

KEMAMPUAN ULAT JERMAN (*ZOPHOBAS MORIO*) DALAM MENURUNKAN BERAT SAMPAH PLASTIK

Sari Arlinda^{1*}, Muhammad Farrel Alfirdaus²

Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya¹, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Kemenkes Poltekkes Padang²

*Corresponding Author : sariarlinda@unsri.ac.id

ABSTRAK

Produksi global plastik mencapai 413,8 juta ton pada tahun 2023 dengan persentase 19,7% dari total timbulan sampah global. Sampah anorganik tergolong kedalam sampah yang sulit membusuk, seperti plastik, karet, gelang, dan sebagainya. 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. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dalam menurunkan berat sampah plastik. Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimental dengan desain eksperimen semu dengan melihat kemampuan penurunan berat sampah plastik 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 mulai bulan Januari-Juni 2025 pada rumah yang dikondisikan untuk memungkinkan berjalannya penelitian. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan bahwa Ulat Jerman mampu menurunkan berat sampah dengan persentase penurunan berat sampah plastik kantong kresek High-Density Polyethylene (HDPE) sebesar 10,2 %, plastik bungkus makanan Low-Density Polyethylene (LDPE) sebesar 11,8 %, dan styrofoam Expanded Polystyrene (EPS) sebesar 66,6 %. Ulat Jerman mempunyai kemampuan dalam mengolah sampah plastik. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat mempelajari bagaimana cara menekan angka kematian Ulat Jerman, mempercepat proses penguraian sampah plastik dengan menggunakan Ulat Jerman.

Kata kunci : biodegradasi, sampah plastik, Ulat Jerman

ABSTRACT

Global plastic production will reach 413.8 million tons in 2023, accounting for 19.7% of total global waste generation. Inorganic waste is classified as non-biodegradable waste, including plastics, rubber, and other materials such as bracelets. Among the many methods for processing plastic waste, some offer low costs and are more environmentally friendly. One method involves using insects that can consume plastic. The type of research conducted was experimental with a quasi-experimental design by observing the ability to reduce the weight of High-Density Polyethylene (HDPE) plastic bag waste, Low-Density Polyethylene (LDPE) food packaging plastic, and Expanded Polystyrene (EPS) styrofoam after sample treatment using 200 German Caterpillar larvae (*Zophobas morio*). This research was conducted from January to June 2025 in a house that was prepared to accommodate the research. Based on the results of this study, it was found that German caterpillars were able to reduce the weight of waste with a percentage reduction in the weight of High-Density Polyethylene (HDPE) plastic bag waste of 10.2%, Low-Density Polyethylene (LDPE) plastic food packaging of 11.8%, and Expanded Polystyrene (EPS) styrofoam of 66.6%. German caterpillars can process plastic waste. Further research is needed to determine how to reduce the mortality rate of German caterpillars and accelerate the process of plastic waste decomposition using German caterpillars.

Keywords : biodegradation, German Caterpillar, plastic waste

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 timbulan sampah global. Produksi plastik global tahunan lebih dari 359 juta ton. (Acquaye et al., 2023) 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. (Perpres, 2017; Sumantri A, 2017)

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. (Nayanathara Thathsarani Pilapitiya & Ratnayake, 2024)

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). (Nayanathara Thathsarani Pilapitiya & Ratnayake, 2024) 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. (Peng et al., 2020; Siddiqui et al., 2024)

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. (Athanasopoulos & Zabaniotou, 2022; Fursov & Cherney, 2018; Ichikawa & Kurauchi, 2009; Jiang et al., 2021; Kim et al., 2015; Rumbos & Athanassiou, 2021; Tay et al., 2023; Urbanek et al., 2024) 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. (Ganesh Kumar et al., 2021; Maulana, 2023; Siddiqui et al., 2024; Wang et al., 2022)

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. (Ferrer, 2025; Peng BY, Li, Fan R, Chen Z, Chen J, 2020; Siddiqui, Shahida Anusha; Abdul Manap, Aimi Syamima; Kolobe, Sekobane Daniel; Monnye, Mabelebele; Yudhistira, Bara; Fernando, 2024; Urbanek et al., 2024)

Namun, efisiensi degradasi bergantung pada periode pemaparan 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. (Kim et al., 2015; Maulana, 2023; Penzes et al., 2024; Siddiqui, Shahida Anusha; Abdul Manap, Aimi Syamima; Kolobe, Sekobane Daniel; Monnye, Mabelebele; Yudhistira, Bara; Fernando, 2024; Siddiqui et al., 2024) 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. (Ganesh Kumar et al., 2021; Jiang et al., 2021; Peng et al., 2020, 2022; Siddiqui, Shahida Anusha; Abdul Manap, Aimi Syamima; Kolobe, Sekobane Daniel; Monnye, Mabelebele; Yudhistira, Bara; Fernando, 2024)

