

Efektifitas Penguraian Sampah Rumah Tangga Menggunakan Larva *Black Soldier Fly* dengan Variasi Substrat

Dea Febrica Ervina¹, Yayok Suryo Purnomo², Syadzadhiya Qothrunada Zakiyasin Nisa³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya
*Koresponden email: yayoksp.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 15 Juni 2024

Disetujui: 26 Juni 2024

Abstract

The increase in waste generation in Indonesia in 2023 has reached 17,027,843.29 tons/year. The largest source of waste is categorized as food waste composition originating from household activities with 3997.2 tons/year or a percentage of 38.4%. One approach that can overcome this problem is by using Black Soldier Fly larvae. These larvae can obtain energy and nutrients from vegetable scraps, food scraps, animal carcasses, domestic waste and liquid waste as their food source. This research aims to analyze the effectiveness of decomposing household waste using BSF larvae and the growth of BSF larvae. This research involves a variety of larval feed from household waste that has not been cooked or has undergone a cooking process as well as waste that contains fiber, carbohydrates and is high in protein. The results showed that BSF larvae with a combination of boiled water spinach, catfish head waste, and stale rice (H1) had the highest reduction value, reaching 90%. Meanwhile, the highest weight gain for BSF larvae was on the substrate of boiled water spinach, catfish head waste, stale rice, and vinegar solution (H2) with an ECD value of 69%.

Keywords: household waste, Black Soldier Fly larvae, waste reduction, larval growth

Abstrak

Peningkatan timbulan sampah di Indonesia tahun 2023 telah mencapai 17.027.843,29 ton/tahun. Dikategorikan sumber sampah terbesar berasal dari komposisi sampah sisa makanan yang bersumber dari kegiatan rumah tangga dengan 3997,2 ton/tahun atau dengan persentase 38,4%. Metode pendekatan yang dapat mengatasi permasalahan tersebut salah satunya dengan penggunaan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Larva ini dapat memperoleh tenaga dan nutrisi dari sisa sayur, sisa makanan, bangkai hewan, limbah domestik serta limbah cair sebagai sumber makanan larva. Dengan adanya penelitian ini bertujuan untuk menalisis efektifitas penguraian sampah rumah tangga menggunakan larva BSF dan pertumbuhan larva BSF. Penelitian ini melibatkan variasi pakan larva dari sampah rumah tangga yang belum melalui proses masak maupun telah mengalami proses masak serta sampah yang memiliki kandungan serat, karbohidrat, dan tinggi akan protein. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva BSF dengan substrat kombinasi kangkung rebus, sampah kepala lele, dan nasi basi (H1) memiliki nilai reduksi tertinggi mencapai 90%. Sedangkan untuk pertambahan berat larva BSF tertinggi yaitu pada substrat kangkung rebus, sampah kepala lele, nasi basi, dan larutan cuka (H2) dengan nilai ECD (*Efficiency Conversion of Digestion Feed*) yaitu sebesar 69%.

Kata Kunci: sampah rumah tangga, larva *Black Soldier Fly*, reduksi sampah, pertumbuhan larva

1. Pendahuluan

Seiring dengan penambahan populasi manusia dan perkembangan industri, hal ini mendorong adanya peningkatan produksi limbah organik. Jumlah peningkatan timbulan sampah di Indonesia tahun 2023 mencapai 17.027.843,29 ton/tahun. Sumber sampah terbesar berasal dari komposisi sampah sisa makanan yang bersumber dari kegiatan rumah tangga sebesar 3997,2 ton/tahun atau dengan persentase 38,4%. Salah satu pendekatan yang sedang berkembang sekarang dalam mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan penggunaan larva *Black Soldier Fly*. Pendekatan tersebut menjadi alternatif yang memiliki potensial dan ekonomis untuk mendaur ulang sampah, dikarenakan larva *Black Soldier Fly* menjadi agen pengurai limbah organik [1].

