

# Pemanfaatan Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sebagai Agen Biodegradasi Styrofoam yang Ramah Lingkungan

Amnan Haris<sup>1\*</sup>, Miranita Khusniati<sup>2</sup>, Andhina Putri Heriyanti<sup>1</sup>, Trida Ridho Fariz<sup>1</sup>, Ni Luh Tirtasari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ilmu Lingkungan, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, e-mail: [amnanharis@mail.unnes.ac.id](mailto:amnanharis@mail.unnes.ac.id)

<sup>2</sup>Pendidikan IPA, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

## ABSTRAK

Styrofoam banyak digunakan sebagai kemasan makanan, minuman dan kemasan barang elektronik. Bentuknya yang mudah dicetak, ringan dan harganya yang murah menyebabkan styrofoam diminati masyarakat. Biasanya styrofoam hanya dipakai sekali dan dibuang meskipun masih layak pakai. Styrofoam menimbulkan masalah lingkungan seperti penyumbatan saluran air dan bendungan serta menjadi sarang nyamuk, lalat dan hewan vektor penyakit lainnya. Maka dari itu, perlu upaya untuk mendegradasinya. Ada berbagai cara yang bisa dipilih seperti pembakaran atau pelelehan dengan bensin atau aseton, namun seringkali masih meninggalkan residu dan membutuhkan energi dan biaya yang tidak sedikit. Penggunaan larva ulat jerman diharapkan menjadi solusi inovatif dan ramah lingkungan. Fase larva digunakan karena larva membutuhkan makanan dalam jumlah besar untuk pertumbuhannya. Makanan larva berupa sampah organik seperti buah, sayur, dedaunan, nasi dan lain-lain. Faktanya styrofoam termasuk sampah organik karena terbuat dari minyak bumi yang mengandung hidrokarbon. Diharapkan larva ulat jerman mampu menjadi solusi permasalahan lingkungan yang bersih, hemat energi dan hemat biaya sehingga bisa diaplikasikan di masyarakat secara luas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kemampuan larva ulat jerman sebagai agen biodegradasi styrofoam. Tahapan penelitian yaitu budidaya larva ulat jerman selama 30 hari dan analisis yang meliputi analisis viabilitas, kandungan senyawa kimia pada larva menggunakan FTIR dan SEM. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pengambilan data secara kuantitatif. Pada penelitian kami, pertumbuhan ulat jerman menunjukkan sinergi negatif, sedangkan bobotnya mengalami naik-turun. Hasil uji FTIR dan SEM menunjukkan bahwa ulat jerman tidak benar-benar menelan styrofoam sehingga penelitian perlu dilakukan dengan menggunakan strain ulat jerman lainnya.

**Kata kunci:** Styrofoam, Polistirena, Degradasi, Ulat Jerman, *Zophobas morio*

## ABSTRACT

Styrofoam is widely used as packaging for food, beverages and electronic goods. Its shape which is easy to form, light weight and low price makes styrofoam attractive to the public. Usually, styrofoam is only used once and thrown away even though it is still suitable. Styrofoam causes environmental problems such as clogging water-channels and dams and becoming a nest for mosquitoes, flies and other disease vector animals. Therefore, efforts are needed to degrade it. There are various ways to choose from, but it often leaves residue and require much energy and costs. The use of superworm larvae is considered to be an innovative and environmentally friendly solution. The larval phase is used because the larvae require large amounts of food for their growth. Food larvae are in the form of organic waste such as fruit, vegetables, leaves, rice, and others. The fact is that styrofoam is an organic waste because it is made from petroleum, which contains carbonate. Superworm larvae will be able to become a solution to environmental problems that are clean, energy-efficient and cost-effective so that they can be applied to the wider community. This study aimed to analyze the ability of superworm larvae as styrofoam biodegradation agents. The stages of the research included cultivating superworm larvae for 30 days and analyzing its viability. Chemical compound analysis in larvae using FTIR and SEM. The research method used is an experimental method with quantitative data collection. Superworm showed a negative synergy, while its weight fluctuated. The FTIR and SEM test results show that the Superworm does not actually ingest styrofoam, so research needs to be carried out using other strains.

