

PEMANFAATAN ULAT JERMAN (*Zophobas morio*) DALAM MENGURANGI BERAT SAMPAH PLASTIK

Muhammad Farrel Alfirdaus¹, Muchsin Riviwanto², Lindawati³, Mahaza⁴
(^{1,2,3,4}Kemenkes Poltekkes Padang)

Email Korespondensi : muchsirr@yahoo.com

Abstract

*Global plastic production, which reached 413.8 million tons in 2023, has led to an increase in inorganic waste that is difficult to decompose. This issue calls for environmentally friendly and low-cost alternative solutions. This study aims to determine the ability of Superworms (*Zophobas morio*) to reduce the weight of plastic waste through the biodegradation process. The research used a quasi-experimental design with treatments on three types of plastic waste, namely High-Density Polyethylene (HDPE), Low-Density Polyethylene (LDPE), and Expanded Polystyrene (EPS), utilizing 200 Superworm larvae over a 30-day period. Observations were conducted every five days to measure changes in waste weight. The results showed that Superworms were able to reduce HDPE by 10.2%, LDPE by 11.8%, and EPS by 66.6%. These findings indicate that Superworms have strong potential as an effective natural biodegradation agent in reducing plastic waste, particularly styrofoam, making them an innovative solution for sustainable waste management. **Conclusion: The use of Superworms has proven effective in reducing plastic waste weight, especially styrofoam. It is recommended to optimize environmental conditions such as temperature and humidity, reduce larval mortality, and study the safety and potential use of Superworms that have consumed plastic to ensure broader and ecologically safe application.*

Keywords: Superworm; Plastic Waste; Biodegradation

Abstrak

*Produksi plastik global yang mencapai 413,8 juta ton pada tahun 2023 menyebabkan meningkatnya timbunan sampah anorganik yang sulit terurai. Permasalahan ini menuntut solusi alternatif yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dalam menurunkan berat sampah plastik melalui proses biodegradasi. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental semu dengan perlakuan terhadap tiga jenis sampah plastik, yaitu High-Density Polyethylene (HDPE), Low-Density Polyethylene (LDPE), dan Expanded Polystyrene (EPS) menggunakan 200 larva Ulat Jerman selama 30 hari. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan berat sampah setiap lima hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ulat Jerman mampu menurunkan berat plastik HDPE sebesar 10,2%, LDPE sebesar 11,8%, dan EPS sebesar 66,6%. Temuan ini menunjukkan bahwa Ulat Jerman berpotensi besar sebagai agen biodegradasi alami yang efektif dalam mengurangi sampah plastik, khususnya jenis styrofoam, sehingga dapat menjadi solusi inovatif pengelolaan limbah berkelanjutan. Simpulan : Pemanfaatan Ulat Jerman terbukti efektif dalam menurunkan berat sampah plastik, terutama jenis styrofoam. Disarankan untuk mengoptimalkan kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan, menekan angka kematian larva, serta meneliti keamanan dan potensi pemanfaatan Ulat Jerman yang telah mengonsumsi plastik agar hasilnya dapat diterapkan dalam skala lebih luas dan aman bagi ekosistem.*

Kata kunci: Ulat Jerman; Sampah Plastik; pemanfaatan

PENDAHULUAN

Produksi sampah kota diperkirakan meningkat dari 2,1 miliar ton pada tahun 2023 menjadi 3,8 miliar ton pada tahun 2050. Pada tahun 1950, produksi plastik dimulai sekitar 2 juta ton, dan meningkat menjadi 368 juta ton pada tahun 2019. Produksi global plastik mencapai 413,8 juta ton pada tahun 2023 dengan persentase 19,7% dari total timbunan sampah global. Produksi plastik global tahunan lebih dari 359 juta ton.¹ Berdasarkan zat kimianya, sampah dapat dibedakan menjadi sampah organik seperti sisa makanan, daun, sayur, dan buah, serta sampah anorganik seperti logam, pecah belah, abu, plastik, dan lain-lain. Sampah organik tergolong kedalam sampah yang mudah membusuk, seperti sisa makanan, potongan daging, dan sebagainya. Sedangkan sampah anorganik tergolong kedalam sampah yang sulit membusuk, seperti plastik, karet, gelang, dan sebagainya.²⁻³