Larva *Black Soldier Fly* (BSF) adalah spesies yang hidup di daerah tropis dan mampu mengolah limbah organik. Larva ini dapat memperoleh tenaga dan nutrisi dari sisa sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, limbah domestik serta limbah cair sebagai sumber makanannya [2]. Larva ini mampu mengonsumsi bermacam jenis bahan organik dikarenakan luasnya jangkauan toleransi pH makanan [3]. Sampah organik ini menjadi media perkembangan bagi larva BSF. Larva BSF dapat mengubah sejumlah besar sampah

organik menjadi biomassa yang kaya protein, yang dapat digunakan sebagai pengganti tepung ikan [4]. Kondisi serta jumlah media tempat larva BSF berkembang biak dapat memengaruhi kandungan nutrisi dan kelangsungan hidup pada setiap tahapan pertumbuhan larva BSF [5]. Media yang mengandung bahan-bahan kaya protein dan karbohidrat dapat mendukung pertumbuhan larva secara optimal. Disamping itu, limbah organik yang telah dipecah oleh bakteri atau jamur kemungkinan besar akan lebih mudah dikonsumsi oleh larva BSF [2]. Dilain sisi, sampah yang telah mengalami proses dekomposisi oleh bakteri atau jamur cenderung merubah pH sampah menjadi lebih asam.

Sampah rumah tangga yang terdiri dari beragam bahan sisa makanan seperti ikan, daging, sayur, buah, nasi membuat sampah ini memiliki kandungan nutrisi yang kaya akan serat, protein serta karbohidrat. Selain itu sampah rumah tangga memiliki potensi sebagai pengawet dan starter fermentasi yang mengandung tingkat keasaman tinggi dan mikroba bermanfaat. Asam yang dihasilkan dari sampah rumah makan, contohnya asam laktat dari metabolisme bakterinya, dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengawet secara alami bantuan mikroorganisme dan starter untuk proses fermentasi pakan [6]. Dengan karakteristik sampah rumah tangga, membuat sampah ini menjadi salah satu pilihan media yang baik untuk perkembangan larva BSF. Pada dasarnya, sampah rumah tangga memiliki berbagai kandungan nutrisi yang cukup banyak, diantaranya yaitu kandungan serat, protein, karbohidrat, dan lain sebagainya.

Penggunaan sampah rumah tangga sebagai media perkembangan larva BSF hal ini akan memberi alternatif solusi untuk permasalahan sampah, mengenai penguraian sampah bahan organik. Selain dapat menguraikan sampah rumah tangga, hal tersebut dapat menunjang pertumbuhan serta kandungan nutrisi pada larva BSF. Larva BSF telah dianggap sebagai pengubah limbah organik, karena larva tersebut mampu mengonsumsi berbagai jenis bahan organik yang telah busuk, dan menghasilkan larva dengan kandungan protein kasar mencapai 40% dan lemak 30% [7]. Dengan penggunaan larva BSF untuk penguraian sampah organik pada penelitian sebelumnya memiliki persentase reduksi berkisar 61-78% [8].

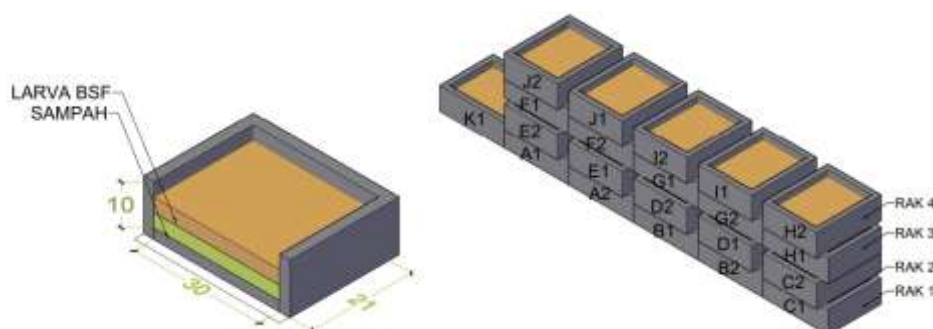
Penelitian terkait telah menunjukkan bahwa dengan pemanfaatan larva BSF sebagai penguraian sampah dengan sampah rumah tangga sebagai media perkembangan larva BSF akan menghasilkan hubungan yang saling menguntungkan. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis variasi substrat dari sampah rumah tangga yang belum melalui proses masak maupun telah melalui proses masak serta sampah yang memiliki kandungan serat, karbohidrat, dan tinggi akan protein, selain itu pada penelitian ini akan melihat variasi pH dari sampah. Keseluruhan variasi ini untuk mengetahui kondisi sampah yang efektif dalam kerja aktif larva BSF serta perkembangan larva BSF. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penguraian sampah rumah tangga menggunakan larva BSF dan pertumbuhan larva BSF.