**Keywords:** Styrofoam, Polystyrene, Degradate, German Superworm, *Zophobas morio*

**Citation:** Haris, A., Khusniati, M., Heriyanti, AP., Fariz, TR., Tirtasari, NL. (2024). Pemanfaatan Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sebagai Agen Biodegradasi Styrofoam yang Ramah Lingkungan. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(2), 296-301, doi:10.14710/jil.22.2.296-301

## 1. Pendahuluan

Sampah merupakan salah satu masalah lingkungan yang belum tertangani secara baik di Indonesia. Data dari Ditjen PSLB3 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan bahwa volume sampah di Indonesia tercatat 68,5 juta ton pada tahun 2021 dan meningkat menjadi 70 juta ton pada tahun 2022 (Maharani *et al*, 2022; Sekretariat Jenderal DPR RI, 2022). Sampah yang dihasilkan tersebut didominasi oleh sampah sisa makanan dan sampah yang tidak bisa teruraikan seperti plastik termasuk styrofoam (KLHK, 2022; Chasanah *et al*, 2022; Cordova & Nurhati, 2019).

Styrofoam banyak digunakan sebagai kemasan makanan, minuman dan barang elektronik. Pasca penggunaan, styrofoam akan dibuang ke tempat sampah dan berakhir di Tempat Pembuangan Akhir. Namun di beberapa tempat yang fasilitas pengolahan sampahnya minim, styrofoam masih dibakar bersama sampah lainnya atau dibuang ke sungai (Nguyen & Bui, 2023; Zikri *et al*, 2020). Styrofoam juga bisa termakan oleh hewan dan masuk ke rantai makanan, beberapa hewan tersebut akan berakhir sebagai hidangan yang dimakan manusia (Fachrul & Rinanti, 2018). Beberapa upaya telah dilakukan untuk mengelola sampah styrofoam seperti memanaskan dengan temperatur tinggi 350 - 700°C, menggunakan katalis silika alumina dan pembakaran (Choi *et al*, 2022; Phelan *et al*, 2020; Sanito *et al*, 2020; Salamah & Maryudi, 2018; Abidin *et al*, 2017). Namun metode tersebut membutuhkan biaya tinggi, kurang hemat energi dan kurang ramah lingkungan, karena masih menimbulkan residu atau asap.

Alternatif degradasi styrofoam masih terus dikembangkan. Salah satunya dengan menggunakan larva serangga (Yang *et al*, 2020). Larva akan memakan bahan organik dengan lahap (rakus) bahkan pada styrofoam yang termasuk salah satu jenis plastik, (Dong *et al*, 2023); Namun penelitian Kundungal *et al*, (2021) menyatakan bahwa styrofoam tersusun dari rantai hidrokarbon yang sangat panjang dan kompleks, sehingga memungkinkan larva serangga untuk bisa menyerap kandungan kimia pada styrofoam. Namun di sisi lain, styrofoam mengandung zat aditif seperti BPA, phthalate, logam berat dan zat tahan api yang berbahaya bagi makhluk hidup (Campanale *et al*, 2020; Verma *et al*, 2016).

Penelitian sebelumnya yang mengkaji degradasi styrofoam menggunakan larva serangga sudah banyak dilakukan. Sebagai contohnya adalah menggunakan ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) (Yang *et al*, 2021; Yang *et al*, 2020; Peng *et al*, 2019; Nukmal, 2018; Božek *et al*, 2017). Penelitian ini akan mengkaji kemampuan ulat jerman (*Zophobas morio*) dalam mendegradasi styrofoam. Hal ini mengingat ketersediaan jumlah ulat jerman yang melimpah karena telah dibudidayakan dan dipanen sebagai pakan burung peliharaan dan ikan hias (Rumbos & Athanassiou, 2021; Rahman *et al*, 2019). Ulat jerman juga terbukti mampu mendegradasi beberapa jenis plastik seperti plastik Polipropilena dan HDPE yang

lebih baik jika dibandingkan dengan ulat hongkong (Putra & Ma'rufah, 2022).

