

UJI UNSUR HARA MAKRO PADA PUPUK KOTORAN MAGOT DARI HASIL BIOKONVERSI EKSKRETA AYAM

MACRO NUTRIENT TEST ON MAGOT MANURE FERTILIZER FROM CHICKEN EXCRETA BIOCONVERSION RESULTS

Nadia Maharani^{1*}, Susanti²

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

²Program Studi Agribisnis Peternakan, Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Lampung, Lampung, Indonesia

*E-mail korespondensi: nadia68@fp.unila.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kandungan unsur hara makro (Nitrogen, Posfor, Kalium) dan nilai pH pada pupuk kotoran magot hasil biokonversi ekskreta ayam serta membandingkannya dengan pupuk kompos komersial yang beredar di pasaran. Penelitian dilaksanakan secara eksperimental di laboratorium dengan menggunakan dua perlakuan, yaitu pupuk kotoran magot (P1) dan pupuk kompos komersial (P2), masing-masing sebanyak lima ulangan. Parameter yang dianalisis meliputi pH, kadar nitrogen (metode Kjeldahl), posfor dan kalium (metode pengabuan basah), serta total hara yang diperoleh dari penjumlahan kandungan N, P, dan K. Data dianalisis secara deskriptif dan diuji beda menggunakan uji *Independent Sample T-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH tidak berbeda nyata antara P1 dan P2, mengindikasikan stabilitas pH tanah yang relatif sama dari kedua jenis pupuk. Namun, pupuk kotoran maggot (P1) memiliki kandungan fosfor yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan pupuk komersial (P2), menunjukkan potensi besar P1 untuk perkembangan akar dan pembungaan. Di sisi lain, pupuk kompos komersial (P2) secara signifikan lebih unggul dalam kandungan nitrogen dan kalium, serta total hara keseluruhan dibandingkan P1. Hal ini sejalan dengan karakteristik pupuk kimia yang dirancang untuk memberikan dosis hara makro yang presisi dan tinggi. Meskipun total hara P1 lebih rendah, kandungan total hara P1 sebesar 4.40% telah memenuhi persyaratan minimum Permentan No.1 Tahun 2019 (>2% NPK). Kesimpulannya, pupuk komersial unggul dalam konsistensi dan kuantitas N dan K, serta total hara, sementara pupuk kotoran maggot menonjol dalam kandungan fosfor. Pemilihan pupuk sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tanaman dan kondisi tanah, menjadikan pupuk kotoran maggot berpotensi sebagai alternatif atau suplemen yang baik, terutama untuk meningkatkan ketersediaan fosfor dengan memanfaatkan limbah peternakan.

Kata Kunci : Biokonversi, ekskreta ayam, kotoran ayam, pupuk organik, unsur hara makro

ABSTRACT

This study aimed to examine the content of macronutrients (Nitrogen, Phosphorus, Potassium) and pH values in maggot manure fertilizer produced from the bioconversion of chicken excreta, and to compare it with commercial compost fertilizer available in the market. The research was conducted experimentally in the laboratory using two treatments: maggot manure fertilizer (P1) and commercial compost fertilizer (P2), with five replicates for each. Parameters analyzed included pH, nitrogen content (Kjeldahl method), phosphorus and potassium (wet ashing method), and total nutrient content, obtained by summing the N, P, and K levels. Data was analyzed descriptively and a significant difference was tested using an Independent Sample T-test. The results showed that pH values did not differ significantly between P1 and P2, indicating relatively similar soil pH stability from both types of fertilizer. However, maggot manure fertilizer (P1) had a significantly higher phosphorus content compared to commercial fertilizer (P2), demonstrating P1's great potential for root development and flowering. On the other hand, commercial compost fertilizer (P2) was significantly superior in nitrogen and potassium content, as well as overall total nutrient content, compared to P1. This aligns with the characteristics of chemical fertilizers, which are designed to deliver precise and high doses of macronutrients. Although the total nutrient content of P1 was lower, its 4.40% total nutrient content met the minimum requirement of Permentan No.1 Year 2019 (>2% NPK). In conclusion, commercial fertilizer excelled in the consistency and quantity of N and K, as well as total nutrients, while maggot manure fertilizer stood out in phosphorus content. The choice of fertilizer should be tailored to specific plant needs and soil conditions, making maggot manure fertilizer a potential good alternative or supplement, especially for increasing phosphorus availability by utilizing livestock waste.