Selain klasifikasi tradisional di atas, *Society of the Plastic Industry* (SPI) memperkenalkan sistem kode angka untuk plastik. Dalam klasifikasi ini, angka dari 1 hingga 7 telah ditetapkan untuk berbagai jenis plastik dengan urutan sebagai berikut: 1 untuk *Polyethylene Terephthalate* (PETE) dengan ketebalan 0.2 mm-3 mm, 2 untuk *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan ketebalan 0.3 mm-100 mm, 3 untuk *Polyvinyl Chloride* (PVC) dengan ketebalan 0.6 mm-50 mm, 4 untuk *Low-Density Polyethylene* (LDPE) dengan ketebalan 0.15 mm-40 mm, 5 untuk *Polypropylene* (PP) dengan ketebalan 0.5 mm-70 mm, 6 untuk *Polystyrene* (PS) dengan ketebalan 0.02 mm-12 mm, dan 7 untuk jenis plastik lainnya dengan ketebalan 0.45 mm- 3.556 mm.⁴

Sumber sampah plastik juga dapat dikategorikan berdasarkan aplikasinya (misalnya, botol/tutup/tutup botol: 14,9%, botol PET: 12,5%, kantong supermarket/kantong ritel: 9,3%, kantong makanan: 6,5%, wadah makanan: 2,1%, dll.) dan asal (misalnya, limbah padat kota dan limbah agroindustri). Kantong plastik makanan umumnya terbuat dari jenis plastik berbahan *High-Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low-Density Polyethylene* (LDPE). Sedangkan, wadah makanan umumnya terbuat dari jenis plastik berbahan *Polystyrene* (PS).⁴

Pengolahan sampah organik sudah banyak dilakukan oleh berbagai kalangan, seperti pengolahan kompos, bio gas, dan biopori. Sedangkan pengolahan sampah anorganik kebanyakan masih dilakukan dengan cara mendaur ulang sampah, penimbunan, atau pembakaran sampah. Tetapi jarang sekali pengolahan sampah anorganik dilakukan dengan cara penguraian seperti metode biodegradasi. Pembuangan metode tradisional seperti penimbunan dan pembakaran telah terbukti menyebabkannya permasalahan lingkungan hidup yang serius.⁵⁻⁶

Metode pengolahan sampah plastik tradisional yang biasanya dilakukan antara lain daur ulang, insinerasi, dan penimbunan sampah. Metode daur ulang dilakukan dengan cara mengolah kembali sampah menjadi bahan baku baru yang dapat digunakan untuk membuat

produk baru. Metode insinerasi dilakukan dengan cara mengolah sampah plastik dengan pembakaran pada suhu tinggi. Namun, metode tradisional ini ditemukan tidak efisien bahkan berdampak buruk bagi lingkungan dan makhluk hidup.⁷⁻¹⁴

Dari sekian banyak metode, ada metode pengolahan sampah plastik yang menawarkan biaya yang rendah dan lebih ramah lingkungan. Salah satu metodenya adalah penggunaan serangga yang memiliki kemampuan untuk memakan plastik. Serangga yang digunakan untuk proses penguraian berada pada fase larva. Dari berbagai larva yang sejenis, larva serangga yang digunakan pada penelitian ini larva berjenis *Zophobas morio*. Konsep degradasi plastik yang dapat dilakukan oleh serangga sudah banyak diketahui oleh para peneliti, meskipun penyebab pasti terjadinya degradasi masih belum sepenuhnya dapat diketahui, dan pemanfaatannya masih jarang dilakukan hingga saat ini.⁶