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Preparasi styrofoam dan ulat jerman

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah styrofoam, larva ulat jerman, kotak kayu dan wadah plastik; dan makanan untuk ulat jerman seperti bekatul, pur ayam, dan labu siam. Styrofoam yang digunakan dalam penelitian adalah styrofoam lembaran. Selanjutnya styrofoam dipotong menjadi ukuran kecil. Styrofoam dipotong dan ditimbang dengan hati-hati dengan massa 100 mg, 500 mg dan 1500 mg.



Gambar 1 Perlakuan penelitian

Larva dan perlengkapan budidaya ulat jerman diperoleh dari Farm Ulat Jerman Mitra Kebersamaan, Tambakaji, Kota Semarang. Penelitian ini menggunakan 120 ekor larva ulat jerman yang dipisah menjadi 12 wadah. Larva dibedakan menjadi 4 perlakuan yaitu A = ulat jerman yang dibudidayakan tanpa styrofoam atau sebagai kontrol, B = ulat jerman dengan styrofoam 100 mg, C = ulat jerman dengan styrofoam 500 mg, dan D = ulat jerman dengan styrofoam 1500 mg (Gambar 1). Setiap perlakuan dibuat ulangan sebanyak 3 kali, sehingga masing-masing wadah berisi 10 ekor larva ulat jerman. Setiap kotak mendapat perlakuan pakan yang sama yaitu berupa konsentrat bekatul, pur ayam B11 dan pakan ikan yang diberikan 2 hari sekali, serta minuman berupa labu siam yang diberi setiap hari. Alasan pemberian pakan dan minum ini adalah untuk menjamin kelangsungan hidup ulat dan mengamati preferensi ulat jerman terhadap benda di sekitarnya, lebih tertarik pada pakan dan minum yang disediakan atau tertarik kepada styrofoam.

### 2.2 Pengumpulan dan analisis data

Tahapan penelitian meliputi pengamatan perubahan bobot larva, viabilitas, dan perubahan bobot styrofoam. Tahap ini meliputi budidaya ulat jerman selama 30 hari. Data yang diamati meliputi penambahan bobot ulat jerman, pengurangan bobot styrofoam dan jumlah ulat jerman yang hidup dan mati. Pada akhir penelitian dilakukan pemanenan ulat jerman untuk ditimbang biomassa basah, dan dioven pada suhu 40°C selama 24 jam untuk mendapatkan biomassa keringnya. Pada penelitian ini dilakukan uji

FTIR di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro dan uji SEM di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang.