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan larva *Zophobas morio* (Ulat Jerman) dalam mendegradasi berbagai jenis sampah plastik, khususnya *Expanded Polystyrene* (EPS), *High-Density Polyethylene* (HDPE), dan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) dan membandingkan efektivitas ketiga jenis plastik tersebut terhadap proses biodegradasi oleh Ulat Jerman serta mengidentifikasi faktor-faktor biologis dan lingkungan yang mempengaruhi efisiensi degradasi, termasuk pengaruh pemberian makanan tambahan berupa sayuran terhadap laju penurunan berat plastik.

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimental dengan desain eksperimen semu dengan melihat kemampuan penurunan berat sampah plastik 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 mulai bulan Januari-Juni 2025 di ruangan khusus yang dikondisikan untuk memungkinkan berjalannya penelitian. Data primer diperoleh oleh peneliti melalui penelitian dan pengamatan secara langsung pada ruangan yang dikondisikan untuk memungkinkan berjalannya penelitian. Pada tahap pembuatan media, siapkan 3 *litter box*, masukan dedak padi secukupnya sehingga menutupi bagian dasar pada *litter box*, dan media siap untuk digunakan. Dedak padi berfungsi sebagai media bagi Ulat Jerman agar tubuh larva tidak basah. Pada tahap perlakuan sampel, letakan 3 *litter box* pada tempat yang berdekatan, tetapi tidak menempel satu sama lain, berikan kapur ajaib pada sekitar *litter box*, potong sampah plastik menjadi 10 g, masukan sampah plastik kantong kresek HDPE, sampah plastik bungkus makanan LDPE, sampah *styrofoam* EPS 10 g ke masing-masing *litter box* yang telah disediakan, masukan Ulat Jerman masing-masing 200 larva ke dalam 3 *litter*

box, ukur penurunan berat sampah plastik yang terjadi dengan timbangan digital setiap 5 hari sekali, lakukan pengukuran suhu dan kelembapan setiap hari, amati kondisi Ulat Jerman 1 kali sehari, ulat yang mati, kotoran, maupun sisa ganti kulit dari Ulat Jerman dikeluarkan 1 kali sehari, catat hasil yang didapatkan, lakukan prosedur ini selama 30 hari, dan lakukan prosedur yang sama pada wadah lainnya.

Analisis data yang dilakukan adalah analisis univariat dengan menampilkan hasil data pengamatan dan penimbangan berat masing-masing sampah plastik sebelum dan sesudah dipaparkan dengan larva Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dengan menyajikan data selisih dan persentase penurunan berat masing-masing jenis sampah plastik dengan lima kali pengulangan.

HASIL

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 1.

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
Total	50	44,9	5,1	51,0
Rata-Rata	10,0	8,98	1,02	10,2

Berdasarkan tabel 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
Total	50	44,1	5,9	59,0
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%.

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%.

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
Total	50	16,7	33,3	333,0
Rata-Rata	10,0	3,34	6,66	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). (ROSDI et al., 2025) Pada penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini penurunan sampah lebih terlihat dengan adanya selisih penurunan sekitar $\pm 5,2\%$. (ROSDI et al., 2025) 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. (Peng et al., 2022) 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. (Peng et al., 2020) Pada penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan pada penelitian ini penurunan sampah lebih lambat dengan adanya selisih penurunan sekitar 1,32 g. (Peng et al., 2020)

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. (Jiang et al., 2021) 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*. (Jiang et al., 2021) 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. (Peng et al., 2022) 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.(ROSDI et al., 2025) 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.(ROSDI et al., 2025)

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.(Peng et al., 2022)

Kepadatan *Polystyrene* (PS) memiliki Kepadatan $1,1 \pm 0,19$ g/cm³ dan kekuatan tarik $3 \pm 1,13$ 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.(Peng et al., 2022) 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.(ROSDI et al., 2025)

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. (Penzes et al., 2024) Sebelum mati, larva memang tidak menunjukkan perubahan morfologi, tetapi setelah mati, bangkai akan menghitam dengan cepat, terkontaminasi lebih intens, 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). (Bertola & Mutinelli, 2021)

Penelitian Zielinska pada tahun 2021 menemukan sitotoksisitas 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. Yang menarik adalah ekstrak dari serangga yang diberi makan polistirena berbusa menunjukkan sitotoksisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan serangga yang diberi makan diet kontrol. (Zielińska et al., 2021)

Penelitian yang dilakukan menjawab rumusan masalah yang diajukan. Dalam penelitian ini terbukti bahwa Ulat Jerman mampu menurunkan sampah plastik bungkus makanan *Styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) dengan paling efektif jika dibandingkan jenis sampah HDPE dan LDPE. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jiang et al pada tahun 2021 bahwa 200 ekor superworm mampu mengonsumsi PS sebesar 7,95 g dalam 30 hari. (Jiang et al., 2021) 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.

