

Peningkatan Pengetahuan Nilai Tambah Limbah Cangkang Pupa *Black Soldier Fly* Bagi Pembudidaya Maggot

Banun Kusumawardani^{1*}, Yani Corvianindya Rahayu¹, Rudy Joelianto¹, Tri Handoyo²,
Parawita Dewanti², Wachju Subchan³

¹Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember

²Fakultas Pertanian, Universitas Jember

³Fakultas Ilmu Pendidikan dan Keguruan, Universitas Jember

Corresponding email: banun_k.fkg@unej.ac.id

Abstrak

Proses penguraian sampah organik dengan biokonverter *Black Soldier Fly* (BSF) dilakukan pada tahap larva, sehingga saat BSF menjadi lalat dewasa, bertelur dan mati akan meninggalkan limbah media bekas maggot, cangkang pupa dan bangkai lalat. Limbah media bekas maggot digunakan untuk bahan kompos, sedangkan limbah cangkang pupa dan bangkai lalat belum dimanfaatkan. Timbunan limbah cangkang pupa dan bangkai lalat setelah siklus hidup BSF dikhawatirkan bisa menimbulkan pencemaran udara dan lingkungan jika dibiarkan menumpuk di halaman rumah. Berdasarkan analisis situasi tersebut, tim ProbangDebi UNEJ bersama Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah merancang kegiatan yang bertujuan untuk memberikan edukasi tentang teknologi pengolahan limbah cangkang pupa agar memiliki nilai ekonomi. Metode pelaksanaan kegiatan adalah edukasi potensi limbah cangkang pupa BSF dan pelatihan teknologi pengolahan limbah cangkang pupa BSF. Data pre-test dan post-test menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pengetahuan pembudidaya maggot di Desa Jenggawah tentang pemanfaatan limbah cangkang pupa BSF menjadi produk yang memiliki nilai tambah. Pengolahan limbah cangkang pupa BSF dapat ditingkatkan kapasitasnya menjadi skala yang lebih besar lagi seiring dengan peningkatan kebutuhan pasar dalam pemanfaatan kitin dan kitosan. Selanjutnya, dibutuhkan pelatihan pemasaran melalui platform e-commerce dan koordinasi lintas sektoral untuk memberikan dukungan atas upaya pengolahan limbah menjadi produk yang bermanfaat bagi kesejahteraan dan perekonomian masyarakat.

Kata kunci— *Black Soldier Fly*, Budidaya Maggot, Cangkang Pupa, Kitin, Kitosan

Abstract

The process of decomposing organic waste using the *Black Soldier Fly* (BSF) bioconverter is carried out at the larval stage. BSF becomes adult flies, lay eggs and die, which will leave maggot cultivation media, pupa shells and fly carcasses. Maggot cultivation media is used as compost material, while pupa shells and fly carcasses have not been utilized. Piles of pupa shells and fly carcasses can cause air and environmental pollution. The ProbangDebi UNEJ team and the Dermaku Jenggawah Ecoliteracy Waste Bank designed activities aimed at providing education on pupa shell processing so that it has economic value. The implementation method is education and training on BSF pupa shell processing technology. Pre-test and post-test data show that there has been an increase in the knowledge of maggot cultivators in Jenggawah Village regarding the use of BSF pupa shells into products that have added value. BSF pupa shell processing capacity can be increased to a larger scale in line with increasing market demand for the use of chitin and chitosan. Furthermore, marketing training through e-commerce platforms and cross-sectoral coordination is needed to provide support for efforts to process waste into products that are beneficial for the welfare and economy of the community.

Keywords— *Black Soldier Fly*, Chitin, Chitosan, Maggot Cultivation, Pupa Shell

1. PENDAHULUAN

Sampah organik didominasi oleh sampah makanan, limbah perikanan, limbah peternakan, dan limbah pertanian. Selama ini, proses daur ulang sampah organik menggunakan metode komposter. Namun, metode komposter membutuhkan waktu pengkomposan sekitar satu bulan, sehingga

sampah-sampah akan tertimbun lama dalam tong komposter dan sering kali menimbulkan bau tidak sedap di sekitar tong komposter tersebut. Selain itu, faktor waktu pengkomposan yang lama dan timbunan sampah organik yang tinggi, maka dibutuhkan lahan yang luas untuk aplikasi tong komposter tersebut.

