



PENINGKATAN NILAI LIMBAH CANGKANG KERANG DENGAN LARVA BLACK SOLDIER FLY MENJADI PUPUK PADAT DI DESA SEGOROTAMBAK

Riwayat artikel:

Diterima: Maret 2026

Disetujui: April 2026

Tersedia secara daring: Mei 2026

*Penulis korespondensi

Surel:

maudymatovanni.ft@upnjatim.ac.id

Muflikhatus Safaah Annawawi¹, Maudy Pratiwi Novia Matovanni^{1*}, Muhammad Zainul Fata¹, Sandy Aulia Treeana¹

¹) Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “veteran” Jawa Timur, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60294.

Abstrak

Pengelolaan limbah organik menjadi produk bermanfaat merupakan langkah strategis dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di wilayah pesisir. Kegiatan ini bertujuan untuk mengembangkan pupuk organik padat berbasis limbah cangkang kerang, abu sekam padi, dan hasil dekomposisi larva Black Soldier Fly (BSF) di Desa Segorotambak, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Metode pelaksanaan meliputi sosialisasi, pelatihan pembuatan pupuk, serta uji efektivitas produk terhadap pertumbuhan tanaman cabai (*Capsicum annum*). Hasil uji X-Ray Fluorescence (XRF) menunjukkan kandungan utama pupuk ini adalah Kalsium (82,9%), Silika (4,8%), Kalium (3,2%), dan Fosfor (0,8%), dengan tambahan unsur Nitrogen dan Magnesium dari frass BSF. Uji aplikasi pada tanaman cabai selama 10 hari menunjukkan peningkatan signifikan pada jumlah daun, tinggi tanaman, dan kekuatan batang. Program ini tidak hanya berkontribusi dalam mengurangi limbah organik, tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan kesadaran masyarakat, serta membuka peluang ekonomi baru. Diperlukan penguatan kapasitas masyarakat, pembentukan kelompok kerja, serta dukungan lintas sektor agar program ini dapat berkelanjutan dan diadopsi lebih luas.

Kata kunci: cangkang kerang; pupuk padat; BSF; desa pesisir; desa Segorotambak

Abstract

The management of organic waste into value-added products is a strategic effort to support sustainable development in coastal areas. This community program aimed to develop solid organic fertilizer derived from shell waste, rice husk ash, and the decomposition product of Black Soldier Fly (BSF) larvae in Segorotambak Village, Sedati District, Sidoarjo Regency. The activity involved socialization, training on fertilizer production, and product effectiveness testing on chili plants (*Capsicum annum*). X-Ray Fluorescence (XRF) analysis revealed that the fertilizer predominantly contained Calcium (82.9%), Silica (4.8%), Potassium (3.2%), and Phosphorus (0.8%), with additional Nitrogen and Magnesium supplied by BSF frass. A 10-day application test on chili plants showed significant improvements in leaf quantity, plant height, and stem strength. This program effectively contributes to reducing organic waste, improving soil fertility, raising community awareness, and creating new economic opportunities. Strengthening community capacity, establishing working groups, and cross-sectoral partnerships are essential to ensure the sustainability and wider adoption of this program.

Keywords: shells waste; solid fertilizer; BSF; coastal village; Segorotambak

1. PENDAHULUAN

Permasalahan limbah di wilayah pesisir Indonesia, termasuk Desa Segorotambak, Kabupaten Sidoarjo, terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan jumlah penduduk dan intensifikasi aktivitas industri. Salah satu limbah yang dominan dihasilkan adalah cangkang kerang, yang selama ini sebagian besar hanya dibuang begitu saja sehingga menumpuk dan berpotensi mencemari lingkungan. Padahal, limbah cangkang kerang diketahui mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan perbaikan kualitas tanah (Zulkifle, 2013). Upaya pemanfaatan limbah ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular, di mana limbah tidak lagi dipandang sebagai residu semata, melainkan sebagai sumber daya alternatif yang bernilai tambah. Oleh sebab itu, inovasi dalam pengolahan limbah cangkang kerang menjadi produk yang bermanfaat, seperti pupuk organik padat, menjadi langkah yang strategis untuk menjawab permasalahan tersebut.

