keberhasilan program ditetapkan apabila skor rata-rata post-test peserta meningkat minimal 25% dibandingkan hasil pre-test (Gambar 1).

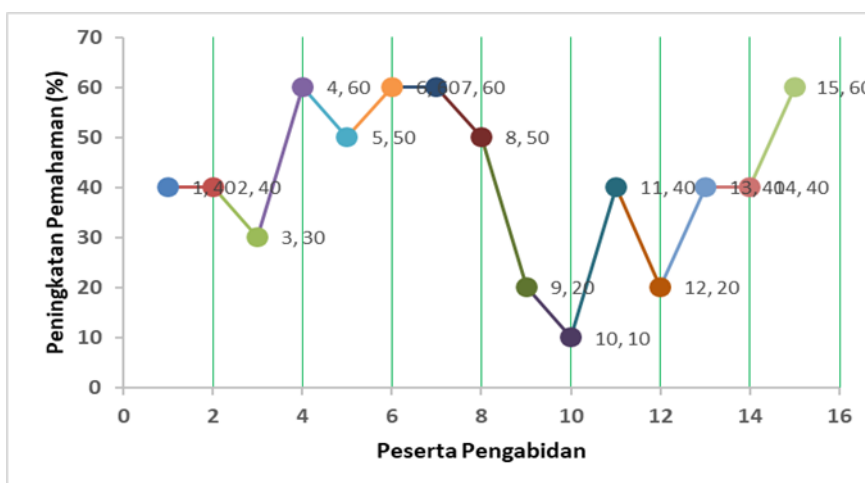
Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kemampuan awal peserta dalam memahami konsep dan penerapan biochar masih tergolong rendah. Seluruh peserta memperoleh skor pre-test antara 1 hingga 5, menandakan bahwa pengetahuan mereka tentang bahan, fungsi, dan teknik pembuatan

biochar belum memadai. Setelah kegiatan pelatihan dan pendampingan dilakukan, skor post-test mengalami peningkatan yang signifikan, dengan sebagian besar peserta mencapai skor 5 hingga 9. Peningkatan ini menunjukkan efektivitas metode penyuluhan yang memadukan ceramah, demonstrasi lapangan, dan diskusi interaktif dalam memperkuat pemahaman petani. Perubahan nilai dari pre-test ke post-test juga mencerminkan

keberhasilan transfer pengetahuan secara praktis, terutama karena materi pelatihan dikontekstualisasikan dengan pengalaman petani di lapangan. Dengan demikian, kegiatan ini mampu menjembatani kesenjangan antara pengetahuan teoritis dan keterampilan teknis dalam pembuatan serta pemanfaatan biochar di tingkat petani.



Gambar 1. skor pre-test dan post-test peserta pengabdian



Gambar 2. Capaian peningkatan (%) pemahaman peserta pelatihan

Analisis terhadap persentase kenaikan menunjukkan bahwa seluruh peserta mengalami peningkatan pemahaman lebih dari 25%. Gambar 2 memperlihatkan bahwa seluruh peserta mencapai peningkatan pemahaman terhadap materi pengabdian antara 40%–60%. Rata-rata kenaikan sebesar 43% menegaskan bahwa kegiatan pelatihan berhasil meningkatkan kemampuan kognitif dan praktis peserta secara substansial. Kategori evaluasi menunjukkan variasi tingkat kemajuan, di mana peserta dengan skor awal rendah menunjukkan kenaikan paling tinggi, mencerminkan efektivitas

pendekatan pembelajaran partisipatif. Adapun peserta dengan skor awal tinggi tetap mengalami peningkatan moderat, yang menunjukkan penguatan pemahaman dan kepercayaan diri dalam mengaplikasikan teknologi biochar. Berdasarkan kriteria evaluasi Kemendikbudristek, indikator keberhasilan kegiatan, yakni peningkatan skor minimal 25% terpenuhi secara menyeluruh. Hal ini menandakan bahwa proses pelatihan tidak hanya mentransfer pengetahuan, tetapi juga menumbuhkan kesadaran kritis dan motivasi

petani untuk mengadopsi inovasi pertanian hayati secara mandiri dan berkelanjutan.

Selama proses fermentasi, suhu dan pH media menunjukkan dinamika khas aktivitas mikroba. Pada awal fermentasi (hari ke-0 hingga ke-4), suhu meningkat dari 28°C menjadi 32,5°C disertai penurunan pH dari 6,5 menjadi 5,9, menandakan fase aktif pembentukan asam organik oleh mikroba asidifikasi. Puncak aktivitas terjadi

pada hari ke-6 dengan suhu 35°C dan pH 5,8. Setelah itu, suhu dan pH mulai naik perlahan, menunjukkan fase adaptasi dan konsumsi asam oleh mikroba. Pada hari ke-14, suhu dan pH kembali mendekati kondisi awal, menandakan fermentasi mencapai keseimbangan dan nutrisi dalam media berada pada kondisi stabil serta siap digunakan.

