



**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
BANDUNG**
Islamic Technopreneur University

JSTE

Journal of Science, Technology
and Entrepreneurship

Karakteristik Bioreduksi Sampah Organik oleh Maggot BSF (*Black Soldier Fly*) pada Berbagai Level Instar: Review

Muhammad Fauzi¹, Luthfia Hastiani Muharram²

Departemen Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Bandung

Jl. Soekarno Hatta No. 752 Kel. Cipadung Kec. Cibiru Kota Bandung KP: 40614, (022) 7333634/7333642

e-mail: ¹muhammadfauzi2791@gmail.com, ²luthfia@umbandung.ac.id

Abstrak

Indonesia masuk ke dalam jajaran negara penghasil sampah terbesar ke-4 di dunia. Sampah plastik menjadi tantangan besar karena tidak mampu didegradasi oleh agen hayati dan membutuhkan pengolahan secara mekanik. Jenis sampah organik mampu direduksi oleh mikroba dengan waktu yang cukup lama hingga berbulan-bulan, sementara volume sampah terus bertambah dengan kisaran 68 juta ton/tahun atau sekitar 186 ribu ton/hari. Larva atau maggot lalat hitam (BSF) memiliki kemampuan bioreduksi sampah paling cepat dibandingkan dengan teknik composting yang mengandalkan mikroba. Tujuan review tulisan ini yaitu mengkarakterisasi bioreduksi sampah organik oleh maggot lalat hitam atau Black Soldier Fly Larva atau BSFL pada berbagai level instar terhadap sampah organik. Studi review ini juga dimungkinkan akan dilakukan riset lanjutan dan aplikasi untuk pengolahan sampah dan penelitian dasar pengolahan sampah organik di Universitas Muhammadiyah Bandung.

Kata kunci: bioreduksi, black soldier fly, instar, maggot.

Abstract

Indonesia is a fourth of the garbage's producer country in the world. Plastic waste become a big challenge because of it can not be degraded by biological agent, need a processing such as mechanics way and also need cost. Nevertheless, kind of organic waste adequate to be reduced by microbia with long time until months. Meanwhile, the volume of waste straightly increase approximately 68 tons per year or 186 thousand per day. Until it is necessary a biological agent which has an ability the fastest of bioreduction for orgnic waste compared to composting technique by microbes. The review object is to characterize the bio-reduction of the fly black or Black Soldier Fly or BSF on various instar level to organic waste. The study review is also might will be continued and conducted to the waste processing and basic research in Universitas Muhammadiyah Bandung.

Keywords: bioreduction, black soldier fly, instar, waste.

1. PENDAHULUAN

Sampah masih menjadi tantangan besar bagi Indonesia seiring pertambahan penduduk dan aktifitas ekonomi dari tahun ke tahun. Merujuk pada data KLHK, volume timbulan sampah Indonesia per tahunnya mencapai 68 juta ton. Sampah organik menjadi salah satu permasalahan yang belum terkelola dengan tepat, baik di desa maupun di perkotaan. Secara geografis, sampah organik di perkotaan menjadi tantangan cukup berat dengan padat penduduk dan ketidaktersediaan lahan penampungan atau pengolahan sampah menjadi persolan yang belum tuntas sehingga dibutuhkan sebuah teknologi yang mampu mengurai sampah organik dengan waktu cepat dan fasilitas sederhana.

Teknologi pengolahan sampah organik sejauh ini dominan menggunakan metode pengomposan konvensional. Metode pengomposan memiliki keterbatasan terutama dalam durasi degradasi bahan organik oleh mikroba memerlukan waktu yang lebih lama sehingga membutuhkan lokasi yang cukup besar sehingga

teknologi ini belum mudah diadopsi di tengah pemukiman padat penduduk. Saat ini, di berbagai negara telah mengembangkan spesies serangga lalat hitam (*Black Soldier Fly*) yaitu dengan memanfaatkan instar larva (maggot) sebagai bioreduktor sampah organik untuk melengkapi penguraian sampah organik konvensional yang selama ini mengandalkan mikroba.