Selain limbah cangkang kerang, abu sekam padi juga merupakan limbah pertanian yang berlimpah di Indonesia dan selama ini belum dioptimalkan pemanfaatannya. Abu sekam padi memiliki kandungan silika (SiO_2) yang cukup tinggi, di mana senyawa ini terbukti mampu meningkatkan kekuatan struktur sel tanaman, sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit (Bahtiar, 2021; Trivana, 2015). Di sisi lain, abu sekam padi juga berfungsi sebagai amelioran tanah karena kemampuannya dalam membantu menetralkan tingkat keasaman tanah (Harahap, 2024). Oleh karena itu, abu sekam padi berpotensi besar untuk dijadikan salah satu bahan utama dalam formulasi pupuk organik padat yang ramah lingkungan.

Di sisi lain, inovasi pengelolaan limbah organik melalui budidaya larva *Hermetia illucens*, atau yang lebih dikenal sebagai Black Soldier Fly (BSF), telah banyak dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Larva BSF memiliki kemampuan mendegradasi limbah organik dengan cepat dan efisien, sehingga dapat mempercepat proses dekomposisi limbah (Diener et al., 2009; Lamin, 2024).

Produk sisa dari proses dekomposisi berupa frass mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang esensial untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, frass juga mengandung mikroorganisme yang berperan dalam meningkatkan kualitas dan kesehatan tanah (Basri, 2022; Anedo, 2025). Dengan demikian, pemanfaatan frass larva BSF sebagai bahan baku pupuk organik padat tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan limbah, tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa keterlibatan aktif masyarakat dalam pengelolaan limbah dapat meningkatkan kesadaran lingkungan sekaligus membangun kemandirian komunitas. Program pemanfaatan limbah rumah tangga yang diterapkan di Kabupaten Bantul terbukti mampu menekan jumlah timbulan sampah secara signifikan, sekaligus berkontribusi dalam mendukung program daerah “Bantul Bebas Sampah 2025” (Irwan et al., 2018; Marlin et al., 2020). Penerapan inovasi berbasis masyarakat seperti ini tidak hanya efektif dalam pengelolaan limbah, tetapi juga berpotensi mendukung ketahanan pangan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat di wilayah tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi sederhana dan aplikatif dalam pengolahan limbah organik menjadi pupuk yang dapat diterapkan di tingkat rumah tangga maupun komunitas pesisir.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan pupuk organik padat berbahan dasar limbah cangkang kerang, abu sekam padi, dan frass larva BSF. Produk pupuk yang dihasilkan diharapkan mampu meningkatkan kualitas struktur tanah, memperbaiki kesuburan tanah, serta mendukung praktik pertanian berkelanjutan di wilayah pesisir. Selain memberikan manfaat agronomis, inovasi ini diharapkan dapat menjadi solusi nyata dalam pengelolaan limbah terpadu berbasis masyarakat, sehingga turut berkontribusi dalam peningkatan produktivitas pertanian sekaligus mendukung pembangunan lingkungan yang berkelanjutan.

2. METODE KEGIATAN

2.1. Lokasi dan Partisipan Kegiatan

Kegiatan Bina Desa dilaksanakan di Desa Segorotambak, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo dengan peserta yang mengikuti Bina Desa ini sebanyak 6 orang. Peserta yang hadir dalam kegiatan Bina Desa adalah dosen teknik kimia dan mahasiswa sebagai pemateri, serta anggota kelompok ibu PKK desa Segorotambak sebagai partisipan.

2.2. Bahan dan Alat

Pembuatan pupuk padat menggunakan bahan cangkang kerang 1 kg, limbah organik berupa sisa buah-buahan dan sayur 3 kg, abu sekam padi 400 gram, EM4 150 ml, gula merah 150 ml, dan larva maggot BSF. Alat yang digunakan pada pembuatan pupuk padat adalah palu, grinder stainless (alat penghancur), bak, jaring, takaran, botol spray, plastik, dan timbangan.

2.3. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan yang dilakukan menggunakan metode sosialisasi dan pelatihan, serta dilakukan sesi diskusi dan evaluasi mengenai kegiatan pelatihan yang telah dilaksanakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

2.3.1. Koordinasi dan Survei Lokasi

Koordinasi awal dengan perangkat desa dan ketua PKK terkait dengan tujuan kegiatan Bina Desa. Koordinasi bertujuan untuk mendiskusikan langsung terkait permasalahan yang dihadapi oleh desa Segorotambak, serta mendiskusikan tentang pelaksanaan sosialisasi dan pelatihan. Selanjutnya dilakukan survei lapangan untuk mengidentifikasi limbah cangkang kerang (dari nelayan/pasar), limbah organik rumah tangga, dan ketersediaan abu sekam padi dari penggilingan padi setempat.