Keberadaan sampah yang tidak tertangani dapat menimbulkan masalah terhadap kesehatan dan

lingkungan. Sampah organik dapat menjadi sumber penyebab berbagai penyakit, sumber pencemar air tanah dari limbah cairan lindi, sumber pencemar udara yang menimbulkan bau busuk, dan sumber penyebab pemanasan global dari gas metan yang dihasilkan pembusukan sampah. Pengelolaan sampah dengan biokonversi maggot atau larva *Black Soldier Fly* (BSF) dapat menjadi solusi untuk permasalahan penanganan dan pengelolaan timbunan sampah organik (Zahra et al., 2023).

Sampah organik menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari lingkungan Desa Jenggawah, Kecamatan Jenggawah, Kabupaten Jember. Pertambahan penduduk dan meningkatnya aktivitas masyarakat serta perubahan pola konsumsi masyarakat menjadi penyebab bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Desa Jenggawah dihuni oleh 4.440 Kepala Keluarga dengan total penduduk berjumlah 16.106 orang yang tersebar pada tujuh dusun, yaitu Dusun Krajan, Dusun Langsepan, Dusun Gayasan A, Dusun Gayasan B, Dusun Jatirejo, Dusun Curah Buntu dan Dusun Babatan. Sampah rumah tangga baik organik dan non organik yang dihasilkan rata-rata sekitar 0,38 kg/orang/hari. Jika satu rumah tangga terdiri dari empat orang maka berat sampahnya mencapai 1,52 kg/rumah/hari, suatu jumlah sampah yang sangat besar. Untuk itu, diperlukan penanganan dan pengelolaan sampah yang serius, menyeluruh dan terpadu mulai dari lingkup rumah tangga dan masyarakat, sebagai salah satu upaya dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan, menciptakan kebersihan lingkungan dan meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

Sejak tahun 2022, tim Program Pengabdian Berbasis Pengembangan Desa Binaan (ProbangDebi) UNEJ secara komprehensif telah melakukan kegiatan pengabdian di Desa Jenggawah yang berjarak sekitar 20 kilometer dari kampus Universitas Jember dengan memberi pelatihan teknologi pemeliharaan maggot BSF untuk mereduksi sampah organik rumah tangga, sehingga masyarakat Desa Jenggawah mampu mengelola sampah rumah tangga secara mandiri. Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah sebagai kelompok pembudidaya maggot di Desa Jenggawah, Kecamatan Jenggawah, Kabupaten Jember telah melakukan daur ulang sampah organik dengan memanfaatkan maggot BSF untuk mengurai sampah organik dari rumah tangga dan pasar di Desa Jenggawah. Kehadiran maggot dalam sistem pengelolaan sampah organik sangat berguna karena maggot memiliki kemampuan handal dalam meresidu sampah organik. Proses pengolahan sampah organik dengan maggot sangat menguntungkan karena selain menyelesaikan masalah timbunan sampah juga menghasilkan produk bernilai tambah diantaranya berupa pakan ikan, pakan ternak, dan pupuk organik.

BSF memiliki siklus hidup berawal dari tahap telur, larva, prepupa, pupa, dan lalat dewasa. Proses penguraian sampah dilakukan pada tahap larva, sehingga saat BSF menjadi lalat dewasa dan mati akan meninggalkan limbah media bekas maggot (kasgot), cangkang pupa dan bangkai lalat. Selama ini, Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah telah menggunakan limbah media bekas maggot (kasgot) untuk bahan kompos, sedangkan limbah cangkang pupa dan bangkai lalat belum dimanfaatkan. Kondisi ini menimbulkan permasalahan baru, yaitu masyarakat Desa Jenggawah khawatir timbunan limbah cangkang pupa setelah siklus hidup BSF akan menimbulkan pencemaran udara dan lingkungan jika dibiarkan menumpuk di halaman rumah.