Serangga plastivora mencapai remediasi biologis melalui pencernaan oleh mikroba alami dan enzim yang ada di usus serangga. Biodegradasi plastik terjadi dalam tiga fase berturut-turut termasuk biodeteriorasi, biofragmentasi dan asimilasi yang pada akhirnya akan mengakibatkan kehancuran total plastik. Selama biodeteriorasi, berbagai jenis plastik mulai rusak ketika terkena faktor lingkungan seperti suhu tinggi, radiasi sinar matahari dan pH air, sebelum dikonsumsi oleh serangga.⁶

Namun, efisiensi degradasi bergantung pada periode paparan serta intensitas paparan plastik terhadap faktor-faktor yang disebutkan di atas. Misalnya saja plastik yang dibuang ke tanah/daerah dengan suhu tinggi (paparan panas) akan rusak menjadi mikroplastik lebih cepat dibandingkan dengan suhu rendah. Tahap biofragmentasi terjadi selama pencernaan yang dilakukan oleh mikroba yang ada di dalam usus serangga. Mikroba, khususnya berbagai bakteri, melepaskan enzim seperti lipase, proteinase k, pronase dan dehidrogenase yang mampu menguraikan rantai polimer menjadi oligomer dan monomer melalui depolimerisasi dan proses pembelahan hidrolitik.⁶

Lalu terakhir selama tahap asimilasi, monomer plastik kemudian diubah menjadi biomassa yang dilakukan oleh mikroba dan enzim melalui oksidasi dan biomineralisasi sehingga air, karbon dioksida dan metana dilepaskan sebagai produk sampingan. Akhirnya, biomassa beserta produk sampingannya kemudian akan dikeluarkan sebagai kotoran yang dihasilkan oleh serangga tersebut. Meskipun proses biodegradasi dilakukan oleh berbagai larva serangga dilaporkan lambat dibandingkan dengan metode lain (fisik dan kimia), metode remediasi plastik ini dikenal ramah lingkungan, murah, aplikatif, dan efektif.⁶ Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini bertujuan mendeskripsikan pemanfaatan ulat jerman (*Zophobas morio*) dalam mengurangi berat sampah plastik.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah deskriptif dengan melihat pemanfaatan ulat jerman (*Zophobas morio*) dalam mengurangi berat sampah plastik. Sampah plastik berupa kantong kresek *High-Density Polyethylene* (HDPE), plastik bungkus makanan *Low-Density Polyethylene* (LDPE), dan *styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) setelah perlakuan sampel memanfaatkan 200 larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan mulai bulan Januari-Juni 2025 pada tempat perlakuan yang dikondisikan untuk memungkinkan berjalannya penelitian. Bahan yang digunakan adalah Ulat Jerman umur 2 bulan 600 larva., sampah plastik kantong kresek HDPE, sampah plastik bungkus makanan LDPE, sampah *styrofoam* EPS masing masing 10 g, kapur ajaib 1 kotak., dan dedak padi secukupnya. Alat yang digunakan adalah *litter box* yang berukuran (30 cm x 20 cm x 7 cm) 3 buah (catatan: *litter box* tidak dapat dimakan oleh Ulat Jerman dikarenakan *litter box* yang digunakan berjenis HDPE yang tebal dan kokoh), gunting 1 buah, pisau 1 buah timbangan digital 0,1 g, dan *thermohygrometer*.

Data primer diperoleh melalui penelitian dan pengamatan langsung pada rumah yang dikondisikan agar penelitian berjalan optimal. Tiga *litter box* disiapkan dengan dedak padi sebagai media untuk menjaga tubuh Ulat Jerman tetap kering. Sampah plastik HDPE, LDPE, dan EPS masing-masing seberat 10 gram dimasukkan ke setiap *litter box* bersama 200 larva Ulat Jerman. Kapur ajaib ditempatkan di sekitar wadah untuk mencegah hama. Pengukuran penurunan berat sampah dilakukan setiap lima hari menggunakan timbangan digital, sementara suhu, kelembapan, serta kondisi larva diamati setiap hari selama 30 hari, dan hasilnya dicatat secara sistematis untuk setiap perlakuan.¹⁵ Untuk melihat presentase penurunan berat sampah setelah dimakan Ulat Jerman, dapat dilakukan dengan memasukan ke dalam rumus. Rumus yang dapat digunakan, yaitu:

$$\text{Rumus 1} \dots\dots\dots \% \text{ penurunan} = \frac{\text{Berat sebelum} - \text{berat sesudah}}{\text{Berat sebelum}} \times 100\%$$