2.3.2. Pembuatan Pupuk Padat

Proses pembuatan pupuk organik padat berbahan dasar limbah cangkang kerang, abu sekam padi, dan limbah organik melalui bantuan larva *Hermetia illucens* (BSF) dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis. Tahap awal dimulai dengan pencucian cangkang kerang menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kadar airnya berkurang secara signifikan. Selanjutnya, cangkang kerang yang telah kering ditumbuk secara kasar menggunakan palu, lalu dihaluskan

menggunakan grinder berbahan stainless steel hingga diperoleh partikel halus yang siap dicampurkan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Koordinasi dan survey lokasi (a), Pembuatan pupuk (b), dan Pelaksanaan pelatihan (c)

Limbah organik, cangkang kerang yang telah dihaluskan, dan abu sekam padi kemudian dicampurkan secara homogen di dalam sebuah wadah atau bak. Setelah campuran tercampur merata, larva BSF dimasukkan ke dalam bak tersebut, lalu permukaan bak ditutup menggunakan jaring untuk mencegah gangguan serangga lain serta menjaga sirkulasi udara.

Proses dekomposisi berlangsung selama tujuh hari, di mana larva BSF berperan aktif dalam mempercepat penguraian bahan organik. Setelah periode tersebut, larva BSF dipisahkan dari pupuk hasil dekomposisi. Pupuk yang telah terbentuk kemudian disemprotkan dengan larutan EM4 yang telah diaktivasi menggunakan campuran gula merah dan air guna meningkatkan aktivitas mikroba selama proses fermentasi. Wadah selanjutnya ditutup rapat menggunakan plastik yang telah dilubangi di beberapa bagian untuk memastikan gas hasil fermentasi dapat keluar dengan baik, dan dibiarkan selama lima hari untuk proses fermentasi lanjutan. Setelah fermentasi selesai, pupuk dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kadar air mencapai tingkat yang sesuai untuk penyimpanan. Pupuk yang telah kering kemudian dikemas dan siap digunakan sebagai pupuk organik padat yang dapat diaplikasikan pada berbagai jenis tanaman.

2.3.3 Sosialisasi dan Pelatihan

Sosialisasi awal dilakukan dengan memberikan materi pengenalan tentang pupuk organik, manfaatnya untuk lingkungan, serta penjelasan mengenai peran larva BSF dalam

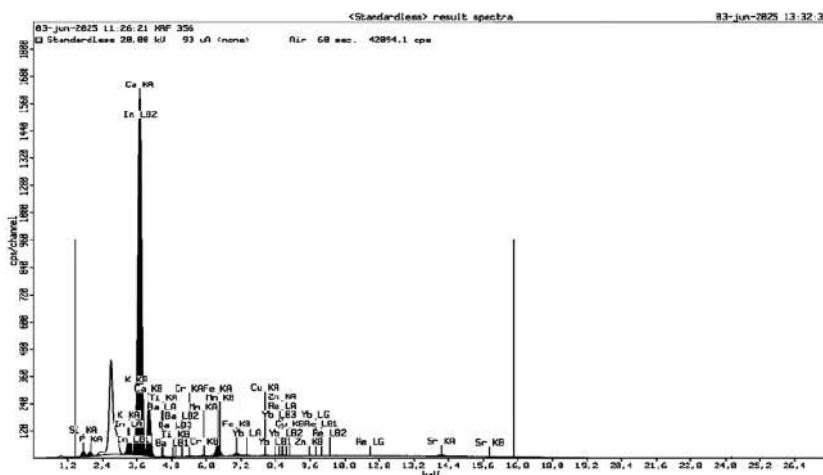
menguraikan limbah dan menghasilkan kasgot (hasil proses dekomposisi). Sosialisasi ini juga menampilkan contoh pupuk padat berbahan dasar limbah, lengkap dengan kemasan,

komposisi, dan hasil aplikasi di tanaman. Kemudian kegiatan dilanjutkan dengan pelatihan berupa demonstrasi secara langsung mengenai pembuatan pupuk yang bertujuan untuk lebih memperjelas prosedur pembuatan dan pengaplikasian pupuk padat pada tanaman. Kegiatan sosialisasi dan pelatihan dilakukan di balai desa Segorotambak.