Berdasarkan analisis situasi tersebut, tim ProbangDebi UNEJ bersama dengan Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah menentukan langkah awal untukantisipasi permasalahan tersebut dengan memberikan edukasi tentang teknologi pengolahan limbah cangkang pupa agar memiliki nilai ekonomi. Saat ini, telah berkembang teknologi pengolahan limbah cangkang pupa dengan cara dikeringkan dan dihaluskan, yang selanjutnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber biopolimer kitin dan kitosan yang berguna dalam aplikasi bioteknologi, farmasi dan biomedis (Triunfo et al., 2022). Upaya ini secara berkelanjutan tidak hanya mampu menanggulangi masalah sampah tetapi juga meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan bagi masyarakat Desa Jenggawah. Oleh karena itu, kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan nilai tambah limbah cangkang pupa BSF pada proses daur ulang sampah organik dengan memanfaatkannya sebagai sumber material kitin dan kitosan.

2. METODE

Metode pelaksanaan kegiatan peningkatan pengetahuan tentang nilai tambah limbah cangkang pupa BSF pada para pembudidaya maggot yang bergabung dalam Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah diuraikan seperti di bawah ini.

Edukasi Potensi Limbah Cangkang Pupa BSF

Kegiatan edukasi bertujuan untuk memberikan pengetahuan anggota Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah dalam pemanfaatan limbah cangkang pupa BSF. Kegiatan ini dilakukan secara tatap muka 2x100 menit dalam bentuk ceramah dan diskusi dengan materi pemanfaatan sampah untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Materi edukasi diberikan oleh tim ProbangDebi UNEJ.

Pelatihan Teknologi Pengolahan Limbah Cangkang Pupa BSF

Pelatihan dilaksanakan secara tatap muka 3x100 menit dengan metode ceramah, diskusi dan praktik. Pelatihan diberikan oleh tim ProbangDebi UNEJ. Materi pelatihan terdiri dari pengolahan limbah cangkang pupa BSF. Tahap pengolahan limbah cangkang pupa BSF sebagai berikut (Triunfo et al., 2022):

- Limbah cangkang pupa diambil setelah lalat dewasa muncul dalam kandang imago BSF;
- Cangkang pupa BSF dibersihkan dan dicuci dengan air bersih, direbus dengan air mendidih 100°C selama 15 menit dan dikeringkan selama 24 jam dalam oven pada suhu 60°C;
- Cangkang pupa BSF yang sudah kering, kemudian digiling menjadi serbuk dengan mesin penggiling;
- Berikutnya, dilakukan pengemasan dan pelabelan untuk dipasarkan sebagai produk serbuk cangkang pupa BSF.

Tabel 1. Kuesioner *pre-test* dan *post-test*

| No. | Pertanyaan | Jawaban |
|-----|---|---------|
| 1 | Sampah dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis seperti organik, anorganik dan sampah berbahaya | Benar |
| 2 | Sampah rumah tangga perlu dikelola setiap hari dengan cara dipilah berdasarkan jenisnya | Benar |
| 3 | Sampah memiliki dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan jika dibiarkan menumpuk | Benar |
| 4 | Pemilahan sampah harus dilakukan di rumah sebelum dibuang ke tempat sampah | Benar |
| 5 | Pemanfaatan kembali sampah dapat mengurangi pencemaran lingkungan | Benar |
| 6 | Budidaya maggot BSF dapat dilakukan dengan mudah dengan lahan yang terbatas | Benar |
| 7 | Maggot BSF memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi sehingga dapat menjadi alternatif sebagai sumber pendapatan masyarakat | Benar |
| 8 | Limbah budidaya maggot BSF memiliki nilai ekonomis tinggi | Benar |
| 9 | Limbah budidaya maggot BSF terdiri dari cangkang pupa dan bangkai lalat | Benar |
| 10 | Limbah budidaya maggot BSF dapat diolah menjadi bahan yang bermanfaat untuk kesehatan manusia | Benar |

Partisipasi Mitra

Dalam pelaksanaan kegiatan, Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah bersedia