Tabel 1. Observasi Suhu, pH Media, dan penjelasan situasi fermentasi terkendali pembuatan pupuk organik cair

Hari ke-	Suhu (°C)	pH Media	Keterangan
0	28.0	6,50	Awal fermentasi, media standard sebelum inokulasi
2	30.2	6,20	Produksi asam organik awal (fase hydrolysis atau pembentukan asam)
4	32.5	5,90	Fase mikroba memproduksi asam organik (misalnya asam lemak, asam organik mudah terurai)
6	35.0	5,80	pH relatif rendah, fase asam stabil, mikroba asidifikasi aktif
8	37.3	5,85	Mulai adaptasi mikroba, produksi asam menurun, buffer mulai bekerja
10	32.7	6,10	Fase transisi, asam mulai dikonsumsi
12	30.2	6,25	pH mulai bergerak naik, kondisi lebih stabil
14	28.3	6,50	Mendekati keseimbangan, media relatif stabil, potensi nutrisi optimal

Tabel 2. Analisis varians pengaruh inovasi biochar dan pupuk organik cair terhadap produksi cabai keriting (ton/ha)

Sumber Keragaman	Db	KT	F	(Pr>F)
Antar Perlakuan	1	0.0742	4.04	0.0491*
Dalam Perlakuan	58	0.0184	-	-
Total	59	-	-	-

Keterangan: \*nyata pada  $\alpha=0.05$ .

Tabel 3. Uji beda lanjut (LSD) pengaruh inovasi biochar dan pupuk organik cair terhadap produksi cabai keriting

Kelompok	Selisih Rata-rata	Nilai LSD (0.05)	Kesimpulan
Perlakuan vs Tanpa Perlakuan	0.070	0.070	Berbeda nyata

Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan inovasi budidaya berupa kombinasi biochar dan pupuk organik cair memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan hasil tanaman cabai keriting. Hal ini dibuktikan dengan nilai uji ANOVA ( $F = 4,04; p = 0,0491 < 0,05$ ) yang menandakan bahwa perbedaan hasil antara perlakuan inovatif dan tanpa perlakuan tidak terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan efek nyata dari perlakuan yang diberikan. Uji lanjut LSD juga memperkuat hasil tersebut, dengan selisih rata-rata berat buah mencapai 0,07 kg per tanaman yang berada di atas batas nilai LSD (0,07), sehingga perbedaan hasil produksi antar perlakuan berbeda nyata secara statistik.

Secara fisiologis, pengaruh positif ini dapat dijelaskan melalui fungsi sinergis antara biochar dan pupuk organik cair (POC) dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Biochar yang

berasal dari bahan organik terkarbonisasi berperan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) (Hamidah, *et al.*, 2023), memperbaiki porositas dan aerasi tanah, serta memperpanjang retensi unsur hara di sekitar perakaran tanaman (Budianto *et al.*, 2025). Struktur berpori biochar juga berfungsi sebagai mikrohabitat bagi mikroorganisme tanah yang mendukung proses dekomposisi bahan organik, meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor yang sangat penting bagi pertumbuhan vegetatif dan generatif cabai (Nadila, *et al.*, 2023; Lehmann *et al.*, 2011).

Dari sisi produktivitas, penerapan biochar dan pupuk cair memberikan kenaikan hasil sebesar 12,1% dibandingkan kontrol menunjukkan bahwa inovasi ini mampu meningkatkan produksi tanaman. Penyerapan hara yang lebih seimbang menyebabkan pertumbuhan vegetatif yang optimal, pembentukan bunga yang lebih serempak,

serta peningkatan jumlah dan bobot buah per tanaman. Hasil ini sejalan dengan temuan Sutejo dan Kartasapoetra (2019) yang melaporkan bahwa kombinasi bahan organik dengan biochar dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan produktivitas tanaman hortikultura secara berkelanjutan.

#### IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil kegiatan, terjadi peningkatan signifikan pada pemahaman peserta setelah dilakukan pelatihan. Hasil pre-test menunjukkan bahwa sebagian besar peserta memiliki pengetahuan dasar yang terbatas mengenai pembuatan dan penerapan biochar serta pupuk organik cair. Setelah pelaksanaan pelatihan dan demonstrasi lapangan, nilai post-test meningkat secara nyata dengan rata-rata kenaikan pemahaman sebesar 43%, melampaui indikator

keberhasilan minimal 25%. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan learning by doing efektif dalam meningkatkan kemampuan kognitif dan keterampilan praktis petani.