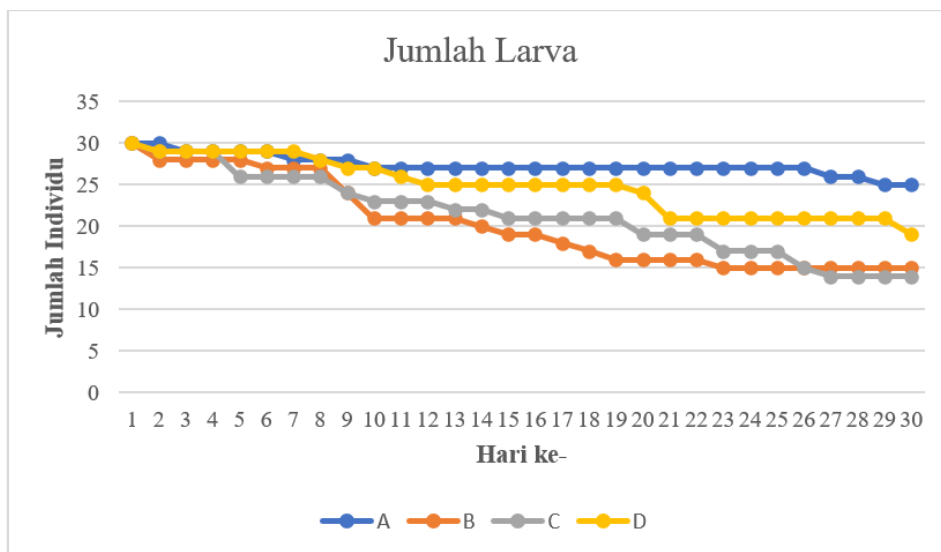
Analisis data meliputi analisis pertumbuhan ulat jerman, viabilitas dan degradasi stirofoam. Hasil dari analisis selanjutnya disajikan dalam grafik. Penyajian hasil analisis dalam bentuk grafik dilakukan agar proses analisis deskriptif mudah dilakukan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

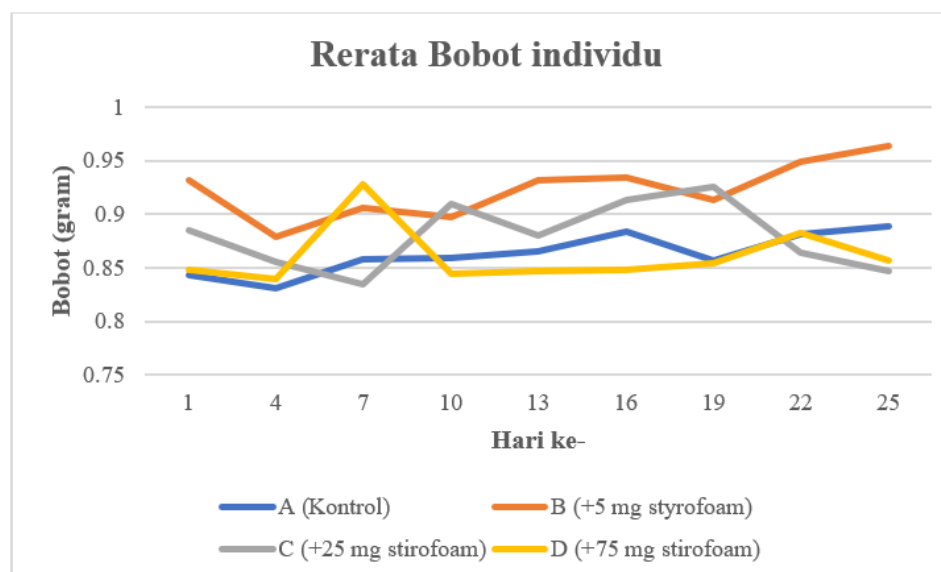
#### 3.1. Jumlah individu (viabilitas)

Viabilitas adalah kemampuan ulat jerman untuk bertahan hidup dan berkembang dalam jangka waktu tertentu. Jumlah individu dapat mempengaruhi viabilitasnya. Secara umum, semakin banyak individu dalam populasi, semakin besar kemungkinan populasi tersebut untuk bertahan hidup dalam suatu jangka waktu.

Kelangsungan hidup larva Ulat Jerman merupakan komponen utama yang diamati dalam penelitian ini, karena pemantauan jumlah individu bermanfaat untuk mengetahui pengaruh stirofoam terhadap kelangsungan hidup larva. Pada awal penelitian, pada setiap perlakuan terdapat 30 larva yang dibagi menjadi 3 kotak, hingga pada akhir penelitian (hari ke-30) terjadi penurunan jumlah individu (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian stirofoam memberikan hubungan sinergi negatif terhadap jumlah individu karena ulat jerman juga memakan stirofoam yang tidak berfungsi sebagai makanan. Bukti ini semakin diperkuat dengan stabilnya jumlah individu perlakuan A (kontrol). Pernyataan ini selaras dengan penelitian Sun *et al.* (2022), bahwa pemberian stirofoam menyebabkan kematian pada larva ulat jerman sampai 10%.