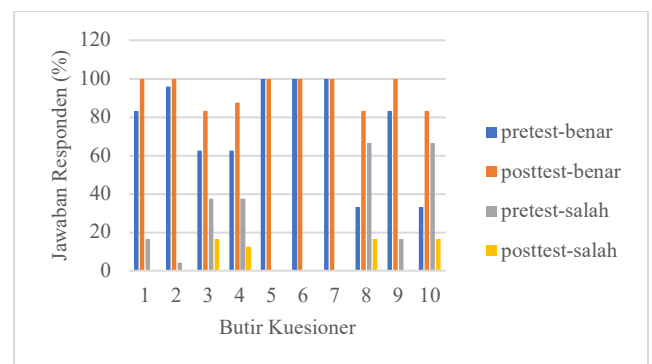
menyediakan ruangan untuk edukasi dan pelatihan, tenaga pendamping, peralatan praktik dan limbah cangkang pupa BSF. Setiap paket edukasi dan pelatihan dapat diikuti juga oleh perwakilan ibu rumah tangga dan pemuda dari setiap dusun berjumlah empat orang.

Rancangan Evaluasi dan Keberlanjutan Program

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui dampak positif pelaksanaan program terhadap pemecahan permasalahan mitra (Tabel 1). Prosedur evaluasi meliputi (1) data *pre-test* dan *post-test* pengetahuan tentang pemanfaatan limbah cangkang pupa BSF; dan (2) supervisi sebulan setelah dilakukan implementasi program.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Budidaya maggot di Desa Jenggawah mengakibatkan timbunan limbah cangkang pupa BSF setelah siklus hidupnya. Masyarakat Desa Jenggawah khawatir timbunan limbah budidaya BSF dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan pencemaran lingkungan jika dibiarkan menumpuk di halaman rumah. Untuk itu, para pembudidaya maggot di Desa Jenggawah membutuhkan pengetahuan tentang pemanfaatan limbah cangkang pupa BSF menjadi produk yang memiliki nilai tambah, sehingga berdampak positif bagi peningkatan pertumbuhan ekonomi, kesehatan dan pelestarian lingkungan. Dalam lingkup lingkungan berkelanjutan, produk samping cangkang pupa BSF dapat dioptimalkan sebagai kitin dan kitosan dengan terlebih dahulu dilakukan tahap pengumpulan, pembersihan, pengeringan dan penghalusan limbah cangkang pupa BSF. Evaluasi kegiatan dengan cara membagikan kuesioner *pre-test* dan *post-test* yang diisi oleh 24 peserta pembudidaya maggot (Gambar 1).



Gambar 1. Kuesioner *pre-test* dan *post-test*

Data *pre-test* dan *post-test* menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pengetahuan pembudidaya maggot di Desa Jenggawah tentang pemanfaatan limbah cangkang pupa BSF menjadi produk yang memiliki nilai tambah sebagai sumber kitin dan kitosan (Gambar 1). Peningkatan nilai persentase

pada semua butir kuesioner secara keseluruhan disebabkan para peserta telah diberikan edukasi potensi limbah cangkang pupa BSF dan pelatihan teknologi pengolahan limbah cangkang pupa BSF. Hasil evaluasi dan monitoring kegiatan secara umum menunjukkan bahwa pembudidaya maggot di Desa Jenggawah berkomitmen untuk memanfaatkan dan mengolah limbah cangkang pupa BSF sehingga berdampak positif bagi peningkatan pertumbuhan ekonomi, kesehatan dan pelestarian lingkungan.

Kegiatan edukasi potensi limbah cangkang pupa BSF dilakukan secara tatap muka 2x100 menit dalam bentuk ceramah dan diskusi. Peserta diberi materi tentang pemanfaatan kembali sampah untuk mengurangi pencemaran lingkungan (Gambar 2). Para peserta memahami bahwa sampah memiliki dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan jika dibiarkan menumpuk. Dampak membuang sampah sembarangan dapat merusak pemandangan, mendatangkan bau yang tidak sedap, mendatangkan banjir level rendah sampai yang tinggi, mendatangkan berbagai penyakit dan dapat mencemari lingkungan. Pengendalian sampah yang paling efektif adalah menumbuhkan kesadaran diri sendiri untuk tidak merusak lingkungan dengan membuang sampah secara sembarangan.



