



Pengaruh Perbedaan Proporsi Sampah *Polystyrene Paper* (PSP) terhadap Pertumbuhan dan Kesintasan Larva Kumbang Hitam (*Zophobas morio* Fab.)

The Effects of PSP (Polystyrene Paper) Waste's Proportion Differences on Growth and Survival Rate of Black Beetle Larvae (*Zophobas morio* Fab.)

WACHJU SUBCHAN^{1*}, VENDI EKO SUSILO², DAN RAFAEL WAHYU WIJAYA²

¹Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37 Jember. 68121. Indonesia.

²Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Jl. Kalimantan No. 37 Jember, 68121. Indonesia.

*wsbchan@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 June 2023

Accepted 07 March 2024

Published 31 July 2024

Keywords:

Biodegradation

Larvae

Polystyrene paper

Zophobas morio

ABSTRACT

Plastic pollution is a global problem that is urgent to be solved immediately. Meanwhile, the increase in world population has resulted in an increase in plastic waste. One type of plastic that is widely used by people is polystyrene paper (PSP). Darkling beetle larvae (*Zophobas morio* Fab.) are known to be able to degrade polystyrene. This study aims to determine the effect of the proportion of Polystyrene Paper (PSP) on of *Z. morio* larvae's growth and survival rate as well as PSP degradation rate by *Z. morio* larvae. The research was conducted at Center for Development of Advanced Science and Technology, University of Jember, Indonesia. The *Z. morio* larvae used had a body length of 3-4 cm and a body biomass of 0.17-0.27 g. The study used a completely randomized design (CRD) for 4 weeks. Parameters measured included body length growth, wet and dry biomass growth, survival rate, and PSP degradation rate. The results showed that the proportion of PSP had a significant effect on the larvae growth and PSP degradation rate by *Z. morio* larvae. The lower proportion of PSP waste affected on the higher growth of *Z. morio* larvae. However, the difference in the proportion of PSP waste had no significantly effect on the survival rate of *Z. morio* larvae. The highest proportion responding to PSP waste degradation occurred in P4 (10% concentrate + 80% PSP + 10% chayote) was 1.492 mg/g-larvae/week.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 13 Juni 2023

Disetujui 07 Maret 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

Kata kunci:

Biodegradasi

Larva

Polystyrene paper

Zophobas morio

ABSTRAK

Pencemaran plastik merupakan salah satu permasalahan global yang urgen untuk segera diatasi. Sementara, pertumbuhan penduduk dunia yang terus meningkat memberikan konsekuensi kecenderungan peningkatan sampah plastik. Dari berbagai jenis plastik, *Polystyrene Paper* (PSP) merupakan salah satu jenis plastik yang sering digunakan masyarakat. Larva Kumbang Hitam (*Zophobas morio* Fab.) diketahui mampu mendegradasi *polystyrene* (PS). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi sampah PSP terhadap pertumbuhan dan kesintasan larva *Zophobas morio* Fab. (*Z. morio*) serta tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio*. Penelitian dilaksanakan di Gedung Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Jember, Indonesia. Larva *Z. morio* yang digunakan berukuran panjang tubuh 3 – 4 cm dan biomassa tubuh 0,17 – 0,27 g. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) selama 4 minggu. Parameter yang diukur antara lain pertumbuhan panjang tubuh, pertumbuhan biomassa basah tubuh, pertumbuhan biomassa kering tubuh, kesintasan larva, dan tingkat degradasi sampah PSP. Pengambilan data parameter penelitian dilakukan setiap tujuh hari sekali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi sampah PSP berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan larva dan tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio*. Semakin rendah proporsi sampah PSP, maka semakin tinggi pertumbuhan larva *Z. morio*. Namun, perbedaan proporsi sampah PSP berpengaruh tidak signifikan terhadap kesintasan larva *Z. morio*. Proporsi yang memberikan respons terjadinya degradasi sampah PSP tertinggi terjadi pada P4 (10% konsentrat + 80% PSP + 10% labu siam) sebesar 1,492 mg/g-larva/minggu.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat, sampah merupakan salah satu permasalahan yang sangat serius bagi bangsa Indonesia (Apriyani *et al.*, 2020). Jumlah sampah di Indonesia terus meningkat tiap tahunnya (Wardany *et al.*, 2020). Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI (2021), jumlah sampah plastik mencapai 18,2% dari 41,2 juta ton total keseluruhan sampah di Indonesia. Salah satu jenis sampah plastik yang banyak digunakan masyarakat adalah *Styrofoam* (Suryo & Wilasati, 2021). *Styrofoam* merupakan merek dagang yang memproduksi berbagai jenis *polystyrene* (PS). Salah satu jenis *styrofoam* yaitu *Polystyrene Paper* (PSP). PSP seringkali digunakan sebagai pembungkus (*tray*) makanan sebab dinilai praktis, ringan, dan mampu mempertahankan kesegaran makanan (Fikri & Veronica, 2018). Di sisi lain, Hemistanora *et al.* (2020) menjelaskan bahwa PS merupakan jenis plastik yang sulit terurai secara alami dan tidak mudah didaur-ulang. Keberadaan sampah PS yang tidak dikelola dengan cermat akan mengancam kualitas lingkungan hidup. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengelolaan sampah PS yaitu biodegradasi.