2. Metode Penelitian

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan membuat variasi substrat dan variasi tingkat keasaman. Substrat merupakan media pertumbuhan larva yang terdiri dari satu atau lebih jenis sampah rumah tangga. Variasi substrat dan pengkodeannya dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Variasi tingkat keasaman terdiri dari tingkat keasaman asli substrat (tanpa perlakuan) dan tingkat keasaman pH 5 (dengan perlakuan penambahan larutan cuka). Pengaturan tingkat keasaman dilakukan dengan penambahan larutan cuka 1 ml dan campuran air 100 ml. Pengukuran pH larutan menggunakan pH meter air dan pengukuran pH substrat menggunakan pH meter tanah.

Penelitian dilakukan menggunakan reaktor yang terbuat dari bahan plastik desain reaktor dapat dilihat pada **Gambar 1**. Setiap reaktor diberikan sebanyak 500 larva *Black Soldier Fly* (BSF). Lama waktu penelitian yaitu selama 12 hari.



Gambar 1: Desain Reaktor

Tabel 1. Pengkodean Variasi Penelitian Tanpa Perlakuan

	Kangkung (A1)	Kangkung Rebus (B1)	Kulit Pisang (C1)	Kulit Pisang Rebus (D1)	Sampah Campur (K1)
Kepala Lele (E1)	G1	H1	I1	J1	
Nasi Basi (F1)					

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Tabel 2. Pengkodean Variasi Penelitian Dengan Perlakuan Asam

	Kangkung (A2)	Kangkung Rebus (B2)	Kulit Pisang (C2)	Kulit Pisang Rebus (D2)
Kepala Lele (E2)	G2	H2	I2	J2
Nasi Basi (F2)				

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan pengambilan data berat sisa sampah pada hari ke-12 serta data pertumbuhan larva setiap 3 hari sekali dari data berat larva. Hasil data yang diperoleh akan disusun dalam laporan dengan menggunakan rumus serta digambarkan dan dijelaskan melalui media grafik dan tabel.

1. Persentase reduksi sampah

Perhitungan kemampuan larva dalam mengurangi jumlah pakan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) indeks pengurangan sampah [1].

$$\text{Persentase Reduksi} = \frac{w-R}{w} \times 100\% \quad (1)$$

dengan:

Persentase Reduksi = Tingkat konsumsi substrat (g)

W = Jumlah substrat total (g)

R = Sisa substrat total (g)

2. ECD/Efficiency Conversion of Digestion Feed

Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan efisiensi konsumsi sampah yang dapat dicerna pada Persamaan [3].

$$\text{ECD} = \frac{B}{I-F} \times 100 \quad (3)$$

dengan:

ECD = Efisiensi konversi substrat yang dimakan (%)

B = Pertambahan bobot larva (mg)

I = Jumlah substrat awal yang diberikan (mg)

F = Berat sampah sisa dengan ekskres/residu (mg)

3. Hasil dan Pembahasan

Penguraian Sampah

Efektivitas pemanfaatan sampah rumah tangga pada budidaya larva BSF dilihat berdasarkan persentase penguraian substrat yang melihat dari penyusutan media. Tingkat penyusutan media sejalan dengan pertumbuhan larva BSF. Penyusutan media dihitung dengan menggunakan persentase reduksi. Nilai ini dapat mengindikasikan seberapa efektif larva BSF dalam mengurangi sampah organik, dan juga menggambarkan seberapa cepat substrat tersebut terurai. Semakin tinggi nilai persentase reduksi, semakin efisien proses pengurangan substratnya [9]. Hasil perhitungan reduksi sampah terdapat pada **Tabel 3.** dan **Gambar 2.**