Gambar 2. Edukasi pemanfaatan kembali sampah

Sampah yang dihasilkan mencemari tanah, udara, air, berdampak negatif bagi lingkungan, dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Setiap kali sampah dibuang ke TPA, racun keluar dari sampah dan mencemari tanah sehingga dapat membahayakan habitat di sekitarnya. Efek negatif lainnya berupa polusi udara. Sampah mengeluarkan bau tidak sedap, yang menandakan bahwa sampah mengeluarkan gas metana ke udara, yang menyebabkan terjadinya pemanasan global sehingga suhu atmosfer bumi meningkat dan menimbulkan efek yang mengancam nyawa manusia. Selain mencemari udara, sampah juga menyebabkan polusi air. Bahan kimia dan zat beracun meresap ke dalam tanah dan mempengaruhi kualitas air. Hal ini berdampak negatif pada kehidupan akuatik di sungai dan danau terdekat, serta menimbulkan masalah bagi masyarakat yang

mengandalkan air sumur atau air tanah untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (Anunobi, 2022).



Gambar 3. Kegiatan sosialisasi

Pelatihan teknologi pengolahan limbah cangkang pupa BSF dilaksanakan secara tatap muka 3x100 menit dengan metode ceramah, diskusi dan praktik. Pelatihan diberikan oleh tim ProbangDebi UNEJ (Gambar 3). Para peserta memahami limbah budidaya maggot BSF yang terdiri dari cangkang pupa dan bangkai lalat memiliki nilai ekonomis cukup tinggi sehingga dapat menjadi alternatif sebagai sumber pendapatan masyarakat. Selanjutnya, para peserta dilatih untuk mengolah limbah cangkang pupa BSF menjadi sumber bahan yang bisa dimanfaatkan untuk kesehatan manusia.



Gambar 4. Pelatihan Fase Hidup BSF

Fase hidup BSF dimulai dari larva, prepupa, pupa hingga menjadi lalat dewasa. Pada fase prepupa hingga pupa, cangkangnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber kitin yang potensial karena mengandung kitin sebanyak 35% (Hahn et al., 2018). Selanjutnya, kitin dari cangkang pupa BSF dikonversi menjadi kitosan untuk dimanfaatkan di bidang kesehatan. Langkah awal yang dilakukan adalah membersihkan cangkang pupa BSF dari kotoran sisa pakan yang masih menempel kemudian dicuci dengan air panas bersuhu 100 °C, ditiriskan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 55 °C selama 24 jam. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga cangkang pupa BSF lebih awet dan mempermudah dalam penyimpanan (Bhavsar et al., 2021). Setelah kering, cangkang pupa BSF digiling dengan mesin penggiling, dilakukan pengayakan

dengan ayakan *stainless mesh 50*, dan selanjutnya dikemas untuk keperluan tahap ekstraksi atau pemasaran.



Gambar 5. Pelatihan konversi kitin



Gambar 6. Pelatihan penggilingan cangkang pupa

Monitoring dan evaluasi dilakukan secara rutin untuk mengetahui dampak positif pelaksanaan program terhadap pemecahan permasalahan mitra dengan supervisi sebulan setelah dilakukan implementasi program. Selanjutnya, pendampingan secara berkelanjutan dilakukan oleh oleh tim ProbangDebi UNEJ untuk pengembangan

pengolahan limbah cangkang pupa BSF menjadi produk unggulan yang bernilai ekonomi tinggi, sehingga berdampak positif bagi peningkatan pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan. Selain itu, diperlukan juga pendekatan sosial budaya masyarakat untuk lebih menghargai lingkungan. Peran Pemerintah juga sangat diperlukan dengan menerbitkan peraturan terkait pelestarian lingkungan, dan memberikan dukungan atas upaya pengolahan limbah menjadi produk yang bermanfaat bagi kesejahteraan dan perekonomian masyarakat.