Biodegradasi merupakan proses penguraian struktur kimia kompleks suatu materi menjadi bentuk yang lebih sederhana melalui aktivitas enzimatis suatu organisme (Eskander & Saleh, 2017). Organisme yang mampu melakukan biodegradasi disebut dengan biodegradator. Menurut Tang *et al.*, (2017), larva Kumbang Hitam (*Zophobas morio* Fab.) mampu mendegradasi PS. Larva *Z. morio* disebut juga dengan Ulat Jerman. Kumbang Hitam diklasifikasikan ke dalam Ordo Coleoptera dan Famili Tenebrionidae. Larva ini berwarna kuning kecoklatan dengan ujung anterior dan posterior yang berwarna coklat tua (Rumbos & Athanassiou, 2021).

Larva *Z. morio* mampu mendegradasi PS sebab pada usus larva *Z. morio* terdapat bakteri *Pseudomonas* sp. DSM 50071 yang mensekresikan enzim *S-formylglutathione hydrolase* (SGT) dan *serine hydrolase* (SH). Enzim tersebut mampu menginisiasi oksidasi ikatan benzil pada PS menjadi fragmen molekul-molekul kecil (Kim *et al.*, 2020). Penelitian sebelumnya membahas kemampuan larva *Z. morio* sebagai biodegradator PS dalam periode waktu. Kim *et al.* (2020) telah meneliti kemampuan 50 ekor larva *Z. morio* dalam mendegradasi PS dalam waktu 21 hari. Hasil penelitian tersebut yaitu rerata laju degradasi PS untuk 50 ekor larva *Z. morio* sebesar 68 mg per hari. Kemudian Yang *et al.* (2019) meneliti kemampuan 300 ekor larva *Z. morio* dalam mendegradasi PS dalam waktu 28 hari. Penelitian tersebut membuktikan bahwa setiap larva *Z. morio* mampu mengonsumsi PS sebanyak 0,58 mg per hari.

Keterbaruan dalam penelitian ini yaitu penggunaan sampah PS jenis PSP dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan larva, kesintasan larva, serta tingkat degradasi sampah PSP menggunakan proporsi yang berbeda. Pertumbuhan larva dapat ditunjukkan dari panjang dan biomassa tubuh larva *Z. morio*. Kesintasan dapat ditunjukkan dari jumlah kesintasan larva *Z. morio*. Tingkat degradasi sampah PSP dapat ditunjukkan dari massa PSP yang telah

dikonsumsi larva *Z. morio*. Pengaruh sampah PSP terhadap ketiga aspek tersebut belum pernah dikaji dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut: untuk mengetahui pengaruh perbedaan proporsi sampah PSP terhadap pertumbuhan larva *Z. morio*; untuk mengetahui pengaruh perbedaan proporsi sampah PSP terhadap kesintasan larva *Z. morio*; dan untuk mengetahui pengaruh perbedaan proporsi terhadap tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio*.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain wadah pemeliharaan larva (toples kaca) diameter 9,5 cm x tinggi 16,5 cm, kotak kayu ukuran 45 cm x 45 cm, saringan nomor 50, pinset, penggaris ketelitian 1 mm, neraca digital ketelitian 0,01 g, neraca analitik ketelitian 0,0001 g, oven, lemari pendingin, baskom plastik ukuran 40cm x32 cm x15 cm, gunting, ayakan, dan termohigrometer. Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain sampah PSP, labu siam, konsentrat *pre-starter*, arang sekam, air, alkohol 70%, dan *aluminium foil*.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Tahap Persiapan Perlakuan