Keywords: Bioconversion, chicken excreta, chicken manure, organic fertilizer, macronutrients

PENDAHULUAN

Limbah peternakan, khususnya ekskreta ayam, merupakan salah satu tantangan utama dalam pengelolaan lingkungan di sektor agrikultur. Akumulasi limbah ini tidak hanya menimbulkan masalah pencemaran, tetapi juga mencerminkan hilangnya potensi sumber daya yang bernilai tinggi jika tidak dikelola dengan baik. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem pertanian berkelanjutan dan rendah emisi, berbagai pendekatan inovatif dalam mengolah limbah peternakan telah dikembangkan. Salah satu teknologi yang mendapat perhatian luas adalah biokonversi limbah menggunakan larva lalat tentara hitam (*Black Soldier Fly/BSF*) (Maulana *et al.*, 2022).

Larva BSF (*Hermetia illucens*) memiliki kemampuan mendegradasi bahan organik secara cepat, mengubah limbah menjadi biomassa kaya protein serta residu padat (frass/kasgot) yang potensial sebagai pupuk

organik (Idris *et al.*, 2024). Frass BSF dari ekskreta ayam mengandung unsur hara makro penting seperti nitrogen (N), pospor (P), dan kalium (K), serta menunjukkan karakteristik kimia dan fisik yang menjanjikan sebagai alternatif pupuk organik komersial (Wang *et al.*, 2024). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa frass hasil biokonversi ekskreta ayam tidak hanya memenuhi standar mutu pupuk organik (Agustin *et al.*, 2023), tetapi juga memiliki kemampuan meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman secara kompetitif dibandingkan pupuk kompos komersial (Pratama *et al.*, 2022). Namun demikian, informasi ilmiah yang secara khusus membandingkan kandungan unsur hara makro frass BSF dari ekskreta ayam dengan pupuk kompos komersial masih relatif terbatas. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan data ilmiah mengenai kandungan unsur hara makro N, P, K dan total hara pada pupuk kotoran magot hasil biokonversi ekskreta ayam, serta

membandingkannya secara deskriptif dengan pupuk kompos komersial yang telah beredar di pasaran. Penelitian ini tidak menggunakan pendekatan rumus atau model statistik kompleks, namun tetap mengedepankan validitas data laboratorium yang kuat dan analisa deskriptif yang sesuai dengan kaidah ilmiah.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan dasar ilmiah mengenai potensi kasgot (frass maggot) sebagai alternatif pupuk organik ramah lingkungan dan ekonomis, serta mendorong pengelolaan limbah peternakan ayam yang berkelanjutan dan produktif.

MATERI DAN METODE

Bahan yang digunakan yaitu pupuk kotoran magot hasil biokonversi ekskreta ayam yang dihasilkan dari pemeliharaan larva *Hermetia illucens* (BSF) selama 14 hari dan pupuk kompos komersial. Alat yang digunakan pH meter digital (kalibrasi standar pH 4 dan 7), alat destilasi dan titrasi metode Kjeldahl, peralatan pengabuan basah (labu Kjeldahl, pembakar, hot plate), timbangan analitik, gelas ukur, pipet, buret, dan peralatan laboratorium lainnya.

Pengukuran pH dilakukan menggunakan metode elektrometrik dengan pH meter. Sampel pupuk ditimbang sebanyak 10 gram, lalu dilarutkan dalam 100 mL akuades dan dihomogenkan. Setelah pengendapan selama 30 menit, larutan diukur pH-nya menggunakan pH meter digital yang telah dikalibrasi (Sawińska *et al.*, 2024). Analisis Kadar Nitrogen (N) dianalisis menggunakan metode Kjeldahl. Prosedur terdiri atas tiga tahap.