3. PEMBAHASAN DAN MANFAAT

3.1. Karakterisasi dan Uji Efektivitas Pupuk

Pupuk organik padat berbasis silika yang dikembangkan dari kombinasi limbah cangkang kerang, abu sekam padi, serta hasil dekomposisi oleh larva *Black Soldier Fly* (BSF) menunjukkan potensi signifikan sebagai pupuk ramah lingkungan dengan kandungan nutrisi yang bermanfaat bagi tanaman. Berdasarkan analisis menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF), diketahui bahwa komponen utama dalam pupuk ini adalah unsur Kalsium (Ca) dengan kadar mencapai 82,9%, yang bersumber dari cangkang kerang sebagai limbah kaya kalsium karbonat (CaCO_3). Kandungan CaCO_3 dalam bahan ini berperan dalam menetralkan keasaman tanah dan meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman (Harahap, 2024).



Gambar 2. Spektrum Hasil Uji XRF Pupuk Padat Berbahan Limbah Cangkang Kerang

Selain kalsium, unsur Silika (Si) juga terdeteksi sebesar 4,8%, yang berasal dari abu sekam padi. Abu sekam padi diketahui memiliki kandungan silika (SiO₂) yang tinggi, berkisar antara 86,90% hingga 97,30%, sehingga efektif dalam memperkuat jaringan tanaman dan meningkatkan ketahanannya terhadap kerusakan mekanis (Trivana, 2015; Suartini et al., 2018). Lebih lanjut, unsur hara makro lain yang ditemukan dalam pupuk ini adalah Kalium (K) sebesar 3,2% dan Fosfor (P) sebesar 0,80%, di mana kedua unsur ini berperan penting dalam merangsang pertumbuhan sistem perakaran serta meningkatkan kemampuan tanaman dalam beradaptasi terhadap kondisi cekaman lingkungan (Triadiawarman, 2022). Di samping itu, kandungan Nitrogen (N) dan Magnesium (Mg) dalam pupuk ini berasal dari frass BSF, yaitu hasil dekomposisi limbah organik oleh aktivitas larva. Proses penguraian oleh larva BSF terbukti mampu menghasilkan produk akhir berupa biomassa yang kaya akan nutrisi esensial bagi tanaman (Jiang et al., 2019). Temuan ini menguatkan potensi penggunaan pupuk organik padat berbahan dasar limbah sebagai solusi inovatif dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

Tabel 1. Kandungan Unsur Hasil Uji XRF Pupuk Padat

Unsur	Kandungan (%)
Ca	82,9
Si	4,8
K	3,2
P	0,80
Fe	2,77
Sr	1,4
Mg, N	Cukup (dari frass BSF)

Uji efektivitas pupuk dilakukan terhadap tanaman cabai (*Capsicum annum*) selama periode 10 hari. Pengamatan dilakukan pada hari pertama dan hari kesepuluh untuk melihat perubahan morfologis tanaman.

Pada hari pertama (Gambar 3), tampak bahwa tanaman berada pada fase perkecambahan. Sebanyak 4 hingga 5 bibit mulai muncul dengan daun berwarna hijau muda dan batang yang masih tipis dan lembek. Pada tahap ini, penyerapan nutrisi belum optimal karena sifat pupuk yang pelepasannya lambat. Setelah sepuluh hari (Gambar 4), terlihat peningkatan pertumbuhan yang cukup signifikan. Jumlah daun meningkat menjadi 6–8

helai, batang tumbuh tegak dan tinggi mencapai ±10 cm, serta warna daun berubah menjadi hijau tua yang menandakan aktivitas fotosintesis berlangsung optimal. Kandungan hara makro seperti N, P, dan K mendorong pembentukan daun dan akar, sedangkan kalsium dan silika memperkuat struktur jaringan tanaman (Ambarsari et al., 2016).