Penelitian diawali dengan mempersiapkan tempat penelitian, larva *Z. morio*, dan pembersihan sampah PSP. Tempat penelitian berada di Gedung Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Jember, Indonesia. Suhu dalam ruang penelitian 26 (± 1)°C. Meja dan wadah pemeliharaan disterilkan menggunakan alkohol 70%. Larva *Z. morio* dipelihara dalam kotak kayu ukuran 45 cm x 45 cm dan diberi pakan konsentrat dan labu siam hingga mencapai panjang dan biomassa basah tubuh yang diperlukan. Labu siam diberikan terutama berfungsi sebagai pemenuhan kebutuhan air minum bagi larva. Panjang dan biomassa tubuh larva yang digunakan dalam penelitian yaitu 3 - 4 cm dan 0,17 - 0,27 g. Sampah PSP diperoleh dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) Sukorejo Jember. Sampah PSP direndam pada campuran arang sekam dan air dengan perbandingan 1:1 selama 3 hari yang berfungsi sebagai absorban substansi toksik yang terkandung dalam PSP. Kemudian, sampah PSP dicuci menggunakan air bersih dan dikeringkan pada tempat teduh. Selanjutnya sampah PSP dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm menggunakan gunting.

2.2.2 Desain Perlakuan

Desain perlakuan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 1 kontrol (90% konsentrat, 0% PSP, dan 10% labu siam), dan 5 perlakuan yaitu: P1 (40% Konsentrat, 50% PSP, dan 10% labu siam), P2 (30% konsentrat, 60% PSP, dan 10% labu siam), P3 (20% konsentrat, 70% PSP, dan 10% labu siam), P4 (10% konsentrat, 80% PSP, dan 10% labu siam), dan P5 (0% konsentrat, 90% PSP, dan 10% labu

siam) dengan menggunakan 3 ulangan selama 4 minggu. Proporsi komponen pakan dalam penelitian ini didasarkan atas berat basah bahan (gram) yang digunakan sebagai pakan. Konsentrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrat pakan ayam broiler fase *starter* (BPR1 PS) produk dari *Patriot Feed*. Jumlah larva *Z. morio* tiap wadah pemeliharaan adalah 25 individu sehingga jumlah total larva *Z. morio* yang diteliti yaitu 450 individu. Kebutuhan pakan larva *Z. morio* tiap wadah selama satu minggu adalah $0,08 \times$ biomassa basah total (g) \times 7 hari. Desain penelitian ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Desain perlakuan

Perlakuan	Proporsi		
	Konsentrat (%)	PSP (%)	Labu siam (%)
K	90	0	10
P1	40	50	10
P2	30	60	10
P3	20	70	10
P4	10	80	10
P5	0	90	10

Keterangan: K: Kontrol; P: Perlakuan.

2.2.3 Tahap Pelaksanaan Perlakuan

Setiap wadah pemeliharaan diletakkan secara acak di atas meja pemeliharaan. Larva *Z. morio* dimasukkan ke dalam setiap wadah pemeliharaan sesuai jumlah yang telah ditentukan. Labu siam dan PSP disiapkan dalam bentuk potongan-potongan kecil berukuran sekitar 1 cm³. Selanjutnya konsentrat, labu siam dan PSP ditimbang sesuai persentase proporsi tiap perlakuan dan dicampur kemudian dimasukkan ke dalam wadah pemeliharaan tiap perlakuan. Pemberian konsentrat, labu siam, dan PSP yang baru diberikan setiap 7 hari sekali. Kemudian panjang tubuh, biomassa basah tubuh, biomassa kering tubuh, kesintasan larva, dan sisa PSP diukur setiap 7 hari sekali. Sisa PSP berupa serpihan dipisahkan dari feses dengan menggunakan ayakan. Sisa PSP selanjutnya diukur massanya sebagai massa PSP yang tidak terkonsumsi oleh larva *Z. morio*. Data biomassa basah terbaru dijadikan dasar untuk penghitungan banyaknya massa pemberian pakan larva *Z. morio* untuk 1 minggu berikutnya. Demikian seterusnya hingga penelitian selesai.