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian lain yang menunjukkan bahwa suplementasi nutrisi atau ko-substrat meningkatkan laju konsumsi dan survivorship larva serta aktivitas mikroba usus yang terlibat dalam depolimerisasi. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa larva yang diberi polistirena bersama sumber nutrisi tambahan menunjukkan laju pemrosesan yang lebih tinggi daripada ketika diberi plastik sebagai satu-satunya pakan, memperkuat hipotesis bahwa ko-substrat menyediakan energi/metabolit pendukung untuk pembentukan enzim depolimerisasi atau mendukung mikrobiota degradasi. (Peng et al., 2022; Rumbos & Athanassiou, 2021; Urbanek et al., 2024; Zielińska et al., 2021) Pada penelitian selanjutnya, perlu diteliti lebih lanjut tentang bagaimana menekan angka kematian Ulat Jerman selama proses biodegradasi sampah plastik. Melakukan analisis produk degradasi memakai GC-MS/FTIR dan pengukuran mineralisasi (respirasi CO₂). Dan melakukan evaluasi rasio optimal plastik:ko-substrat untuk memaksimalkan degradasi sambil meminimalkan residu toksik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan bahwa Ulat Jerman mampu menurunkan berat sampah dengan persentase penurunan berat sampah plastik kantong kresek *High-Density Polyethylene* (HDPE) sebesar 10,2 %, plastik bungkus makanan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebesar 11,8 %, dan *styrofoam Expanded Polystyrene* (EPS) sebesar 66,6 %. Disarankan kepada peneliti selanjutnya agar dapat mempelajari bagaimana cara menekan angka kematian Ulat Jerman, mempercepat proses penguraian sampah plastik dengan menggunakan Ulat Jerman, mempelajari alternatif lain selain Ulat Jerman, dan dampak dari konsumsi Ulat Jerman yang telah mengonsumsi sampah plastik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya dan Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang atas dukungan fasilitas dan teknis selama proses penelitian ini. Terima kasih yang tulus juga diberikan kepada rekan-rekan peneliti yang telah memberikan saran berharga dalam penyempurnaan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaye, R., Seidu, R. K., Eghan, B., & Fobiri, G. K. (2023). *Consumer attitude and disposal behaviour to second-hand clothing in Ghana*. *Scientific African*, 21(September), e01887. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01887>
- Athanasopoulos, P., & Zabaniotou, A. (2022). *Post-consumer textile thermochemical recycling to fuels and biocarbon: A critical review*. *Science of the Total Environment*, 834(February), 155387. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155387>
- Bertola, M., & Mutinelli, F. (2021). *A systematic review on viruses in mass-reared edible insect species*. *Viruses*, 13(11), 1–31. <https://doi.org/10.3390/v13112280>
- Ferrer, J. F. Ø. (2025). *New species of darkling beetles from Central America with systematic notes (Coleoptera: Tenebrionidae)*. *Annales Zoologici*. https://www.researchgate.net/publication/273791077_New_species_of_darkling_beetles_from_Central_America_with_systematic_notes_Coleoptera_Tenebrionidae
- Fursov, V. N., & Cherney, L. S. (2018). *Zophobas atratus (Fabricius, 1775) – new genus and species of darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) for the fauna of Ukraine*. *Ukrainian Entomological Journal*, 14(1), 10–24. <https://doi.org/10.15421/281802>
- Ganesh Kumar, A., Hinduja, M., Sujitha, K., Nivedha Rajan, N., & Dharani, G. (2021). *Biodegradation of polystyrene by deep-sea Bacillus paralicheniformis G1 and genome analysis*. *Science of the Total Environment*, 774, 145002. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145002>
- Ichikawa, T., & Kurauchi, T. (2009). *Larval cannibalism and pupal defense against cannibalism in two species of tenebrionid beetles*. *Zoological Science*, 26(8), 525–529. <https://doi.org/10.2108/zsj.26.525>
- Jiang, S., Su, T., Zhao, J., & Wang, Z. (2021). *Biodegradation of polystyrene by tenebrio molitor, galleria mellonella, and zophobas atratus larvae and comparison of their degradation effects*. *Polymers*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/polym13203539>
- Kim, S. Y., Kim, H. G., Song, S. H., & Kim, N. J. (2015). *Developmental characteristics of Zophobas atratus (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars*. *International Journal of Industrial Entomology*, 30(2), 45–49. <https://doi.org/10.7852/ijie.2015.30.2.45>
- Maulana, A. (2023). Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Sayuran Dan Masker Medis Menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*) Berdasarkan Parameter Kimia. 1–64.
- Nayanathara Thathsarani Pilapitiya, P. G. C., & Ratnayake, A. S. (2024). *The world of plastic waste: A review*. *Cleaner Materials*, 11(August 2023), 100220. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100220>
- Peng, B. Y., Li, Y., Fan, R., Chen, Z., Chen, J., Brandon, A. M., Criddle, C. S., Zhang, Y., & Wu, W. M. (2020). *Biodegradation of low-density polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of Zophobas atratus (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and limited extent depolymerization*. *Environmental Pollution*, 266, 115206. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115206>
- Peng, B. Y., Sun, Y., Wu, Z., Chen, J., Shen, Z., Zhou, X., Wu, W. M., & Zhang, Y. (2022). *Biodegradation of polystyrene and low-density polyethylene by Zophobas atratus larvae:*