Gambar 7. Pelatihan tahap ekstraksi

4. SIMPULAN

Para pembudidaya maggot yang bergabung dalam Bank Sampah Ekoliterasi Dermaku Jenggawah sangat antusias mengikuti kegiatan ProbangDebi UNEJ yang bertujuan untuk memberikan pelatihan tentang peningkatan nilai tambah limbah cangkang pupa BSF yang dihasilkan dari pengolahan sampah organik menggunakan maggot BSF.

Pengolahan limbah organik dengan memanfaatkan BSF ini dapat ditingkatkan kapasitasnya menjadi skala yang lebih besar lagi seiring dengan peningkatan kebutuhan pasar dalam pemanfaatan kitin dan kitosan. Selanjutnya, dibutuhkan pelatihan pemasaran untuk meningkatkan kemampuan mitra mengenai tata cara pemasaran melalui *platform e-commerce* sehingga meraih peluang pasar yang lebih luas. Selain itu, juga dibutuhkan koordinasi lintas sektoral untuk

memberikan dukungan atas upaya pengolahan limbah menjadi produk yang bermanfaat bagi kesejahteraan dan perekonomian masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian kepada masyarakat ini didukung oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Jember melalui pendanaan dalam skema Program Pengabdian Berbasis Pengembangan Desa Binaan (ProbangDebi) dengan Surat Perjanjian Penerima Hibah No: 3843/UN25.3.1/LT/ 2023.

DAFTAR RUJUKAN

- Anunobi, T. J. (2022). Hazardous effects of plastic wastes on land biodiversity: A review. *The Zoologist*, 20, 80-86.
- Bhavsar, P. S., Giulia Dalla Fontana, G. D., & Zoccola, M. (2021). Sustainable superheated water hydrolysis of black soldier fly exuviae for chitin extraction and use of the obtained chitosan in the textile field. *ACS Omega*, 6, 8884–8893.
- Ferronato, N., Paoli, R., Romagnoli, F., Tettamanti, G., Bruno, D., & Torretta, V. (2024). Environmental impact scenarios of organic fraction municipal solid waste treatment with Black Soldier Fly larvae based on a life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(12), 17651–17669. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27140-9>
- Hahn, T., Roth, A., Febel, E., Fijalkowska, M., Schmitt, E., Arsiwalla, T., & Zibek, S. (2018). New methods for high-accuracy insect chitin measurement. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(13), 5069–5073.
- Lawrence, D. (2023). Food waste. *Pūhau Ana Te Rā: Tailwinds*, 1(2). <https://doi.org/10.11157/patr.v1i2.3>
- Noviyanti, N., Taqwa, R., & Yanti, M. (2021). Strategi masyarakat dalam pengelolaan limbah rumah tangga (Studi di Desa Waylayap RT/RW 001 Kecamatan Gedongtataan Kabupaten Pesawaran Lampung). *Jurnal Media Sosiologi*, 24(1), 1-17.
- Roy, S., Bose, A., Basak, D., & Chowdhury, I. R. (2023). Open landfill site and threat to the proximity resident's: Addressing perceived consequences of unscientific solid waste dumping using GIS techniques. In *Urban Environment and Smart Cities in Asian Countries: Insights for Social, Ecological, and Technological Sustainability* (pp. 237-261). Cham: Springer International Publishing.
- Sudarman, S. W., Dewi, T. A., & Zein, S. (2022). Pelatihan budidaya magot sebagai alternative pakan ternak di Desa Banjar Rejo Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *SINAR SANG SURYA: Jurnal Pusat Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(2), 285-292.
- Triunfo, M., Tafi, E., Guarnieri, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Hahn, T., Zibek, S., Gagliardini, A., Luca-Panariello, L., Coltelli, M. B., De Bonis, A., & Falabella, P. (2022). Characterization of chitin and chitosan derived from *Hermetia illucens*, a further step in a circular economy process. *Scientific Reports*, 12, 6613.
- Zahra, A., Herdiansyah, H., & Utomo, S. W. (2023). Model pengelolaan sampah organik dengan biokonversi larva black soldier fly berbasis pemberdayaan masyarakat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 94-105.