Keterangan:

Berat sebelum = Jumlah berat sebelum perlakuan

Berat sesudah = Jumlah berat setelah perlakuan

Analisis data dilakukan dengan cara melihat persentase penurunan berat sampah menggunakan rumus dengan lima kali pengulangan untuk melihat penurunan berat sampah plastik dengan perlakuan 200 larva Ulat Jerman.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pencatatan selama 30 hari, didapatkan persentase penurunan berat sampah plastik kantong kresek *High-Density Polyethylene* (HDPE), *Low-Density Polyethylene* (LDPE), dan *styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) setelah dimakan 200 Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*) yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Persentase Penurunan Berat Sampah Plastik Kantong Kresek *High-Density Polyethylene* (HDPE) Oleh 200 Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Wadah Ke	Berat Sampah Plastik (g)		Selisih (g)	Penurunan (%)
	Sebelum (Hari ke-0)	Sesudah (Hari ke-30)		
1	10	9,0	1,0	10,0
2	10	9,0	1,0	10,0
3	10	9,0	1,0	10,0
4	10	8,9	1,1	11,0
5	10	9,0	1,0	10,0
Rata-Rata	10,0	8,98	1,02	10,2

Berdasarkan tabel 4.1 didapatkan bahwa rata-rata berat sampah plastik kantong kresek *High-Density Polyethylene* (HDPE) setelah dimakan 200 Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sebesar 8,98 g dengan persentase penurunan 10,2%.

Tabel 2. Persentase Penurunan Berat Sampah Plastik Bungkus Makanan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) Oleh 200 Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Wadah Ke	Berat Sampah Plastik (g)		Selisih (g)	Penurunan (%)
	Sebelum (Hari ke-0)	Sesudah (Hari ke-30)		
1	10	8,9	1,1	11,0
2	10	8,7	1,3	13,0
3	10	8,8	1,2	12,0
4	10	8,8	1,2	12,0
5	10	8,9	1,1	11,0
Rata-Rata	10,0	8,82	1,18	11,8

Berdasarkan tabel 2 didapatkan bahwa rata-rata berat sampah plastik bungkus makanan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) setelah dimakan 200 Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sebesar 8,82 g dengan persentase penurunan 11,8%.

Tabel 3. Persentase Penurunan Berat Sampah Plastik Bungkus Makanan *styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) Oleh 200 Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Wadah Ke	Berat Sampah Plastik (g)		Selisih (g)	Penurunan (%)
	Sebelum (Hari ke-0)	Sesudah (Hari ke-30)		
1	10	3,3	6,7	67,0
2	10	3,2	6,8	68,0
3	10	3,4	6,6	66,0
4	10	3,3	6,7	67,0
5	10	3,5	6,5	65,0
Rata-Rata	10,0	3,34	6,66	66,6

Berdasarkan tabel 3 didapatkan bahwa rata-rata berat sampah *styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) setelah dimakan 200 Larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sebesar 3,34 g dengan persentase penurunan 66,6%.

PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa Ulat Jerman mampu menguraikan sampah plastik *High-Density Polyethylene* (HDPE) dengan rata-rata 8,98 g, persentase penurunan 10,2%, dan persentase tertinggi 11%. Penurunan pada sampah

plastik bungkus makanan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) dengan rata-rata 8,82 g, persentase penurunan 11,8%, dan persentase tertinggi 13%. Penurunan pada sampah *styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) dengan rata-rata 3,34 g, persentase penurunan 66,6%, dan persentase tertinggi 68%. Penurunan berat sampah plastik terjadi secara nyata pada hari ke 5 dan 10. Pada hari ke 15 dan 20 penurunan sampah plastik juga tidak mengalami perubahan yang begitu berarti. Namun pada hari ke 25 dan 30 penurunan sampah plastik mengalami perlambatan penurunan jika dibandingkan dengan 10 hari pertama dan kedua.