Gambar 2 Jumlah individu larva selama 30 hari penelitian



Gambar 3 Rerata Bobot Individu Larva Ulat Jerman

### 3.2 Bobot ulat jerman

Bobot ulat jerman dapat merujuk pada berat badan (massa tubuh) dari awal perlakuan ulat jerman. Berdasarkan Gambar 3 tersebut, rata-rata bobot ulat jerman mengalami naik-turun. Namun untuk perlakuan A (kontrol) lebih stabil karena tidak mendapatkan perlakuan. Sedangkan ulat yang mendapat perlakuan D (+75 mg styrofoam) mengalami penurunan bobot jenis. Hal ini karena pada minggu I, styrofoam mulai diintroduksi kepada ulat sehingga terjadi massa adaptasi. Tekstur styrofoam yang padat namun renyah memudahkan ulat untuk mengerogoti dan mengunyahnya. Namun struktur styrofoam yang berupa rantai polistyrene kompleks, tidak bisa dicerna oleh ulat. Lama kelamaan, ulat tersebut tidak mendapatkan nutrisi dari styrofoam sehingga ulat tidak mengalami kenaikan bobot secara signifikan.

Menurut Rumbos & Athanassiou (2021), ulat jerman yang berumur 90-120 hari termasuk dalam fase larva yang merupakan fase akhir sebelum menjadi pupa. Hal ini terbukti pada akhir penelitian, terdapat 2 ekor larva yang berubah menjadi pupa.

Pada fase ini larva masih makan namun tingkat keaktifannya menurun sehingga tidak mengalami kenaikan bobot signifikan.

### 3.3 Senyawa kimia

Selama penelitian, kami mendengar suara ulat jerman yang sedang menggerogoti styrofoam yaitu pada pagi dan sore hari. Waktu tersebut merupakan "jam makan" yang normal pada ulat jerman. Namun hasil uji FTIR menunjukkan bahwa di dalam tubuh ulat jerman tidak terdapat senyawa penyusun styrofoam yaitu polistyrene. Hal ini diduga kuat karena ulat jerman tidak benar-benar mencerna tetapi hanya melubangi dan mengunyah saja. Kami mendapati bahwa styrofoam malah menjadi tempat tinggal dan bersembunyi seperti bilik dalam rumah (Gambar 4).

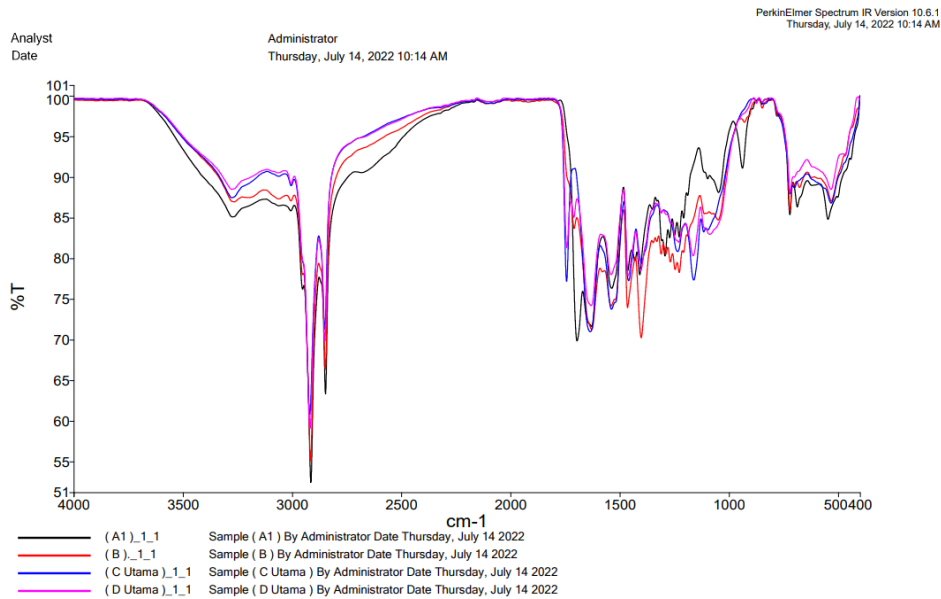
Hipotesis ini diperkuat dengan hasil uji FTIR yang menunjukkan bahwa tidak terlihat perbedaan senyawa kimia yang terdapat pada ulat jerman A (kontrol) dengan ulat jerman B, C dan D yang diberi perlakuan styrofoam berturut-turut 100 mg, 500 mg dan 1500 mg (Gambar 5).