Tahap pertama adalah digesti, dengan cara sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam tabung digestor bersama H_2SO_4 pekat dan katalis (campuran K_2SO_4 dan $CuSO_4$). Pemanasan dilakukan hingga larutan jernih. Tahap kedua adalah destilasi, setelah pendinginan, larutan ditambahkan NaOH 40%

dan dilakukan destilasi uap amonia ke dalam larutan asam borat. Tahap ketiga adalah titrasi, amonia yang tertangkap dititrasi menggunakan HCl 0.1 N. Hasil dihitung untuk memperoleh kadar nitrogen total (Wang *et al.*, 2024). Analisis Kadar Posfor (P) dianalisis dengan metode pengabuan basah. Sampel 1 g dikeringkan dan kemudian dikabukan pada suhu 500–550°C dalam tanur. Abu hasil pembakaran dilarutkan dalam HCl pekat dan diencerkan. Konsentrasi pospor diukur dengan spektrofotometer menggunakan reagen *molibdovanadat* (Agustin *et al.*, 2023). Analisis Kadar Kalium (K) dianalisis dari larutan hasil pengabuan basah seperti pada analisis pospor. Larutan diuji kandungan kalium menggunakan flame photometer atau AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) pada panjang gelombang yang sesuai. Nilai kalium diambil dari kurva kalibrasi standar (Diola *et al.*, 2024). Analisis Total Hara merujuk pada penjumlahan kandungan total tiga unsur hara makro utama yaitu Nitrogen (N), Pospor (P), dan Kalium (K) yang terkandung dalam suatu sampel pupuk. Metode ini bertujuan untuk mengetahui apakah pupuk tersebut memenuhi standar kualitas pupuk organik seperti yang tercantum dalam Permentan No. 1 Tahun 2019, yaitu kandungan minimal total NPK $\geq 2\%$ (berdasarkan berat kering). Nilai Total Hara (NPK) dihitung dengan rumus sederhana **Total Hara (%) = Kadar N (%) + Kadar P (%) + Kadar K (%)**. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan standar minimum pupuk organik.

Rancangan penelitian ini dilakukan menggunakan Independent Sample T-test dengan 2 perlakuan yaitu pupuk kotoran magot dari hasil biokonversi ekskreta ayam dan pupuk kompos komersial yang terdiri dari 5 ulangan sehingga diperoleh 10 kali unit percobaan. Independent sample T-test digunakan peneliti untuk mengkaji penggunaan pupuk organik yang berbeda terhadap uji kualitas unsur hara makro pupuk yang dihasilkan yaitu pH, kadar nitrogen, kadar posfor, kadar kalium dan total hara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan perlakuan pupuk kotoran magot hasil biokonversi ekskreta ayam dan pupuk kompos komersil. Karakteristik pupuk organik ditentukan oleh pengujian pH, unsur hara makro yaitu kadar nitrogen, posfor, kalium dan total hara. Parameter pengujian kualitas pupuk dapat menunjukkan perlakuan mana yang lebih efektif. Hasil pengujian unsur hara makro pupuk disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Unsur Hara Makro Pupuk

Variabel	Perlakuan	
	P1	P2
pH	5,00±0,70 ^{ns}	5,00±0,70 ^{ns}
Nitrogen (%)	2,20±0,07 ^s	3,15±0,01 ^s
Posfor (%)	1,20±0,07 ^s	0,22±0,01 ^s
Kalium (%)	1,00±0,09 ^s	2,65±0,01 ^s
Total Hara (%)	4,40±0,01 ^s	6,02±0,01 ^s

Keterangan: ^s Signifikan (berpengaruh nyata $P < 0.05$); ^{ns} nonsignifikan (tidak berpengaruh nyata $P > 0.05$); P1 (pupuk kotoran magot hasil biokonversi ekskreta ayam); P2 (Pupuk kompos komersil).

Variabel pH pada perlakuan P1 dan pada perlakuan P2 menunjukkan bahwa pH tidak memiliki pengaruh nyata antara kedua jenis pupuk. Pupuk maggot dan pupuk komersial memberikan tingkat keasaman atau kebasaaan tanah yang relatif sama. Kesamaan pada pH menunjukkan bahwa kedua jenis pupuk ini tidak menyebabkan perubahan drastis pada keasaman atau kebasaaan tanah, menjadikannya pilihan yang relatif aman dari segi stabilitas pH tanah. Ini penting karena pH tanah yang stabil mendukung ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Hasil Kesumaningwati *et al.* (2022) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik hasil konversi maggot BSF dapat meningkatkan pH tanah (dari 4,35 menjadi 5,94 pada tanah yang diamati), serta meningkatkan unsur hara lain seperti P_2O_5 , K_2O , dan C organik. Pengamatan pH tanah tidak berubah, kemungkinan dari

karakteristik tanah yang digunakan dalam perlakuan P1 dan P2 mungkin memiliki kapasitas buffer yang tinggi, artinya tanah tersebut memiliki kemampuan untuk menahan perubahan pH meskipun ada penambahan bahan-bahan yang bersifat asam atau basa. Tanah gambut yang disebutkan oleh CR Kareem *et al.* (2024) cenderung memiliki pH rendah dan mungkin lebih responsif terhadap perubahan.