Penelitian Rosdi pada tahun 2025 menemukan bahwa Ulat Jerman mampu menurunkan berat sampah plastik HDPE sebesar 2,4 % selama 13 hari (± 5 % selama 30 hari) dari berat sampah plastik awal. Sedangkan jika sampah plastik ditambah dengan sayur, maka hasil penurunan sampah plastik yang didapatkan sebesar 43,43 % selama 13 hari (± 100 % selama 30 hari). Pada penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini penurunan sampah lebih terlihat dengan adanya selisih penurunan sekitar $\pm 5,2\%$.

Berdasarkan penelitian Peng pada tahun 2022 yang menggunakan 100 larva, larva *Zophobas atratus* mampu memakan *Polystyrene* (PS) dan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebesar $58,7 \pm 1,8$ mg dan $61,5 \pm 1,6$ mg per hari selama 33 hari.¹⁶ Berdasarkan penelitian Peng pada tahun 2020 menemukan bahwa larva *Zophobas morio* mampu untuk memakan busa *Polystyrene* (PS) dan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) yang sepenuhnya bergantung pada mikroba usus. Dalam waktu 33 hari, larva memakan busa LDPE dan PS sebagai satu-satunya makanannya dengan tingkat konsumsi masing-masing 43.3 ± 1.5 and 52.9 ± 3.1 mg per 100 larva per hari.⁵ Pada penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan pada penelitian ini penurunan sampah lebih lambat dengan adanya selisih penurunan sekitar 1,32 g.

Berdasarkan penelitian Jiang pada tahun 2021 menemukan bahwa 200 ekor Ulat Jerman mampu menurunkan berat sampah plastik *Polystyrene* sebesar 7,95 g dalam waktu 30 hari. Penelitian ini juga membandingkan kemampuan antara organisme jenis yang mampu mengonsumsi sampah plastik lainnya. Didapatkan hasil bahwa Ulat Jerman paling efektif dalam menurunkan berat sampah plastik *Polystyrene*. Berdasarkan penelitian Peng pada tahun 2022 yang menggunakan 100 larva, larva *Zophobas atratus* mampu memakan *Polystyrene* (PS) dan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebesar $58,7 \pm 1,8$ mg dan $61,5 \pm 1,6$ mg per hari selama 33 hari.¹⁶ Pada penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini penurunan sampah lebih lambat dengan adanya selisih penurunan sekitar 1,29 g

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Larva Ulat Jerman memiliki tingkat konsumsi yang lebih tinggi pada tahap awal penelitian. Namun seiring dengan berjalannya penelitian, terlihat bahwa Larva Ulat Jerman mengalami perlambatan tingkat konsumsi. Hal ini

membuktikan bahwa tingkat konsumsi di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, kelembapan, kematian Ulat Jerman, dan jenis sampah plastik.¹⁵

Suhu dan kelembapan ruangan penelitian yang dipantau dan dicatat berkisar antara 24,7-27,2°C. Sedangkan kelembapan ruangan penelitian berkisar antara 71-82% selama 30 hari penelitian. Biodegradasi optimal terjadi pada suhu antara 21°C dan 23°C, dimana pada suhu ini tercatat aktivitas metabolisme tertinggi terjadi. Sedangkan kelembapan idealnya adalah 60-70°C. Suhu dan kelembapan pada penelitian belum bisa mencapai suhu yang ideal, namun sudah mendekati. Hal ini juga yang menjadi faktor mengapa penurunan berat sampah plastik mengalami perlambatan.¹⁵