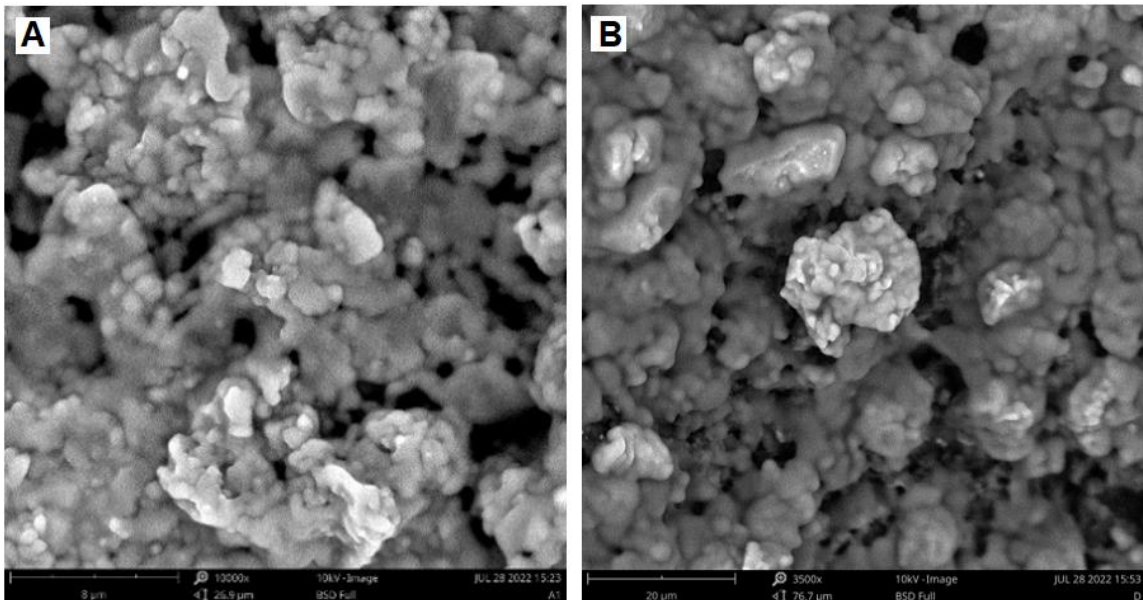
Gambar 4. Styrofoam Dilobangi oleh larva ulat jerman

Tabel 1. Perbandingan kandungan senyawa kimia dalam tubuh larva ulat jerman

Element Symbol	Kontrol		Diduga Memakan Styrofoam		
	Atomic Conc.	Weight Conc.	Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.
C	82.30	77.73	C	82.64	78.14
O	17.70	22.27	O	17.36	21.86



Gambar 5. Hasil Uji FTIR larva ulat jerman



Gambar 6. Hasil Uji SEM Larva ulat jerman, a) Kontrol, b) Diduga Memakan Styrofoam

Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 1 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kandungan senyawa yang signifikan pada tubuh ulat jerman, baik kontrol maupun yang diberi perlakuan styrofoam selama 30 hari. Meskipun selama penelitian ulat jerman tersebut terlihat memakan styrofoam, tapi hasil penelitian kami menunjukkan hal itu tidak terjadi. Penelitian ini masih terdapat banyak keterbatasan seperti hanya mengkaji ulat jerman sebagai agen degradasi styrofoam. Penelitian ini bisa dikembangkan dengan membandingkan beberapa agen lain seperti ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ngengat lilin (*Galleria mellonella*) (Zielińska *et al*, 2021).