Peran mikroba dan maggot menjadi sebuah paket yang tepat menuju konsep *zero waste* sehingga tidak bisa dipisahkan antar keduanya [1]. Secara gambaran, bioreduksi sampah oleh maggot dapat menyisakan sampah organik berupa padatan [2] dan lindi. Padatan selanjutnya diolah dengan mengandalkan mikroba yang disebut *biocomposting* yang akhirnya dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Sementara lindi atau cairan dari bioreduksi maggot dapat dimanfaatkan langsung sebagai pupuk cair.

Black Soldier Fly (BSF) memiliki nama latin *Hermetia ilucens*, suatu serangga yang masuk ke dalam ordo *diptera* Famili *Stratiomyidae*, berasal dari benua Amerika yang sudah menyebar ke bagian negara-negara tropis maupun subtropis [3]. Serangga dengan tahapan metamorfosis dari telur hingga maggot dewasa membuat lalat hitam ini sebagai salah satu jenis serangga yang unik untuk diteliti. Larva BSF memiliki kemampuan mengurai bahan organik lebih cepat dibandingkan dengan mikroba yang biasanya melalui pengomposan. Hal ini menjadi salah satu kelebihan BSF diandalkan sebagai teknologi hayati dalam pengolahan sampah organik.

Pemanfaatan maggot sebagai agen bioreduksi sampah organik telah dibuktikan pada skala besar dengan kemampuan mereduksi sampah organik mencapai 200 ton per hari. Sebagai gambaran, 1 kg larva BSF segar mampu mereduksi 3 kg bungkil kelapa sawit (*palm kernel meal*/PKM) [4]. Sehingga dalam 1 hari untuk mereduksi 200 ton sampah dibutuhkan 66,7 ribu kg larva segar.

Karakteristik makan maggot terbilang rakus sehingga menjadi lebih cepat dalam mengurai sampah organik dibandingkan dengan kemampuan mikroba dalam proses mendekomposisi limbah organik. Dari seluruh tahap atau level perkembangan tubuh maggot memiliki kemampuan yang berbeda dari instar pertama hingga prepupa. Oleh karena itu, berdasarkan sifat makan larva BSF yang berbeda hampir setiap level instar hingga prepupa menjadi topik yang perlu dikaji. Tulisan ini akan meriview karakteristik larva BSF untuk mengurai sampah organik mulai dari fase telur hingga fase prepupa serta kajian biokimia mengenai enzim yang berperan dalam bioreaktor (tubuh) maggot BSF.

Metodologi

Metode penulisan yang digunakan dalam studi ini adalah metode *review* tentang karakteristik degradasi secara alami (bioreduksi) oleh *Black Soldier Fly* (BSF) terhadap sampah organik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui waktu dari setiap fase metamorfosis BSF serta kajian biokimia mengenai enzim yang berperan dalam biodegradasi sampah organik.

Black Soldier Fly (BSF) atau Maggot

Maggot mampu hidup di iklim tropis dan sub-tropis sehingga serangga bukan hama ini potensi sekali dikembangkan di Indonesia. Sebagai serangga non-hama, kemampuan instar larva maggot mengurai sampah organik dapat diintegrasikan dengan pertanian dan peternakan. Kegiatan pertanian merupakan aktifitas sebagai salah satu penyumbang sampah organik terbesar. Dengan demikian, budidaya serangga maggot perlu dilestarikan untuk membentuk pengolahan sampah organik yang berkelanjutan serta ramah lingkungan.

Tabel 1. Tahapan Perkembangan *Black Soldier Fly* dari fase telur hingga fase lalat dewasa [3].

No.	Tahapan	Waktu	Keterangan
1	Telur	4 hari	Berjumlah 400 – 800 telur, ditempatkan dekat bahan organik busuk, kering dan terlindung.
2	Instar 1 – 5	14 – 16 hari	Memiliki ukuran tubuh dengan Panjang 2,5 cm dan lebar 0,5 cm, warna agak krem. Larva dapat memperpanjang siklus hidupnya apabila cadangan makanan berkurang.