Konsentrasi nitrogen pada P1 dan pada P2 adalah signifikan, hal tersebut mengindikasikan bahwa perbedaan konsentrasi nitrogen ini berpengaruh nyata. Pupuk komersil (P2) mengandung nitrogen yang secara statistik lebih tinggi dan lebih seragam dibandingkan dengan pupuk kotoran maggot (P1). Kesumaningwati, R., *et al.* (2022) menyatakan aplikasi pupuk maggot mempengaruhi N tanah m. eskipun demikian, terjadi penurunan nitrogen total di tanah dari 0,17% menjadi 0,02% setelah perlakuan, yang mungkin mengindikasikan serapan atau kehilangan, bukan kandungan nitrogen pada pupuknya. Namun, konsentrasi nitrogen yang diberikan oleh pupuk maggot sebagai pupuk secara umum lebih rendah dari pupuk kimia yang diformulasi spesifik untuk nitrogen.

Kandungan Pospor pada P1 menunjukkan bahwa perbedaan Pospor sangat nyata. Menariknya, pupuk kotoran maggot (P1) menunjukkan kandungan Pospor yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk komersil (P2). Perbedaan signifikan pada nitrogen, Pospor, dan kalm mencerminkan komposisi dan proses produksi yang berbeda dari kedua pupuk. Pupuk komersil, yang diformulasikan secara spesifik, cenderung memiliki kadar N dan K yang lebih tinggi dan konsisten. Hal ini mungkin karena pupuk komersil diproduksi untuk memenuhi standar nutrisi tertentu dan sering kali diperkaya dengan unsur-unsur ini dalam bentuk yang mudah diserap tanaman. Di sisi lain, pupuk kotoran maggot (P1) menunjukkan kandungan Pospor yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk komersil.

Hal ini bisa menjadi keuntungan besar, mengingat Pospor adalah unsur penting untuk perkembangan akar dan pembungaan. Kandungan Pospor yang tinggi dalam pupuk maggot dapat disebabkan oleh efisiensi maggot dalam mengurai bahan organik dan mengkonsentrasikan Pospor dari limbah ekskreta ayam. Keberadaan Pospor dalam bentuk organik pada pupuk maggot juga dapat meningkatkan ketersediaan jangka panjang di tanah melalui mineralisasi. Hasil pada pertumbuhan dan produksi tanaman sering kali berkorelasi dengan ketersediaan unsur hara, termasuk P, dari pupuk yang diberikan. Sesuai pendapat Dudi *et al.*, (2024) kadar P dalam pupuknya secara langsung, hasil pada pertumbuhan dan produksi sering kali berkorelasi dengan ketersediaan unsur hara, termasuk P, dari pupuk yang diberikan. Pupuk kasgot sebagai pupuk organik cenderung menyediakan P dalam bentuk yang lebih lambat lepas dan lebih tahan lama di tanah.

Kalium, P1 dan P2 menunjukkan bahwa perbedaan kalium juga signifikan. Pupuk komersil (P2) memiliki kandungan kalium yang jauh lebih tinggi dan lebih konsisten dibandingkan dengan pupuk kotoran maggot (P1). K pada P2 akan lebih tinggi dan spesifik sesuai pendapat Chen *et al.*, (2020) Secara umum, pupuk kimia (anorganik) dirancang untuk menyediakan unsur hara makro (termasuk K) dalam jumlah yang terukur, tinggi, dan cepat tersedia. Bertolak belakang dengan pupuk organik yang memiliki komposisi nutrisi yang lebih beragam dan pelepasan hara yang bertahap, dalam konsentrasi yang lebih rendah dan bervariasi tergantung sumbernya. Kalium pada pupuk organik akan lebih rendah dan tidak sekonstan pupuk anorganik, sesuai pendapat Wang *et al.*, (2022) pupuk organik memiliki variabilitas dalam kandungan hara dan ketersediaannya lebih bergantung pada proses dekomposisi biologis dibandingkan pupuk kimia yang instan dan terformulasi. Kandungan K (bersama dengan N dan P) sangat bervariasi tergantung pada bahan baku dan metode

pemrosesan pupuk sesuai pendapat Jiang *et al.*, (2021) variabilitas pada pupuk secara langsung akan berkontribusi pada standar deviasi yang lebih besar jika diukur berulang kali atau dari sumber yang berbeda.