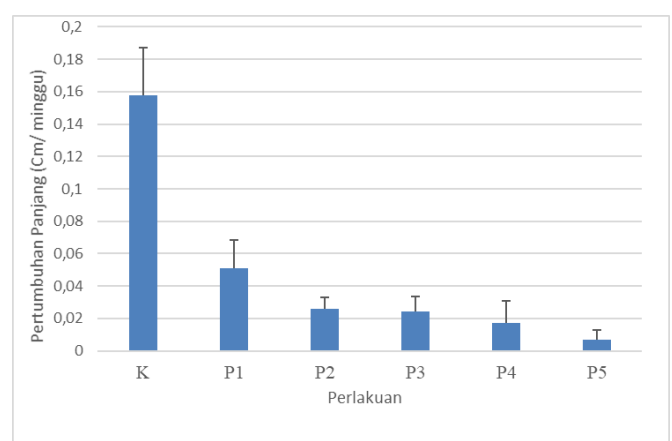
2.2.4 Analisis Data

Analisis data menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perbedaan proporsi sampah PSP terhadap pertumbuhan dan kesintasan larva *Z. morio* serta tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio*. Kondisi awal larva *Z. morio* sebelum perlakuan dipastikan homogen dan terdistribusi normal. Uji homogenitas varian *Levene's Test* dilakukan untuk mengetahui apakah larva *Z. morio* adalah homogen. Data biomassa basah Larva *Z. morio* terbukti homogen melalui uji homogenitas dan juga dilakukan uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov*, berikut dilakukan uji ANOVA.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Perbedaan Proporsi Sampah PSP terhadap Pertumbuhan Larva *Z. morio*

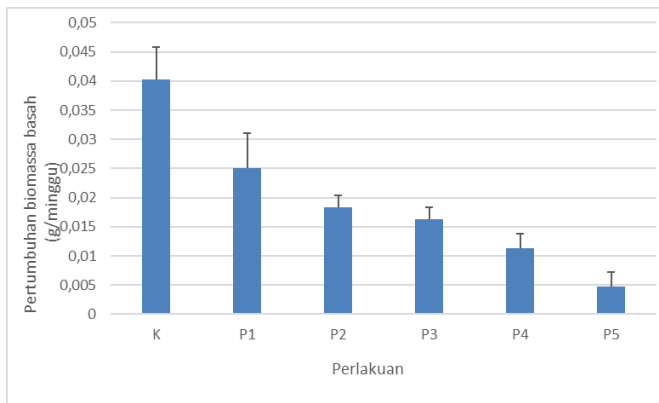
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan proporsi sampah PSP berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan larva *Z. morio*. Aspek yang dianalisis pada variabel pertumbuhan meliputi pertumbuhan panjang tubuh ($p = 0,000$), pertumbuhan biomassa basah tubuh ($p = 0,000$), dan pertumbuhan biomassa kering tubuh ($p = 0,000$) larva *Z. morio*. Kontrol memberikan hasil rerata pertumbuhan panjang, biomassa basah, dan biomassa kering tubuh tertinggi, sementara pertumbuhan larva pada perlakuan lain berangsur menurun seiring peningkatan proporsi sampah PSP. Perbedaan pertumbuhan panjang tubuh larva *Z. morio* antar perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1. Pertumbuhan biomassa basah tubuh larva *Z. morio* tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2. Pertumbuhan biomassa kering tubuh larva *Z. morio* tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 3. Meskipun demikian, perlakuan pemberian sampah PSP yang dicampur pakan tambahan alami masih dapat membuat larva *Z. morio* melakukan pertumbuhan panjang dan biomassa. Pada dasarnya, kurangnya nutrisi dalam pakan mengakibatkan pertumbuhan larva yang tidak optimal (Jiang et al., 2021). Namun Yang et al. (2020) menjelaskan bahwa hasil depolimerisasi karbon PSP oleh larva *Z. morio* akan diubah menjadi 36,7% CO₂ dan 59,2% feses. Selain itu, penelitian sebelumnya oleh Yang et al. (2015) terhadap anggota *Tenebrionidae* lainnya yang juga mampu mendegradasi PSP, larva *Tenebrio molitor* L., menghasilkan kesimpulan bahwa hasil depolimerisasi karbon PSP yang berasimilasi sebagai biomassa yaitu sebesar 0,5%. Hal ini mengindikasikan bahwa hanya sedikit energi yang dapat diberikan oleh PSP namun tetap dapat membuat larva *Z. morio* melakukan pertumbuhan panjang dan biomassa. Pertumbuhan panjang dan biomassa tubuh larva juga dipengaruhi oleh pakan tambahan alami yaitu konsentrat dan labu siam.



Gambar 1. Perbedaan pertumbuhan panjang tubuh larva *Z. morio* antar perlakuan

Keterangan:

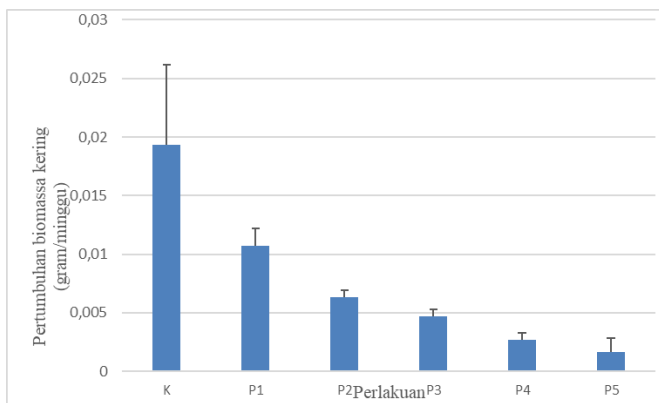
- K : Kontrol (90% konsentrat + 10% labu + 0% PSP);
- P1: Perlakuan 1 (40% konsentrat + 10% labu + 50% PSP);
- P2: Perlakuan 2 (30% konsentrat + 10% labu + 60% PSP);
- P3: Perlakuan 3 (20% konsentrat + 10% labu + 70% PSP);
- P4: Perlakuan 4 (10% konsentrat + 10% labu + 80% PSP);
- P5: Perlakuan 5 (0% konsentrat + 10% labu + 90% PSP).