#### 4. Kesimpulan

Pertumbuhan Ulat jerman selama 30 hari perlakuan styrofoam menunjukkan sinergi negatif, 300

sedangkan bobotnya mengalami naik-turun. Hasil uji FTIR dan SEM menunjukkan bahwa ulat jerman tidak benar-benar menelan styrofoam tetapi hanya melobangi dan menggerogoti saja. Penelitian ini masih terdapat banyak keterbatasan sehingga perlu dikembangkan seperti uji perbandingan antara ulat jerman dengan ulat hongkong.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Atmadja, S. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2017). Pengujian Alat Pengolah Limbah Plastik Jenis Ps (Polystyrene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 5(2), 100-105.
- Božek, M., Hanus-Lorenz, B., & Rybak, J. (2017). The studies on waste biodegradation by *Tenebrio molitor*. In *E3S web of conferences* (Vol. 17, p. 00011). EDP Sciences.

- Haris, A., Khusniati, M., Heriyanti, AP., Fariz, TR., Tirtasari, NL. (2024). Pemanfaatan Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sebagai Agen Biodegradasi Styrofoam yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 296-301, doi:10.14710/jil.22.2.296-301
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041212>
- Chasanah, A. N., Jati, E. G. D., Fariz, T. R., & Heriyanti, A. P. (2022). Preferensi Mahasiswa UNNES Dalam Penggunaan Wadah Air Minum. *Proceeding Seminar Nasional IPA* (pp. 58-65).
- Choi, D., Jung, S., Tsang, Y. F., Song, H., Moon, D. H., & Kwon, E. E. (2022). Sustainable valorization of styrofoam and CO<sub>2</sub> into syngas. *Science of the Total Environment*, 834, 155384.
- Dong, Y., Kong, J., Mousavi, S., Rismanchi, B., & Yap, P. S. (2023). Wall Insulation Materials in Different Climate Zones: A Review on Challenges and Opportunities of Available Alternatives. *Thermo*, 3(1), 38-65.
- Fachrul, M. F., & Rinanti, A. (2018). Bioremediasi Pencemar Mikroplastik di Ekosistem Perairan Menggunakan Bakteri Indigenous (Bioremediation of Microplastic Pollutant in Aquatic Ecosystem by Indigenous Bacteria). *Seminar Nasional Kota Berkelanjutan*, 1(1), 302. <https://doi.org/10.25105/psnkb.v1i1.2910>
- KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan). (2022). Komposisi Sampah Berdasarkan Jenis Sampah. Diakses dari <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Kundungal, H., Synshiang, K., & Devipriya, S. P. (2021). Biodegradation of polystyrene wastes by a newly reported honey bee pest *Uloma* sp. larvae: An insight to the ability of polystyrene-fed larvae to complete its life cycle. *Environmental Challenges*, 4, 100083.
- Maharani, S. A., Arifah, E. Z., Fariz, T. R., & Heriyanti, A. P. (2022). ISA-BITCAN: Tempat Sampah Pendegradasi Plastik Pet Dengan Agen Bakteri *Ideonella Sakainesis* (Sebuah Review). *Proceeding Seminar Nasional IPA* (pp. 66-76).
- Nguyen, K. L. P., & Bui, T. K. L. (2023). Riverbank macro-litters in downstream of Saigon river, Ho Chi Minh City. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 100306.
- Nukmal, N. (2018). Effect of styrofoam waste feeds on the growth, development and fecundity of mealworms (*Tenebrio molitor*). *OnLine Journal of Biological Sciences*, 18(1), 24-28.
- Peng, B. Y., Su, Y., Chen, Z., Chen, J., Zhou, X., Benbow, M. E., ... & Zhang, Y. (2019). Biodegradation of polystyrene by dark (*Tenebrio obscurus*) and yellow (*Tenebrio molitor*) mealworms (Coleoptera: Tenebrionidae). *Environmental science & technology*, 53(9), 5256-5265.