Total hara pada P1 dan pada P2 menunjukkan bahwa total hara berbeda secara signifikan antara kedua perlakuan. Pupuk komersil (P2) secara keseluruhan mengandung total hara yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kotoran maggot (P1). Hasil ini menggarisbawahi karakteristik yang berbeda antara pupuk kotoran maggot (P1) dan pupuk komersil (P2) dalam menyediakan unsur hara esensial bagi tanaman. Meskipun total hara pupuk komersil (P2) lebih tinggi, penting untuk dicatat bahwa pupuk kotoran maggot (P1) tetap menyediakan nutrisi yang berarti. Keunggulan P1 pada pospor dapat menjadikannya pilihan yang menarik, terutama untuk tanaman yang membutuhkan asupan pospor tinggi atau dalam kondisi tanah di mana pospor seringkali menjadi faktor pembatas. Pupuk kimia (anorganik/komersial) dirancang untuk menyediakan konsentrasi tinggi dari unsur hara makro (N, P, K) dalam bentuk yang mudah tersedia dan terukur. Sesuai pernyataan Chen *et al.*, (2020) total hara yang terkandung dalam pupuk komersial per unit bobot akan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk organik yang mengandung sejumlah besar bahan organik dan hara dalam bentuk yang lebih kompleks. Pupuk P1 konsentrasi hara totalnya per unit volume/berat umumnya lebih rendah dari pupuk kimia sesuai pendapat Ma *et al.*, (2021) pupuk kimia (P2) merupakan sumber utama penyedia hara dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan tanaman secara cepat. Pupuk organik memiliki peran penting untuk kesehatan tanah dengan memberikan kebutuhan hara secara bertahap, memiliki kandungan hara yang lebih encer karena sifat bahan bakunya yang beragam dan kompleks sesuai pendapat Sujata *et al.*, (2020) pupuk kimia diproduksi untuk menyediakan hara dalam konsentrasi tinggi dan bentuk yang