Tabel 3. Data Pengukuran Reduksi Sampah

Kode Substrat	Berat Substrat Awal (gr)	Berat Substrat Akhir (gr)	Reduksi (gr)
A1	360	50	310
A2	360	47	313
B1	360	45	344
B2	360	38	322
C1	360	100	260
C2	360	73	287
D2	360	100	260
E1	360	146	214
E2	360	153	207
F1	360	40	320
F2	360	40	330
G1	360	46	314
G2	360	52	308
H1	360	35	323
H2	360	53	307
I1	360	76	284
I2	360	65	295
J1	360	63	297
J2	360	54	306
K1	360	40	320

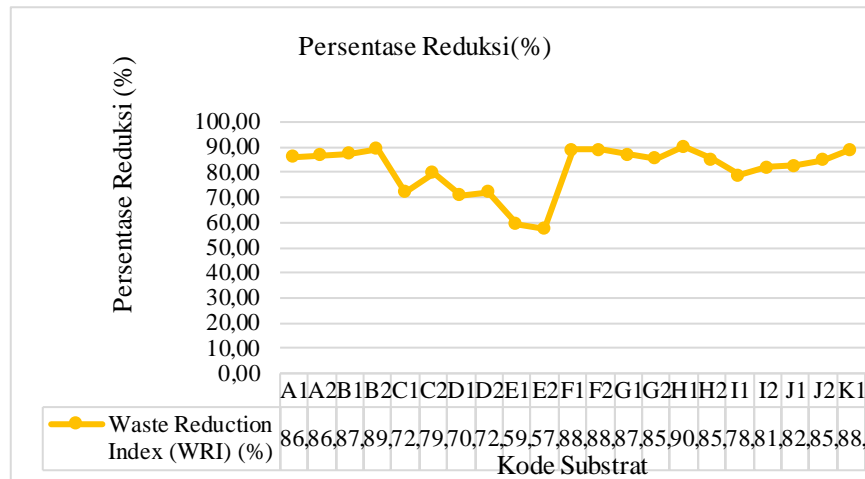
Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Dari hasil perhitungan, komposisi pengurangan sampah tertinggi terjadi pada sampah kombinasi kangkung rebus, sampah kepala lele, dan nasi basi (H1). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa persentase reduksi dari komposisi substrat kode H1 mencapai 90% pada hari ke-12. Substrat kombinasi kepala lele dan nasi basi dengan kangkung rebus memiliki nilai persentase reduksi tertinggi daripada kombinasi kepala lele dan nasi basi dengan yang lainnya, dikarenakan sampah yang telah mengalami proses masak/rebus terjadi pelunakan struktur sampah, sampah yang lebih lunak lebih mudah direduksi dan dicerna oleh larva, sehingga mempercepat proses penguraian [10]. Selain itu pada substrat yang kombinasi memiliki jumlah nutrisi yang cukup dan kompleks, hal ini lebih efektif karena memberikan kondisi makan yang lebih seimbang terhadap nutrisi yang dibutuhkan larva BSF sehingga hasil reduksi juga semakin besar. Sedangkan reduksi terendah diperoleh pada komposisi substrat sampah kepala lele dengan nilai persentase 57% pada hari ke-12. Hal ini dikarenakan pada reaktor dengan substrat kepala lele terdapat bagian sampah yaitu tulang yang tidak dapat diuraikan oleh larva BSF.

Hasil penelitian memiliki nilai persentase reduksi lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Penelitian yang dilakukan sebelumnya diperoleh persentase reduksi berkisar 61-78% yang berasal dari variasi paling efektif yaitu sampah organik sayur dengan tingkat laju umpan 60 mg/larva/hari yang menghasilkan reduksi sampah sebesar 77,81% dari berat awal sampah [8]. Pada penelitian lain juga hanya memiliki persentase reduksi sampah tertinggi (81,98%) yang berasal dari substrat campuran sisa makanan dan sampah sayur, sedangkan pada komposisi campuran sisa makanan dan buah tingkat reduksi sampah mencapai 81,23% [11].