Selain itu, hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa penerapan inovasi yaitu kombinasi biochar dan pupuk organik cair memberikan pengaruh nyata terhadap hasil tanaman cabai keriting dengan peningkatan produksi sebesar 12.7% lebih tinggi dibandingkan kontrol. Uji lanjut LSD mengonfirmasi perbedaan hasil produksi yang signifikan dengan selisih rata-rata 0,07 ton/ha dibandingkan kontrol. Secara keseluruhan, penerapan inovasi (Aliamin, *et al.*, 2023) ini terbukti meningkatkan pemahaman petani dan produktivitas tanaman secara nyata, sekaligus memperkuat arah pengembangan budidaya berkelanjutan berbasis bahan hayati di Kabupaten Halmahera Timur.

#### REFERENSI

- Aliamin, A., D., Anggorowati, dan S. Budi. (2023). Pengaruh biochar sekam padi dan pupuk organik cair urine sapi terhadap pertumbuhan tanaman seledri. *J. Sains Pertanian Equator*. 371–381. DOI : <http://dx.doi.org/10.26418/jspe.v12i3.62794>
- Budianto, T. M., Wilisiani, F., dan Avianto, Y. (2025). Pengaruh pemberian pupuk organik cair daun lamtoro dan biochar terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. 3 (03): 1599–1606.
- Chen, X., Chen, X., Ma, Z., Khan, M. U., Xiao, H., Alugongo, G. M., Li, J., Wang, M., and Cao, Y. (2022). A combination of lactic acid bacteria and molasses improves fermentation quality, chemical composition, physicochemical structure, in vitro degradability, and rumen microbiota colonization of rice straw. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 900764 (MDPI) 12(13):1669.
- Hamidah, E., Istiqomah, I., dan Fadhillah, E. (2023). Efektivitas aplikasi jenis pupuk organik cair dan biochar terhadap produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*). *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 7(1), 84-94. (11 hal.)
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., dan Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), 1812–1836. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>
- Lestari, D., dan Hidayat, R. (2020). Pendampingan Petani Tomat dalam Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan di Lahan Hortikultura. *Jurnal Abdi Tani*, 2(1), 11–19. Universitas Padjadjaran.
- López-Rubio, J. F., Cebrián-Tarancón, C., Alonso, G. L., Salinas, M. R., and Sánchez-Gómez, R. (2025). Preparation and Characterization of Liquid Fertilizers Obtained by Anaerobic Fermentation of Food Waste. *Agriculture (MDPI)* 15(11):1225.
- Murindangabo, Y. T., Kopecký, M., Perná, K., Nguyen, T. G., Konvalina, P., and Kavková, M. (2023). Prominent use of lactic acid bacteria in soil-plant systems. *Applied Soil Ecology*, 189, 104955. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104955>.
- Nadila A. P., dan Rahmi, H. (2023). Pengaruh pemberian konsentrasi air fermentasi dari limbah organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun (*Cucumis sativus L.*). *J. Agroplasma*. 10 (1): 126-132. e- ISSN: 2715-033X.
- Rahman, A., dan Yusuf, M. (2022). Penguatan produksi hortikultura dalam mendukung ketahanan pangan masyarakat pedesaan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Pertanian*, 4(1), 45–56. <https://doi.org/10.25077/jpmp.4.1.45-56>.

- Sixt, T., Pacholski, A., Winkhart, F., Jaufmann, E., Schmid, H., and Hülsbergen, K.J. (2025). Does woody biochar mixed with liquid organic fertilizer reduce ammonia volatilization following field application? Springer – Nutrient Cycling in Agroecosystems. 131:165–184. <https://doi.org/10.1007/s10705-025-10415-7>.
- Susanto, H., dan Fitriana, D. (2019). Penerapan teknologi budidaya cabai dan tomat berbasis pertanian berkelanjutan di tingkat petani. Jurnal Teknologi Pertanian Terapan, 8(2), 112–120. <https://doi.org/10.22146/jtpt.2019.008>.
- Telaumbanua, S. M., Gea, K., Manao, L. H., Laia, M. Y., Daely, B., dan Waruwu, M. (2025). Pemanfaatan Pupuk Cair dan Biochar Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). Mikroba: Jurnal Ilmu Tanaman, Sains dan Teknologi Pertanian, 2(1), 136-148.
- Wibowo, S., dan Nuraini, A. (2021). Penerapan Teknologi Budidaya Cabai Merah Keriting untuk Peningkatan Produktivitas Petani. Jurnal Pengabdian Agroteknologi, 3(2), 45–52. Universitas Brawijaya.
- Yaghoubi Khangahi, M., Strafella, S., Filannino, P., Minervini, F., and Crecchio, C. (2024). Importance of Lactic Acid Bacteria as an Emerging Group of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Sustainable Agroecosystems. Applied Sciences (MDPI) 14(5):1798.