Angka kemampuan bertahan hidup pada sampah plastik *High-Density Polyethylene* (HDPE) didapatkan dengan rata-rata 86,7%. Angka kemampuan bertahan hidup pada sampah plastik *Low-Density Polyethylene* (LDPE) didapatkan dengan rata-rata 86,2%. Angka kemampuan bertahan hidup pada sampah *styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) didapatkan dengan rata-rata 83,2%. Jumlah Ulat Jerman yang mampu hidup tidak begitu terlihat penurunan pada hari ke 5 dan 10. Pada hari ke 15 dan 20 penurunan jumlah Ulat Jerman juga tidak mengalami perubahan yang begitu berarti. Namun pada hari ke 25 dan 30 penurunan Ulat Jerman terjadi secara nyata jika dibandingkan dengan 10 hari pertama dan kedua.

Larva Ulat Jerman yang akan mati menunjukkan gejala pergerakan larva mulai yang berkurang hingga akhirnya mati. Setelah itu, larva akan mulai menghitam dan mengeluarkan cairan dengan bau yang busuk. Kontak yang terjadi antara larva hidup dengan larva yang sudah mati akan menyebabkan penularan terjadi, karena larva yang sudah mati terinfeksi oleh virus. Inilah yang menyebabkan jumlah larva berkurang drastis di akhir penelitian.

Polietilena diproduksi dalam tiga bentuk utama: *Low Density Polyethylene* / LDPE (<0,930 g/cm³), *Linear Low Density Polyethylene* / LLDPE (0,915–0,940 g/cm³), dan *High Density Polyethylene* / HDPE (0,940–0,965 g/cm³). *High Density Polyethylene* (HDPE) memiliki rantai polimer linier dengan sedikit cabang, dan molekul-molekulnya dapat saling berdekatan, yang menghasilkan ikatan antar molekul yang kuat. Oleh karena itu, HDPE lebih padat, dan lebih kaku daripada *Low-Density Polyethylene* (LDPE). Inilah yang menyebabkan penurunan berat sampah plastik HDPE lebih lambat dibandingkan dengan LDPE. Hal ini dikarenakan struktur kimia yang lebih kompleks dapat memperlambat proses depolimerisasi. Inilah yang juga menyebabkan penurunan berat sampah plastik LDPE lebih cepat dibandingkan dengan HDPE. Hal ini dikarenakan struktur kimia yang lebih sederhana dapat mempercepat proses depolimerisasi.²²

Kepadatan *Polystyrene* (PS) memiliki Kepadatan 1,1 ± 0,19 g/cm³ dan kekuatan tarik 3 ± 1,13 N/mm². Jenis plastik ini juga mudah terikat oleh banyak pelarut organik (misalnya aseton) dan tingkat laju kerusakan paling cepat di udara, terutama saat terpapar langsung

sinar matahari. Oleh karena itu walaupun memiliki kepadatan yang lebih tinggi dari sampah plastik HDPE dan LDPE, namun sampah plastik EPS mampu terurai lebih cepat.¹⁷

Suhu yang lebih dingin meningkatkan aktivitas metabolisme larva, sehingga memudahkan efisiensi enzimatik yang lebih besar dalam memecah polimer plastik. Selain itu, larva tetap terjaga kesehatannya selama penelitian, yang menunjukkan bahwa suhu laboratorium 21-23°C menjadi lingkungan yang ideal untuk aktivitas biodegradasi yang berkelanjutan. Paparan yang lebih lama pada suhu yang lebih tinggi tidak memberikan keuntungan yang signifikan, kemungkinan karena kinerja metabolisme larva yang menurun dalam kondisi ini. Hasil ini menegaskan kembali peran penting suhu dalam memengaruhi efisiensi biodegradasi plastik dan menyoroti perlunya mengoptimalkan kondisi lingkungan untuk memaksimalkan kinerja larva.¹⁵