- Fragmentation into microplastics, gut microbiota shift, and microbial functional enzymes. Journal of Cleaner Production, 367*(July), 132987. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132987>
- Peng BY, Li , Fan R, Chen Z, Chen J, B. M. et al. (2020). *Biodegradation of low-density polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of Zophobas atratus (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and limited extent depolymerization. Environ Pollut., 266.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115206>
- Penzes, J. J., Holm, M., Yost, S. A., & Kaelber, J. T. (2024). *Cryo-EM-based discovery of a pathogenic parvovirus causing epidemic mortality by black wasting disease in farmed beetles. Cell, 187*(20), 5604-5619.e14. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.07.053>
- Perpres. (2017). *Kebijakan-Dan-Strategi-Daerah-Pengelolaan-Sampah-Rumah-Tangga-Dan-Sampah-Sejenis-Sampah-Rumah-Tangga27.Pdf.*
- Rosdi, M. A. A. B. M., Hashim, N. H. B. H. B., & Fuzi, S. F. Z. B. M. F. B. M. (2025). *The Effect of Zophobas Morio Superworms as the Agent towards Polystyrene Biodegradation to Reduce Plastic Waste Pollution. Progress in Engineering Application and Technology, 6*(1), 54–64. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/peat/article/view/19009>
- 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). <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>
- Siddiqui, Shahida Anusha ; Abdul Manap, Aimi Syamima ; Kolobe, Sekobane Daniel ; Monnye, Mabelebele ; Yudhistira, Bara ; Fernando, I. (2024). *Insects for plastic biodegradation – A review. Process Safety and Environmental Protection, 186,* 833–849. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.04.021>
- Sumantri A. (2017). *Kesehatan Lingkungan.* Prenada Media.
- Tay, J. H., Asib, N., Aziz, N. A. A., & Tan, G. H. (2023). *Biodegradation of Expanded and Extruded Polystyrene with Different Diets by Using Zophobas atratus Larvae (Coleoptera: Tenebrionidae). Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 46*(2), 459–483. <https://doi.org/10.47836/pjtas.46.2.06>
- Urbanek, A. K., Rybak, J., Hanus-Lorenz, B., Komisarczyk, D. A., & Mirończuk, A. M. (2024). *Zophobas morio versus Tenebrio molitor: Diversity in gut microbiota of larvae fed with polymers. Science of the Total Environment, 952*(March). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176005>
- Wang, J., Wang, Y., Li, X., Weng, Y., Wang, Y., Han, X., Peng, M., Zhou, A., & Zhao, X. (2022). *Different performances in polyethylene or polystyrene plastics long-term feeding and biodegradation by Zophobas atratus and Tenebrio molitor larvae, and core gut bacterial- and fungal-microbiome responses. Journal of Environmental Chemical Engineering, 10*(6), 108957. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108957>
- Zielińska, E., Zieliński, D., Jakubczyk, A., Karaś, M., Pankiewicz, U., Flasz, B., Dziewięcka, M., & 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*(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128846>