dapat diserap langsung oleh tanaman, yang menghasilkan total hara yang lebih tinggi. Pentingnya kandungan total hara pada pupuk kotoran maggot (P1) sebesar 4.40% telah memenuhi persyaratan minimum total NPK lebih dari atau sama dengan 2% sebagaimana diatur dalam Permentan No.1 Tahun 2019. Hal ini menjadikannya pilihan pupuk organik yang layak meskipun kandungan total hara lebih rendah dibanding alternatif komersial.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, pupuk komersil (P2) unggul dalam konsistensi dan kuantitas nitrogen dan kalium, serta total hara. Namun, pupuk kotoran maggot (P1) menawarkan keunggulan yang jelas dalam hal kandungan posfor. Pemilihan antara kedua pupuk ini sebaiknya didasarkan pada kebutuhan spesifik tanaman dan kondisi tanah. Pupuk kotoran maggot berpotensi menjadi alternatif yang baik atau suplemen untuk pupuk komersil, khususnya jika tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan ketersediaan posfor dengan memanfaatkan limbah peternakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, H., Warid, W., & Musadik, I. M. (2023). Kandungan nutrisi kasgot larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) sebagai pupuk organik. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*.
- Chen, J., Hu, S., Deng, Y., and Wei, X. 2020. *Chemical fertilizers versus organic fertilizers: Impacts on crop yield, nutrient uptake, and soil properties. Science of the Total Environment*, 707, 135687
- Coulibaly, K., Sankara, F., Pousga, S., Nacoulma, P. J., Somé, M. B., & Nacro, H. (2020). *On station maggot production using poultry litter as substrate: Assessment on the quantity and the chemical quality of the litter before and after maggot production in Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(5), 1689–1697.
- Dudi, S., Indriani, N., dan Rosyida, V. 2024. Pengaruh Pupuk Kasgot dan Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*). *Jurnal Agrotek Ummat*, 11(1), 16-24.
- Diola, C. S., Nacilla, E. J., Pardillo, C. A., Alosbaños, R. S., Evacitas, F., & Maglangit, F. (2024). Waste reduction and bioconversion of quail, chicken, and pig manure by black soldier fly (*Hermetia illucens L.*). *Philippine Journal of Science*.
- Idris, M., Rismayani, D., Aulia, A., Nopiyanti, T., & Rahayu, R. (2024). *Biology of black soldier fly (Hermetia illucens) and utilization of its waste (maggot frass) for plant growth: A literature review. Jurnal Biologi Tropis*, 24(3).
- Jiang, Y., Chen, W., Liu, X., Liu, Y., and Li, M. 2021. *Variation in nutrient composition of different organic fertilizers and their effects on soil properties. Soil Science and Plant Nutrition*, 67(4), 488-497
- Karem, C. R., Zulfita, D., dan Rahmidiyani. 2024. Pengaruh Pupuk Kasgot dan KCl pada Pertumbuhan dan Hasil Lobak di Tanah Gambut. *Perkebunan dan Lahan Tropika*, 14(2), 95-102.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah*. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Kesumaningwati, R., Darma, S., dan Ramadhan, N. M. 2022. Aplikasi Pupuk Maggot Terhadap Sifat Kimia Tanah, Pertumbuhan, dan Hasil Tanaman Sawi Hibrida (*Brassica juncea L.*). *Jurnal Agoekoteknologi Tropika Lembab*, 2622, 3570.
- Ma, Y., Li, S., Zhao, Z., and Chen, Y. 2021. *Effects of chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer on crop*

- yield, nutrient uptake, and soil fertility: A meta-analysis. Journal of Cleaner Production*, 281, 124391
- Maulana, M, N, A, M., dkk. 2021. Pengaruh Substitusi Larva *Black Soldier Fly* (*Hermetica Illucens*) Pada Ransum Terhadap Performa Bebek Pedaging Hibrida. Vol, 28: Hal 145-154.
- Halimah, N., Maharani, N., Rejeki, D., Damascena, . C. R., & Nurhasanah, N. (2024). Optimalisasi Limbah Rumah Tangga Menjadi Pupuk Organik Dengan Mengedukasi Ibu Rumah Tangga Di Kecamatan Summersari Kabupaten Jember. *Jurnal Pengembangan Masyarakat Lokal*, 7(2), 251–255. <https://doi.org/10.58406/jpml.v7i2.1835>
- Pratama, I. B., Hapsari, U., Prasetyatama, Y. D., & Soetiarso, L. (2022). *The effect of fertilizer variations from organic waste on the growth of mustard plants (Brassica juncea L.) in integration farming system. Proceedings of the 2nd International Conference on Smart and Innovative Agriculture (ICoSIA 2021).*
- Raymondo Karem, C., Zulfitia, D., dan Rahmidiyani. (2024). Pengaruh Pupuk Kasgot dan KCl pada Pertumbuhan dan Hasil Lobak di Tanah Gambut. *Jurnal Agroteknologi* Vol.14 (2). DOI: <https://doi.org/10.26418/plt.v14i2.85520>
- Sawińska, Z., Radzikowska-Kujawska, J., & Marczak, Ł. (2024). *Hermetia illucens* frass fertilization—A novel approach for sustainable agriculture: Effects on pH and growth response. *Agriculture (Switzerland)*.
- Sujata, K., Sairam, K.V.S., & Rao, K.G.R. (2020). *Chemical and organic fertilizers for improving soil fertility and crop yield: A review. Journal of Plant Nutrition*, 43(15), 2261-2273.
- Wang, Z., Zhang, S., Liang, Y., and Yang, S. 2022. *Effects of different organic amendments on soil nitrogen dynamics and crop nitrogen uptake. Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185(1), 105-115.
- Wang, X., Ma, Y., Cao, Y., Wang, Q., Wu, N., & Xu, X. 2024. *Fertilizing effects of black soldier fly larval frass composts sourced from pig and chicken manure on soil microbial community and maize seedling growth. Journal of Soil Science and Plant Nutrition*.