Hal ini sejalan dengan penelitian Penzes pada tahun 2024 tentang “Penemuan parvovirus patogen yang menyebabkan kematian epidemik akibat *black wasting disease* pada kumbang ternak berdasarkan Cryo-EM” yang menemukan bahwa sebelum kematiannya, larva Ulat Jerman menunjukkan gejala yang sama dengan infeksi alami, yaitu: pergerakan yang terbatas, kehilangan koordinasi dalam menggeliat, menghitam, akhirnya akan mencair dan mati.¹⁸

Sebelum mati, larva memang tidak menunjukkan perubahan morfologi, tetapi setelah mati, bangkai akan menghitam dengan cepat, terkontaminasi, dan isi bagian dalamnya mencair sebagian. Penyakit ini dikenal dengan nama *Zophobas morio Black Wasting Disease* (ZmBWD). ZmBWD dapat menyebar melalui jalur mulut dan feses. Usus tengah telah terbukti berperan penting dalam infeksi Densovirus (DV).¹⁹

Penelitian Zielinska pada tahun 2021 menemukan sitotoksitas ekstrak pada lini sel kanker payudara manusia MCF-7. Kelompok yang sama menemukan bahwa ekstrak etanol *Z. morio* memiliki IC50 yang lebih tinggi daripada isopropanol pada lini sel MCF-7, masing-masing 1,7 mg/ml dan 0,7 mg/ml. Konsentrasi ekstrak larva yang diteliti distandarisasi untuk protein (1–100 µg/mL protein dalam ekstrak), penggantian makanan larva tradisional dengan busa polistirena tidak meningkatkan sifat sitotoksik. Ekstrak dari serangga yang diberi makan polistirena berbusa menunjukkan sitotoksitas yang lebih rendah dibandingkan dengan serangga yang diberi makan diet kontrol.²⁰

Penelitian yang dilakukan menjawab rumusan masalah yang diajukan. Dalam penelitian ini terbukti bahwa Ulat Jerman mampu bermanfaat dalam mengurangi sampah plastik bungkus makanan *Styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) dengan paling efektif jika dibandingkan jenis sampah HDPE dan LDPE. Ditemukan juga bahwa penurunan berat sampah plastik yang ditambahkan sayur sebagai makanan tambahan akan meningkatkan efektifitas penurunan berat sampah plastik hingga 20 kali lebih baik.

SIMPULAN DAN SARAN

Rangkuman hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Ulat Jerman (*Zophobas morio*) mampu mengurangi berat sampah plastik melalui proses biodegradasi dengan tingkat efektivitas yang bervariasi tergantung pada jenis plastik. Penurunan berat sampah High-Density Polyethylene (HDPE) mencapai 10,2%, Low-Density Polyethylene (LDPE) sebesar 11,8%, dan Expanded Polystyrene (EPS) atau styrofoam paling tinggi yaitu 66,6% setelah 30 hari perlakuan menggunakan 200 larva. Efektivitas tertinggi pada styrofoam disebabkan oleh struktur kimianya yang lebih mudah terurai dibandingkan dengan HDPE dan LDPE. Penurunan konsumsi larva pada akhir periode penelitian dipengaruhi oleh faktor suhu, kelembapan, dan tingkat kematian Ulat Jerman. Hasil penelitian ini memperkuat teori bahwa biodegradasi oleh serangga plastivora merupakan metode yang ramah lingkungan, murah, dan potensial untuk pengurangan limbah plastik. Simpulan : Pemanfaatan Ulat Jerman terbukti efektif dalam menurunkan berat sampah plastik, terutama jenis styrofoam. Disarankan untuk mengoptimalkan kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan, menekan angka kematian larva, serta meneliti keamanan dan potensi pemanfaatan Ulat Jerman yang telah mengonsumsi plastik agar hasilnya dapat diterapkan dalam skala lebih luas dan aman bagi ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