Tabel 2. Perkembangan Morfologi Tanaman Cabai (*Capsicum annum*)

Parameter	Hari ke-1	Hari ke-10
Jumlah daun	2-3	6-8
Warna daun	Hijau muda	Hijau tua
Tinggi tanaman	± 2-3 cm	± 8-10 cm
Batang	Tipis, lembek	Tegak, kokoh
Akar	Sedikit tumbuh	Berkembang baik



Gambar 3. Pertumbuhan awal tanaman cabai pada hari ke-1 dengan daun masih muda dan batang belum kokoh

Hasil ini menunjukkan bahwa pupuk padat hasil kombinasi bahan organik mampu memberikan kontribusi positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman dalam waktu relatif singkat. Kandungan nutrisi esensial dan mikro pada pupuk ini mendukung pertumbuhan yang sehat dan kuat. Dengan

mempertimbangkan kandungan unsur hara dan efektivitas aplikasi lapangan, formulasi pupuk ini juga menawarkan solusi pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Integrasi limbah pertanian dan sisa organik menjadi pupuk siap pakai tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga membantu mengurangi beban pencemaran lingkungan. Ke depannya, pengembangan lebih lanjut terhadap skala produksi, stabilitas nutrisi, dan efisiensi penyerapan tanaman sangat penting dilakukan guna mendukung implementasi pupuk organik ini secara luas di kalangan petani maupun pekebun urban.



Gambar 4. Tanaman cabai pada hari ke-10 menunjukkan pertumbuhan daun dan batang yang lebih optimal

3.2. Dampak dan Keberlanjutan Program

Pemanfaatan limbah cangkang kerang menjadi pupuk padat dengan bantuan larva *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan inovasi yang tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan limbah organik, tetapi juga memberikan dampak positif dari aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi masyarakat pesisir seperti Desa Segorotambak, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Pengelolaan limbah ini terbukti mampu menekan pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah cangkang kerang yang dapat menyebabkan bau tidak sedap dan penyakit, sekaligus meningkatkan kesuburan tanah melalui produk pupuk organik yang kaya kalsium, silika, dan unsur hara lainnya. Larva BSF berperan aktif

dalam mempercepat proses dekomposisi limbah, sehingga sistem ini mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pertanian berkelanjutan.

Dari sisi sosial, kegiatan ini meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan limbah organik dan mendorong partisipasi aktif melalui pelatihan dan kegiatan edukasi lingkungan. Keterlibatan masyarakat, termasuk generasi muda, berperan penting dalam membangun budaya peduli lingkungan sekaligus memperkuat nilai gotong royong. Secara ekonomi, pembuatan pupuk ini membuka peluang usaha baru, baik dari penjualan pupuk organik maupun larva BSF sebagai pakan ternak bernilai tinggi.

Agar program ini berkelanjutan, perlu dilakukan peningkatan kapasitas masyarakat melalui pelatihan budidaya BSF dan pengolahan limbah, pembentukan kelompok kerja atau unit usaha berbasis lingkungan, serta kemitraan dengan pemerintah, perguruan tinggi, dan sektor swasta. Pengembangan model bisnis sederhana, optimalisasi pemanfaatan limbah secara terpadu, dan pemasaran produk, termasuk melalui media digital, juga menjadi strategi penting. Monitoring dan evaluasi berkala harus dilakukan untuk memastikan efektivitas program dan mendorong partisipasi masyarakat secara konsisten. Dengan demikian, inovasi ini berpotensi besar menjadi solusi pengelolaan limbah terpadu sekaligus peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengembangan pupuk padat berbasis limbah cangkang kerang, abu sekam padi, dan hasil dekomposisi larva Black Soldier Fly (BSF) di Desa Segorotambak terbukti memberikan manfaat nyata baik dari aspek lingkungan, sosial, maupun ekonomi. Hasil karakterisasi pupuk menunjukkan kandungan unsur hara yang signifikan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Uji aplikasi pada tanaman cabai memperlihatkan pertumbuhan vegetatif yang optimal dalam waktu relatif singkat. Program ini berhasil menjawab tujuan kegiatan, yaitu memanfaatkan limbah organik menjadi produk pupuk bernilai guna tinggi sekaligus meningkatkan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan limbah. Untuk keberlanjutan program, disarankan adanya peningkatan kapasitas masyarakat melalui pelatihan lanjutan,