Untuk pH dan suhu juga mempengaruhi proses reduksi sampah. Pada suhu sekitar 30°C dan pH yang tidak terlalu asam atau basa, larva BSF bekerja dengan efektif serta mempercepat proses penguraian sampah. Jika suhu terlalu rendah, maka aktivitas larva akan menurun dan proses penguraian akan menjadi lambat. Apabila suhu terlalu tinggi serta pH terlalu asam atau terlalu basa dapat menyebabkan larva menjadi pasif bahkan kematian dan dapat menghentikan proses penguraian sampah. Sedangkan substrat yang

terdapat perlakuan penambahan cuka, hal ini akan membuat substrat menjadi memiliki sifat asam. Kondisi asam ini akan mendorong pertumbuhan mikroorganisme dalam menguraikan [12].



Gambar 2. Grafik Nilai Persentase Reduksi
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Pertumbuhan Larva BSF

Pengukuran berat larva dilakukan dengan menimbang seluruh jumlah larva yang ada dalam satu reaktor. Pengukuran larva menggunakan timbangan digital dan hasil pengukuran berat larva BSF dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Pengukuran Berat Larva BSF

Kode Substrat	Berat Larva Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Pertambahan Berat Larva (gr)
A1	4	64	60
A2	4	63	59
B1	4	99	95
B2	4	121	117
C1	4	55	51
C2	4	62	58
D2	4	60	56
E1	4	65	61
E2	4	54	50
F1	4	112	108
F2	4	122	118
G1	4	112	108
G2	4	169	165
H1	4	215	211
H2	4	188	184
I1	4	218	214

Lanjutan Tabel 3. Data Pengukuran Berat Larva BSF

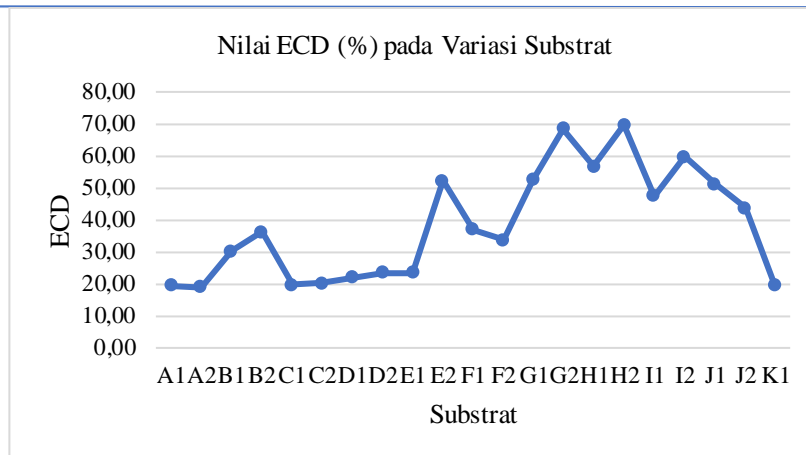
Kode Substrat	Berat Larva Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Pertambahan Berat Larva (gr)
I2	4	139	135
J1	4	180	176
J2	4	156	152
K1	4	138	134

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan **Gambar 2** dapat dilihat bahwa berat larva BSF dalam setiap pengukuran mengalami kenaikan pada masing-masing komposisi substrat. Pertambahan berat larva BSF tertinggi didapatkan pada komposisi substrat kode H2 yaitu sampah kangkung rebus, sampah kepala lele, nasi basi, dan larutan cuka dengan berat akhir 218 gr/500 ekor dan berat pertambahan sebesar 214 gr/500 ekor. Hal ini sejalan dengan nilai ECD pada H2 memiliki nilai tertinggi. Tingginya nilai ECD dipengaruhi oleh tingginya kandungan nutrisi dalam sampah yang dikonsumsi larva [13]. Pada substrat H2 memiliki nilai ECD tertinggi hal ini dikarenakan komposisi substrat yang terkandung memiliki kandungan nutrisi yang cukup untuk larva BSF. Selain itu jenis sampah komposisi pada reaktor ini lebih disukai oleh larva BSF. Sejalan dengan pernyataan Nugraga (2019), tingginya nilai ECD dipengaruhi oleh tingginya kandungan nutrisi dalam sampah yang dikonsumsi larva. Hal ini menyebabkan jumlah sampah yang dikonsumsi lebih sedikit karena kebutuhan nutrisi larva sudah terpenuhi, sehingga menghasilkan nilai ECD yang tinggi. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Anggria Sari et al., 2021 menyatakan kelompok larva yang diberi substrat berserat tinggi dan ECD tertinggi tercatat pada kelompok larva yang diberi substrat lipid tinggi [14]. Adapun penelitian lain menyatakan bahwa nilai ECD tertinggi yang diperoleh dari sampah kulit pisang yaitu 37,58% [15].