1. Acquaye R, Seidu RK, Eghan B, Fobiri GK. Consumer attitude and disposal behaviour to second-hand clothing in Ghana. *Sci African*. 2023; 21:e01887.
2. Perpres Nomor 97 Tahun 2017. Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. 2017; Pasal 5.
3. Sumantri A. Kesehatan Lingkungan. Edisi Revisi. Depok: Prenada Media; 2017.
4. Nayanathara Thathsarani Pilapitiya PGC, Ratnayake AS. The world of plastic waste: A review. *Clean Mater*. 2024; 11:100220.
5. Peng BY, Li , Fan R, Chen Z, Chen J, Brandon M et al. Biodegradation of low-density polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and limited extent depolymerization. *Environ Pollut*. 2020; 266:115206.
6. Siddiqui SA, Manap ASA, Kolobe SD, Monnye M, Yudhistira B, Fernando, I. Insects for plastic biodegradation – A review. *Process Saf Environ Prot*. 2024; 186:833–849.
7. Athanasopoulos P, Zabaniotou A. Post-consumer textile thermochemical recycling to fuels and biocarbon: A critical review. *Sci Total Environ*. 2022; 834:155387.
8. Fursov VN, Cherney LS. *Zophobas atratus* (Fabricius, 1775) – new genus and species of darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) for the fauna of Ukraine. *Ukr Entomol J*. 2018; 14:10–24.

9. Rumbos CI, Athanassiou CG. The superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera:Tenebrionidae): A 'sleeping giant' in nutrient sources. *J Insect Sci.* 2021; 21.
10. Kim SY, Kim HG, Song SH, Kim NJ. Developmental characteristics of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. *Int J Ind Entomol.* 2015; 30:45–49.
11. Ichikawa T, Kurauchi T. Larval cannibalism and pupal defense against cannibalism in two species of tenebrionid beetles. *Zoolog Sci.* 2009; 26: 525–529.
12. Tay JH, Asib N, Aziz NAA, Tan GH. Biodegradation of Expanded and Extruded Polystyrene with Different Diets by Using *Zophobas atratus* Larvae (Coleoptera: Tenebrionidae). *Pertanika J Trop Agric Sci.* 2023;46:459–483.
13. Jiang S, Su T, Zhao J, Wang Z. Biodegradation of polystyrene by *tenebrio molitor*, *galleria mellonella*, and *zophobas atratus* larvae and comparison of their degradation effects. *Polymers (Basel).* 2021; 13.
14. Urbanek AK, Rybak J, Hanus-Lorenz B, Komisarczyk DA, Mirończuk AM. *Zophobas morio* versus *Tenebrio molitor*: Diversity in gut microbiota of larvae fed with polymers. *Sci Total Environ.* 2024; 952.
15. Maulana A. Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Berdasarkan Parameter Kimia Menggunakan *Zophobas Morio* [skripsi] Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia; 2023.
16. Peng BY, Sun Y, Wu Z, Chen J, Shen Z, Zhou X et al. Biodegradation of polystyrene and low-density polyethylene by *Zophobas atratus* larvae: Fragmentation into microplastics, gut microbiota shift, and microbial functional enzymes. *J Clean Prod.* 2022; 367:132987.
17. Peng BY, Sun Y, Wu Z, Chen J, Shen Z, Zhou X et al. Biodegradation of polystyrene and low-density polyethylene by *Zophobas atratus* larvae: Fragmentation into microplastics, gut microbiota shift, and microbial functional enzymes. *J Clean Prod.* 2022; 367:132987.
18. Penzes JJ, Holm M., Yost SA, Kaelber JT. Cryo-EM-based discovery of a pathogenic parvovirus causing epidemic mortality by black wasting disease in farmed beetles. *Cell.* 2024; 187:5604-5619.
19. Bertola M, Mutinelli F. A systematic review on viruses in mass-reared edible insect species. *Viruses.* 2021; 13:1–31.
20. Zielińska E, Zieliński D, Jakubczyk A, Karaś M, Pankiewicz U, Flasz B et al. The impact of polystyrene consumption by edible insects *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* on their nutritional value, cytotoxicity, and oxidative stress parameters. *Food Chem.* 2021; 345.