Gambar 2. Perbedaan pertumbuhan biomassa basah tubuh larva *Z. morio* antar perlakuan

Keterangan:

- K : Kontrol (90% konsentrat + 10% labu + 0% PSP);
- P1: Perlakuan 1 (40% konsentrat + 10% labu + 50% PSP);
- P2: Perlakuan 2 (30% konsentrat + 10% labu + 60% PSP);
- P3: Perlakuan 3 (20% konsentrat + 10% labu + 70% PSP);
- P4: Perlakuan 4 (10% konsentrat + 10% labu + 80% PSP);
- P5: Perlakuan 5 (0% konsentrat + 10% labu + 90% PSP).



Gambar 3. Perbedaan pertumbuhan biomassa kering tubuh larva *Z. morio* antar perlakuan

Keterangan:

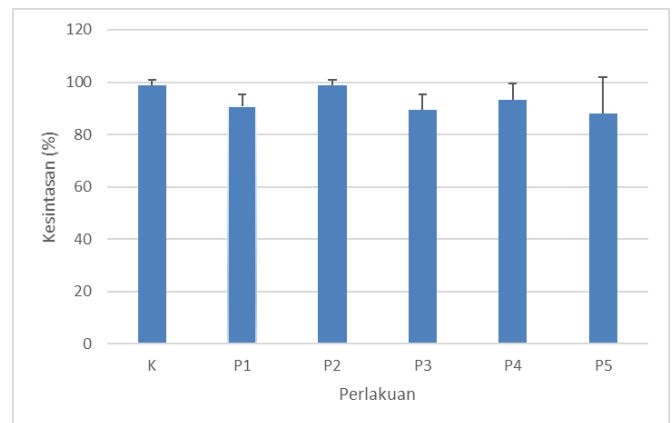
- K : Kontrol (90% konsentrat + 10% labu + 0% PSP);
- P1: Perlakuan 1 (40% konsentrat + 10% labu + 50% PSP);
- P2: Perlakuan 2 (30% konsentrat + 10% labu + 60% PSP);
- P3: Perlakuan 3 (20% konsentrat + 10% labu + 70% PSP);
- P4: Perlakuan 4 (10% konsentrat + 10% labu + 80% PSP);
- P5: Perlakuan 5 (0% konsentrat + 10% labu + 90% PSP).

Konsentrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrat fase *starter*. Konsentrat jenis tersebut lazim digunakan sebagai pakan dalam budidaya larva *Z. morio*. Konsentrat tersebut mengandung protein kasar 24%, kadar air 12%, lemak 5%, serat kasar 4%, kalsium 1,1%, fosfor 0,5%, energi metabolis 2.900 Kkal/kg, dan aflatoksin 40 µg/kg (Comfeed, 2019). Kemudian kandungan nutrisi per 100 g labu siam antara lain 31 kkal kalori, 89–96 g air, 1,74 g protein, 1,56 g karbohidrat, 0,3 g lemak, dan 0,4–7,6 g serat (Vieira et al., 2019). Selain itu, setiap 160 g buah labu siam juga mengandung 0,653 mg vitamin B5, 0,189 mg vitamin B6, 20 µg vitamin B9, 12,8 mg vitamin C, 277 mg kalium, dan 0,27 mg mangan. Buah labu siam juga mengandung asam amino seperti 0,013 g tryptophan, 0,05 g threonin, 0,053 g isoleusin, 0,053 g, 0,093 g leusin, dan 0,048 g lysin (Bekti et al., 2017). Kandungan berbagai nutrisi dalam konsentrat dan labu siam berkontribusi dalam penambahan panjang dan biomassa tubuh larva *Z. morio*. Susrama (2017) menjelaskan bahwa

mineral dan vitamin berfungsi penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tubuh serangga. Sementara, kajian terhadap pencernaan PSP oleh larva *Tenebrio molitor* ditemukan molekul bioaktif (asam lemak dan amida), dan beberapa hidrokarbon di dalam intestinumnya (Tsochatzis, 2021).