Nilai ECD tertinggi yang diperoleh dari kombinasi substrat kangkung rebus, sampah kepala lele, nasi basi, dan larutan cuka, dimana kombinasi tersebut salah satunya dari sampah serat yang direbus. Sampah yang telah mengalami perebusan dapat menyebabkan terjadinya pemecahan molekul kompleks seperti protein, lemak, dan karbohidrat menjadi bentuk yang lebih sederhana dan lebih mudah dicerna. Sehingga nutrisi yang lebih tersedia ini dapat dengan cepat dikonsumsi oleh larva, yang mempercepat laju penguraian sampah. Sampah yang mengalami perebusan juga dapat mengurangi atau menghilangkan senyawa berbahaya dalam sampah, seperti toksin atau bahan kimia tertentu, yang mungkin menghambat pertumbuhan dan aktivitas larva jika tidak dihilangkan [17]. Hal ini membuat lingkungan yang lebih kondusif bagi larva untuk berkembang dan mencerna sampah.

Hasil penelitian memiliki nilai persentase reduksi lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Penelitian yang dilakukan sebelumnya diperoleh persentase reduksi berkisar 61-78% yang berasal dari variasi paling efektif yaitu sampah organik sayur dengan tingkat laju umpan 60 mg/larva/hari yang menghasilkan reduksi sampah sebesar 77,81% dari berat awal sampah [8]. Pada penelitian lain juga hanya memiliki persentase reduksi sampah tertinggi (81,98%) yang berasal dari substrat campuran sisa makanan dan sampah sayur, sedangkan pada komposisi campuran sisa makanan dan buah tingkat reduksi sampah mencapai 81,23% [11].



Gambar 3: Nilai ECD

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah dengan pemanfaatan larva BSF sebagai penguraian sampah rumah tangga memiliki potensi besar untuk mengurangi dampak negatif lingkungan sekitar. Selain itu penggunaan sampah rumah tangga berdampak pada pertumbuhan larva BSF dikarenakan kandungan nutrisi pada sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva BSF pada substrat kombinasi kangkung rebus, sampah kepala lele, nasi basi (H1) memiliki nilai reduksi tertinggi mencapai 90%. Sedangkan untuk pertambahan berat larva BSF tertinggi yaitu pada substrat kangkung rebus, sampah kepala lele, nasi basi, dan larutan cuka (H2) dengan nilai ECD yaitu sebesar 69%. Dimana tingginya nilai ECD dipengaruhi oleh tingginya kandungan nutrisi dalam sampah yang dikonsumsi larva.