pembentukan kelompok kerja berbasis lingkungan, serta penguatan kemitraan dengan pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan pihak swasta. Selain itu, diperlukan pengembangan model usaha sederhana dan strategi pemasaran produk agar manfaat ekonomi dan lingkungan dari kegiatan ini dapat dirasakan secara luas dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur atas dukungan fasilitas dan pendampingan selama kegiatan ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pemerintah Desa Segorotambak, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo atas kerjasama dan partisipasinya. Kegiatan ini terlaksana atas dukungan dana Program Bina Desa Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Tahun 2025. Penghargaan diberikan kepada seluruh pihak yang telah membantu, baik dalam proses persiapan, pelaksanaan, hingga evaluasi program ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari H, Udayani JE, Akhadi DH. 2016. Pengaruh penambahan inokulum *Azotobacter* sp. terhadap pertumbuhan tanaman *Sorghum bicolor* untuk aplikasi fitoremediasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 17(1): 1–6. <https://doi.org/10.29122/jtl.v17i1.1458>
- Anedo EO, Beesigamukama D, Mochoge B, Korir NK, Haukeland S, Cheseto X, Nyongesa M, Pwaipwai P, Subramanian S, Tenkouano A, Kibaara B, Tanga CM. 2025. Unpacking The Benefits of Black Soldier Fly Frass Fertilizer Towards Nematode Suppression and Potato Production. *Frontiers in Plant Science*. 16:1509643. doi:10.3389/fpls.2025.1509643
- Bahtiar J, Kharisun, Woro SS. 2021. Pengaruh Ragam Sumber Silika Terhadap Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman Padi Terinfeksi *Rhizoctonia Solani*. *Jurnal Pertanian Terpadu*. 9(1):26–39. doi:10.36084/jpt.v9i1.297
- Basri NEA, Azman NA, Ahmad IK, Suja F, Jalil NAA, Amrul NF. 2022. Potential Applications of Frass Derived from Black Soldier Fly Larvae Treatment of Food Waste: A Review. *Foods*. 11:2664. doi:10.3390/foods11172664
- Diener S, Zurbrugg C, Tockner K. 2009. Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae—Establishing Optimal Feeding Rates. *Waste Management & Research*. 27(6):603–610.
- Harahap S. 2024. Pemanfaatan Cangkang Kerang Sebagai Sumber Kalsium pada Pupuk Organik. *Jurnal Pertanian Pesisir*. 5(1):30–37.
- Irwan SNR, Rogomulyo R, Trisnowati S. 2018. Pemanfaatan Pekarangan Melalui Pengembangan Lanskap Produktif di Desa Mangunan, Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 23(2): 148–157. <https://doi:10.18343/jipi.23.2.148>.
- Jiang CL, Jin WZ, Tao XH, Zhang Q, Zhu J, Feng SY, Xu XH, Li HY, Wang ZH, Zhang ZJ. 2019. Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) strengthen the metabolic function of food waste biodegradation by gut microbiome. *Journal of Microbial and Biotechnology*. 12(3): 528–543. <https://doi:10.1111/1751-7915.13393>.
- Lamin S, Juswardi, Tanzerina N, Hanum L, Muharni, Rosmania. 2024. Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik dari Sampah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Lalat Tentara Hitam *Hermetia Illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Jurnal Altifani*. 4(1):97–105. doi:10.59395/altifani.v4i1.525
- Marlin M, Sitorus A, Solihin M, Romeida A, Herawati R. 2020. Pemberdayaan Masyarakat Pesantren Ar-Rahmah, Rejang Lebong dalam Memanfaatkan Lahan Pekarangan dengan Budi Daya Bawang Merah. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. 6(1):53–61. <https://doi:10.29244/agrokreatif.6.1.53-61>.

- Suartini K, Abram PH, Jura MR. 2018. Pembuatan pupuk organik cair dari limbah jeroan ikan cakalang (Katsuwonus pelamis). *Jurnal Akademika Kimia*. 7(2): 70–74.
- Triadiawarman D, Aryanto D, Krisbiyantoro J. 2022. Peran unsur hara makro terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah (*Allium cepa* L.). *Jurnal Agrifor*. 21(1): 27–32.
- Trivana L, Sugiarti S, Rohaeti E. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dari Sekam Padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 7(2):66–75.
- Zulkifle AHB. 2013. Decomposition of Calcium Carbonate in Cockle Shell. Universiti Malaysia Pahang: Faculty of Chemical & Natural Resources Engineering.