3.2 Pengaruh Perbedaan Proporsi Sampah PSP terhadap Kesintasan Larva *Z. morio*

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan proporsi sampah PSP berpengaruh tidak signifikan ($p = 0,326$) terhadap kesintasan larva *Z. morio*. Perbedaan persentase kesintasan larva antar perlakuan ditunjukkan pada Gambar 4. Kontrol memberikan rerata kesintasan 98,7 ($\pm 2,3$)%. P1 memberikan rerata kesintasan 90,7 ($\pm 4,6$)%. P2 memberikan rerata kesintasan 98,7 ($\pm 2,3$)%. P3 memberikan rerata kesintasan 89,3 ($\pm 6,1$)%. P4 memberikan rerata kesintasan 93,3 ($\pm 6,1$)%. P5 memberikan rerata kesintasan 88,0 ($\pm 13,9$)%.



Gambar 4. Perbedaan persentase kesintasan larva *Z. morio* antar perlakuan

Keterangan:

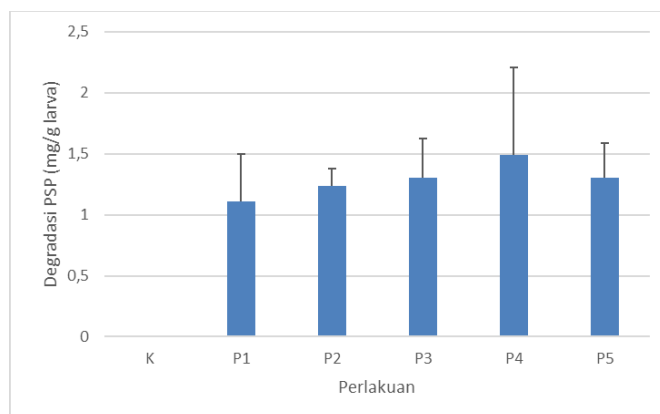
- K : Kontrol (90% konsentrat + 10% labu + 0% PSP);
- P1: Perlakuan 1 (40% konsentrat + 10% labu + 50% PSP);
- P2: Perlakuan 2 (30% konsentrat + 10% labu + 60% PSP);
- P3: Perlakuan 3 (20% konsentrat + 10% labu + 70% PSP);
- P4: Perlakuan 4 (10% konsentrat + 10% labu + 80% PSP);
- P5: Perlakuan 5 (0% konsentrat + 10% labu + 90% PSP).

Perbedaan kesintasan yang tidak signifikan antar perlakuan mengindikasikan bahwa *Z. morio* mampu bertahan hidup dalam rentang proporsi pakan yang diberikan. Yang menarik adalah data yang ditunjukkan oleh P5 (0% konsentrat, 90% PSP, 10% labu siam) dengan kesintasan *Z. morio* sebesar 88,0 ($\pm 13,9$)%. Perlakuan ini adalah perlakuan yang menggunakan proporsi PSP tertinggi yaitu sebesar 90%. Artinya *Z. morio* mampu bertahan hidup dengan kondisi pemberian pakan PSP hingga 90% PSP. Walaupun perbedaan proporsi PSP sebagai pakan berpengaruh tidak signifikan terhadap kesintasan *Z. morio*, namun terdapat kecenderungan bahwa kesintasan *Z. morio* menurun seiring peningkatan proporsi PSP. Hal ini diduga karena PSP dapat bersifat toksik bagi larva serangga bila digunakan sebagai sumber makanan (Hernandez, 2021). PSP yang dikunyah oleh alat mulut larva *Z. morio* akan berubah ukuran hingga menjadi mikroplastik ataupun nanoplastik. Hernandez (2021) menjelaskan bahwa mikroplastik ataupun nanoplastik PS dapat merusak membran (matriks) peritropik dalam saluran pencernaan

tengah (*midgut*) larva serangga. *Midgut* berperan sebagai daerah penyerapan nutrisi bagi serangga, sementara membran peritropik merupakan struktur semipermeabel yang memisahkan lumen dan epitelium *midgut*. Membran peritropik melindungi epitelium *midgut* substansi pakan yang abrasif dan infeksi patogen (Hegedus et al., 2019). Mikroplastik maupun nanoplastik PS yang masuk ke dalam *midgut* dapat mengikis membran peritropik sehingga berpotensi besar menyebabkan gangguan metabolisme dan infeksi patogen pada *midgut*. Gangguan pada saluran pencernaan dapat bersifat mematikan untuk larva serangga (Hernandez, 2021).