5. Referensi

- [1] M. Gold, J. K. Tomberlin, S. Diener, C. Zurbrügg, and A. Mathys, "Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review," *Waste Manag.*, vol. 82, pp. 302–318, 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.10.022.
- [2] P. Y. E. Sipayung, "Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Sebagai Salah Satu Teknologi Reduksi Sampah Utilization of the Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae As a Technology Option for Urban Solid Waste Reduction," *Tugas Akhir Jur. Tek. Lingkung.*, p. 130, 2015.
- [3] S. Ardiasani, "Pengaruh pakan tambahan terhadap lama hidup dan keperidian imago black soldier fly *Hermetia illucens* L.," *Repository.Unjkt.Ac.Id*, 2021.
- [4] M. T. Pathiassana, S. N. Izzy, Haryandi, and S. Nealma, "Studi Laju Umpan Pada Proses Biokonversi Dengan Variasi Jenis Sampah Yang Dikelola PT. Biomagg Sinergi Internasional Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)," *J. TAMBORA*, vol. 4, no. 1, pp. 86–95, 2020, [Online]. Available: <http://www.jurnal.uts.ac.id/index.php/Tambora/article/view/550>.
- [5] P. Gobbi, A. M. Sanchez, and S. Rojo, "The effects of larval diet on adultlife," *Eur. J. Entomol*, vol. 110, no. 3, pp. 461–468, 2013.
- [6] J. F. Mokolensang, M. G. V. Hariawan, and L. Manu, "Maggot (*Hermetia illunces*) sebagai pakan alternatif pada budidaya ikan," *e-Journal Budid. Perair.*, vol. 6, no. 3, pp. 32–37, 2018, doi: 10.35800/bdp.6.3.2018.28126.
- [7] S. Widyastuti and S. Sardin, "Pengolahan Sampah Organik Pasar Dengan Menggunakan Media Larva Black Soldier Flies (Bsf)," *Waktu*, vol. 19, no. 01, pp. 1–13, 2021, doi: 10.36456/waktu.v19i01.3240.
- [8] A. Triwandani, P. Purwaningrum, and R. Ruhiyat, "Efektivitas Penguraian Sampah Organik Pasar Menggunakan Larva Black Soldier Fly," *J. Serambi Eng.*, vol. VIII, no. 2, pp. 5474–5484, 2023.
- [9] M. K. Dewi, T. Widiatningrum, N. Subekti, and N. Setiati, "Life Science Efektivitas Jenis dan Frekuensi Pemberian Sampah Organik terhadap Pertumbuhan © 2023 Universitas Negeri Semarang dampak negatif terhadap lingkungan , Limbah / buangan yang ditimbulkan dari aktivitas dan konsumsi Salah satu teknologi dalam men," *J. Biol. Univ. Negeri Semarang*, vol. 12, no. 1, pp. 1–9, 2023.

- [10] E. Dani, M. Y. Dibisono, and D. Mufriah, "Biokonversi Sabut Kelapa Muda Menggunakan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*) Menjadi Pupuk Organik," *J. Agroteknosains*, vol. 7, no. 1, pp. 142–151, 2023.
- [11] R. Hartono, A. D. Anggrainy, and A. Y. Bagastyo, "Pengaruh Komposisi Sampah dan Feeding Rate terhadap Proses Biokonversi Sampah Organik oleh Larva Black Soldier Fly (BSF)," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 5, no. 2, pp. 181–193, 2021, doi: 10.33795/jtkl.v5i2.231.
- [12] Lindawati, C. R. Gameli, and Wijayantono, "Efektivitas maggot black soldier fly sebagai pengurai sampah sayur-sayuran, sampah buah- buahan, dan sisa makanan tahun 2023," vol. 33, no. 1, pp. 33–42, 2023.
- [13] A. S. T. M. Madu, E. Hendriarianti, and C. D. R. W, "Larva Black Soldier Fly , mol nasi basi, reduksi sampah organik.," *urnal Enviro*, 2022.
- [14] D. Anggria Sari, A. Arum Sari, I. Kinasih, and R. Eka Putra, "Pengaruh Kombinasi Makronutrien Pakan Terhadap Kelulushidupan, Pertumbuhan dan Komposisi Nutrisi Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*)," *Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 137–146, 2021.
- [15] A. D. Permana, A. Susanto, and F. R. Giffari, "Kinerja Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam *Hermetia illucens* Linnaeus (Diptera: Stratiomyidae) pada Substrat Kulit Ari Kedelai dan Kulit Pisang," *Agrikultura*, vol. 33, no. 1, p. 13, 2022, doi: 10.24198/agrikultura.v33i1.36188.
- [16] R. Suciati and H. Faruq, "Efektifitas Media Pertumbuhan Maggots *Hermetia illucens* (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik," *Biosf. J. Biol. dan Pendidik. Biol.*, vol. 2, no. 1, pp. 0–5, 2017, doi: 10.23969/biosfer.v2i1.356.
- [17] P. White, C. Harris, "Heat-Induced Breakdown of Complex Organic Molecules in Waste: Benefits for Larval Digestion," *Journal of Environmental Biotechnology*, 2019.
- [18] A. N. Kusuma, B.P. Santoso, "Pengaruh pH Terhadap Pertumbuhan dan Efisiensi Pencernaan Larva Black Soldier Fly dalam Penguraian Sampah Organik," *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 2021