- Phelan, A. A., Ross, H., Setianto, N. A., Fielding, K., & Pradipta, L. (2020). Ocean plastic crisis—Mental models of plastic pollution from remote Indonesian coastal communities. *PLoS ONE*, 15(7 July), 1–29. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236149>
- Putra, I. L. I., & Ma'rufah, N. I. L. A. (2022). Laju Degradasi Beberapa Jenis Plastik Menggunakan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L.) dan Ulat Jerman (*Zophobas atratus* F.): Degradation Rate of Several Plastics Type Using Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) and Germany Superworm (*Zophobas atratus* F.). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), 001-008.
- Rahman, Z. B. S. A. A., Hamidi, E. A. Z., & Kamelia, L. (2019). Sistem pengaturan suhu pada kandang ulat jerman menggunakan Arduino Uno. In *Prosiding-Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung* (pp. 103-109).
- Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2021). The superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): a 'sleeping giant' in nutrient sources. *Journal of Insect Science*, 21(2), 13.
- Salamah, S., & Maryudi, M. (2018). Proses Pirolisis Limbah Styrofoam Menggunakan Katalis Silika-Alumina. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.23955/rkl.v13i1.8695>
- Sanito, R. C., Chen, Y. W., You, S. J., Yang, H. H., Hsieh, Y. K., & Wang, Y. F. (2020). Hydrogen and methane production from Styrofoam Waste using an atmospheric-pressure microwave plasma reactor. *Aerosol and Air Quality Research*, 20(10), 2226-2238.
- Sekretariat Jenderal DPR RI. (2022). Ditjen PSLB3 KLHK Didesak Miliki Langkah Terukur Tangani Volume Sampah. Diakses dari <https://www.dpr.go.id/>
- Sun, J., Prabhu, A., Aroney, S. T. N., & Rinke, C. (2022). Insights into plastic biodegradation: Community composition and functional capabilities of the superworm (*Zophobas morio*) microbiome in styrofoam feeding trials. *Microbial Genomics*, 8(6). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000842>
- Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S. (2016). Toxic pollutants from plastic waste-a review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701-708.
- Yang, Y., Wang, J., & Xia, M. (2020). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus*. *Science of the Total Environment*, 708, 135233.
- Yang, S. S., Ding, M. Q., Zhang, Z. R., Ding, J., Bai, S. W., Cao, G. L., ... & Wu, W. M. (2021). Confirmation of biodegradation of low-density polyethylene in dark-versus yellow-mealworms (larvae of *Tenebrio obscurus* versus *Tenebrio molitor*) via gut microbe-independent depolymerization. *Science of the Total Environment*, 789, 147915.
- Zielińska, E., Zieliński, D., Jakubczyk, A., Karaś, M., Pankiewicz, U., Flasz, B., ... & Lewicki, S. (2021). The impact of polystyrene consumption by edible insects *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* on their nutritional value, cytotoxicity, and oxidative stress parameters. *Food Chemistry*, 345, 128846.
- Zikri, A., Febriana, I., Amin, J. M., Pratiwi, A., Pratiwi, M., & Reyhan, M. H. (2020). Pengaruh Jumlah Katalis Dan Temperatur Pada Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Limbah Styrofoam Dengan Metode Catalytic Cracking. *KINETIKA*, 11(1), 9-17.