3.3 Pengaruh Perbedaan Proporsi terhadap Tingkat Degradasi Sampah PSP oleh Larva *Z. morio*

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan proporsi sampah PSP berpengaruh signifikan ($p = 0,000$) terhadap tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio*. Perbedaan tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio* antar perlakuan ditunjukkan pada Gambar 5. Kontrol memiliki tingkat degradasi PSP sebesar $0,0 (\pm 0,0)$ mg/g-larva/minggu. P1 menunjukkan tingkat degradasi PSP sebesar $1,113 (\pm 0,38537)$ mg/g-larva/minggu. P2 menunjukkan tingkat degradasi PSP sebesar $1,234 (\pm 0,14422)$ mg/g-larva/minggu. P3 menunjukkan tingkat degradasi PSP sebesar $1,308 (\pm 0,3166)$ mg/g-larva/minggu. P4 menunjukkan tingkat degradasi PSP sebesar $1,492 (\pm 0,71686)$ mg/g-larva/minggu. P5 menunjukkan tingkat degradasi PSP sebesar $1,305 (\pm 0,28184)$ mg/g-larva/minggu. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak proporsi PSP dalam pakan maka tingkat degradasi PSP semakin meningkat hingga P4 (10% konsentrat, 80% PSP, 10% labu siam), namun terjadi penurunan pada P5 (0% konsentrat, 90% PSP, 10% labu siam). Hasil ini sangat menarik, bahwa terdapat indikasi bahwa *Z. morio* mau melakukan degradasi PSP jika terdapat proporsi konsentrat.



Gambar 5. Perbedaan tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio* antar perlakuan (K tidak ada diagram batang karena 0% PSP).

Keterangan:

- K : Kontrol (90% konsentrat + 10% labu + 0% PSP);
- P1: Perlakuan 1 (40% konsentrat + 10% labu + 50% PSP);
- P2: Perlakuan 2 (30% konsentrat + 10% labu + 60% PSP);
- P3: Perlakuan 3 (20% konsentrat + 10% labu + 70% PSP);
- P4: Perlakuan 4 (10% konsentrat + 10% labu + 80% PSP);
- P5: Perlakuan 5 (0% konsentrat + 10% labu + 90% PSP).

Peng et al. (2022) menguji pengaruh PS sebagai pakan tunggal terhadap biodegradasi PS oleh larva *Z. morio* selama 28 hari. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa PS sebagai pakan tunggal *Z. morio* tidak mendukung biodegradasi PS dalam jangka panjang sebab dinilai terjadi malnutrisi dan memicu terjadinya peningkatan kanibalisme dan jumlah kematian larva. Oleh karena itu, pemberian proporsi pakan yang tepat antara PS dan pakan tambahan alami dapat meningkatkan tingkat degradasi PS oleh larva *Z. morio*. Hal tersebut didukung oleh Yang et al. (2017) yang menyatakan pakan tambahan alami meningkatkan degradasi PS secara signifikan dibandingkan dengan pakan tunggal PS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa P4 (10% konsentrat + 80% PSP + 10% labu siam) menghasilkan persentase degradasi sampah PSP tertinggi yaitu sebesar $1,492 (\pm 0,71686)$ mg/g-larva/minggu. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan degradasi sampah PSP seiring peningkatan proporsi sampah PSP dalam perlakuan (P1 50% PSP, P2 60% PSP, P3 70% PSP, dan P4 80% PSP) yang kesemuanya ditambahkan pakan konsentrat. Namun, pada P5 dengan 90% PSP dan tanpa konsentrat (90% PSP, 0% konsentrat, 10% labu siam) degradasi PSP menurun tajam. Hal tersebut menguatkan pernyataan bahwa pakan tambahan alami berpengaruh positif terhadap degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio*. PSP merupakan termoplastik anorganik yang bersifat hidrofobik diduga mempersulit pencernaan PSP oleh larva *Z. morio*, sehingga PSP yang tercerna dalam jumlah besar dapat bersifat toksik bagi larva *Z. morio* (Hernandez, 2021).

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut. Perbedaan proporsi sampah PSP berpengaruh signifikan ($p = 0,000$) terhadap pertumbuhan larva *Z. morio*. Semakin rendah proporsi sampah PSP, maka semakin tinggi pertumbuhan larva *Z. morio*. Perbedaan proporsi sampah PSP berpengaruh tidak signifikan ($p = 0,326$) terhadap kesintasan larva *Z. morio*. Perbedaan proporsi sampah PSP berpengaruh signifikan ($p = 0,000$) terhadap tingkat degradasi sampah PSP oleh larva *Z. morio*. P4 (10% konsentrat + 80% PSP + 10% labu siam) memberikan hasil tingkat degradasi sampah PSP tertinggi sebesar $1,492$ mg/g-larva/minggu.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan terima kasih kepada: *Research Group Biologi Remediasi, Universitas Jember dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember* yang memberikan pendanaan atas program riset ini. Ucapan terima kasih juga kepada Prof. Dr. Dr. Tri Handoyo, S.P., Ph.D., selaku Kepala UPT. Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT-CDAST) yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, A., Putri, M.M., & Wibowo, S. Y. (2020). Pemanfaatan sampah plastik menjadi *ecobrick*. Masyarakat berdaya dan inovasi, 1(1), 48-50

- Bekti, E. K., Haryati, S., & Putri, A. S. (2017). Sifat fisikokimia dan organoleptik kulit labu siam (*Sechium edule*) dengan berbagai konsentrasi gula. *Pengembangan rekayasa dan teknologi*, 13(2), 37-42
- Divisi Pakan Ternak Japfa Comfeed. (2019). Spesifikasi produk konsentrat. Jakarta. 1 Agustus. Halaman 1.
- Eskander, S. B., & Saleh, H. M. (2017). Biodegradation: process mechanism. *Environmental science and engineering*, 8, 1-31
- Fikri, E., & Veronica, A. (2018). Effectiveness of carbon monoxide concentration reduction on active carbon contact system in burning polystyrene foam. *Journal of ecological engineering*, 19(4), 1-6
- Hegedus, D. D., Toprak, U., & Erlandson, M. (2019). Peritrophic matrix formation. *Journal of insect physiology*, 117, 103898
- Hernandez, J. C. S. (2021). A toxicological perspective of plastic biodegradation by insect larvae. *Comparative biochemistry and physiology*, 248, 1-19
- 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, 1-13
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). Capaian kinerja pengelolaan sampah. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/#>. Diakses pada 5 Januari 2022
- Kim, H. R., Lee, H. M., Yu, H. C., Jeon, E., Lee, S., Li, J., & Kim, D. H. (2020). Biodegradation of polystyrene by *Pseudomonas* sp. isolated from the gut of superworms (larvae of *Zophobas atratus*). *Environmental science and technology*, 54, 6987-6996
- Peng, B-Y., Li, Y., Chen, Z., Brandon, A. M., Criddle, C. S., Zhang, Y., & Wu, W. (2020). Biodegradation of low-density polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and limited extent depolymerization. *Environmental pollution*, 266(10)
- 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, 1-12
- 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), 1-12
- Singer, M. C., Vasco, D., Parmesan, C., Thomas, C. D., & Ng, D. (1992). Distinguishing between 'preference' and 'motivation' in food choice: an example from insect oviposition. *Animal behaviour*, 44(3), 463-471
- Suryo, S. H., & Wilarsati, A. T. (2021). Design of styrofoam waste treatment equipment for recycling crafts industry. *International journal of progressive sciences and technologies*, 28(1), 331-339
- Susrama, I. G. K. (2017). Kebutuhan nutrisi dan substansi dalam pakan buatan serangga. *Jurnal agroekoteknologi tropika* 6(30), 310-318
- Tsochatzis, E.D., Berggreen, I.E., Nørgaard, J.V., Theodoridis, G., & Dalsgaard, T.K. (2021). Biodegradation of expanded polystyrene by mealworm larvae under different feeding strategies evaluated by metabolic profiling using GC-TOF-MS. *Chemosphere* 281 (2021) 130840
- Vieira, E. F., Pinho, O., Ferreira, I. M. P. L. V. O., & Matos, C. D. (2019). Chayote (*Sechium edule*): A review of nutritional composition, bioactivities and potential applications. *Food Chemistry*, 275(1), 557-568
- Wardany, K, Sari, R. P., & Mariana, E. (2020). Sosialisasi pendirian "Bank Sampah" bagi peningkatan pendapatan dan pemberdayaan perempuan di Margasari. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 364-372
- Yang, S., Anja, M. B., James, C. A. F., Jun, Y., Ning, D., Shn, Y. C., Han, Q.F., Zhi, Y. W., Jie, R., Eric, B., Nan-Qi, R., Robert, M. W., Jizhoung, Z., Craig, S. C., & Wei, M. W. (2017). Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor*). *Chemosphere journal*, 10, 117
- Yang, Y., Yang, J., Wu, W. M., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., Yang, R., & Jiang, L. (2015). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: part 1. chemical and physical characterization and isotopic tests. *Environmental science technology*, 49(20), 12080-12086
- Yang, Y., Wang, J., & Xia, M. (2020). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus*. *Science of the total environment*. 708. 15 March 2020, 135233.