3	Prepupa		Mulut berkait sebagai alat gerak untuk berpindah tempat, warna tubuh coklat tua hingga abu-abu arang. Keluar dan berpindah ke lingkungan yang kering, bertekstur seperti humus, teduh dan terlindung.
4	Pupa	2-3 minggu	Mencari tempat yang cocok untuk berhenti beraktifitas dan menjadi kaku, tempat selalu hangat, kering, dan teduh.
5	Lalat (Maggot)	1 minggu	Ditandai dengan keluarnya lalat dari dalam pupa. Waktu hidup singkat, kawin dan bertelur. Tidak makan tetapi minum untuk menjaga tubuh terhidrasi. Butuh cahaya alami dan suhu hangat 25-32 °C. Lingkungan lembab dapat memperpanjang masa hidup dan meningkatkan jumlah telur. Kawin pada waktu pagi lalu meletakkan telur pada tempat berongga, kering, dan terlindung.

Maggot dewasa secara fisik mirip lalat pada umumnya. Namun, warna lebih gelap dan ukuran tubuh memanjang. Induk maggot dapat menghasilkan telur dari 500 hingga 900 [5], 400 hingga 800 telur per siklusnya [1] atau 300 hingga 600 telur [6]. Telur merupakan sebagai tanda permulaan dan sekaligus akhir dari siklus hidup sebelumnya [1]. Telur sebagai tahap awal regenerasi maggot ditempatkan pada bahan makanan berbentuk bubur (*slurry*) atau bahan makanan yang dicacah. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi telur ketika menetas menjadi larva kecil (instar – 1) sumber makanan sudah tersedia. Angka 600-800 larva per kg sampah basah yang dimakan selama periode pengolahan sampah organik [1].

Fase Telur dan Fase Instar

Metamorfosis BSF dari telur hingga menjadi sebuah maggot dewasa membutuhkan waktu kurang lebih 40 – 43 hari [7]. Secara lengkap fase perkembangan BSF ditampilkan pada Tabel 1. Lalat betina akan meletakkan telur di dekat sumber pakan, antara lain pada bongkahan kotoran unggas atau ternak, tumpukan limbah bungkil inti sawit (BIS) dan limbah organik lainnya seperti daun pisang kering atau kardus yang memiliki fisik berongga. Lalat tersebut tidak meletakkan telur di atas sumber pakan secara langsung dan pada saat lalat betina bertelur tidak mudah terganggu [8].

BSF memiliki fase hingga instar 6 dan membutuhkan waktu 14 hari untuk melalui semua fase [9]. Telur dalam 4 hari dapat menetas menjadi larva disebut instar 1. Fase ini membutuhkan lingkungan yang cocok untuk berkembang. Fase larva instar – 1 belum memiliki alat penggerak sehingga membutuhkan sumber makanan yang teksturnya tidak keras. Telur ditempatkan oleh lalat maggot pada tempat berongga, kering dan terlindung. Sebutir telur BSF memiliki bobot rata-rata 0.03 mg [10]. Telur berwarna putih pucat dan berubah secara berangsur-angsur menguning sampai waktu tetas tiba. Telur menetas menjadi larva dalam waktu 3 hari pada suhu 24°C [4]. Pada fase instar waktu yang efektif untuk degradasi sampah organik karena sifatnya yang rakus. Selain itu, larva BSF memiliki senyawa antibiotik yang mampu menekan patogen seperti *Escherichia coli* dan *Salmonella sp* pada residu limbah sehingga tidak berbahaya ketika diaplikasikan sebagai pupuk organik bagi tanaman. [9].

Prepupa - Pupa

Seperti yang telah dipaparkan di atas, stadia perkembangan lalat hitam atau maggot memiliki 5 stadia. Stadia keempat perkembangan bentuk tubuhnya berupa prepupa merupakan bahan pakan yang diperuntukkan untuk pakan ikan [11]. Prepupa cocok diolah menjadi pakan ikan karena mengandung 40% protein dan 30% lemak yang memungkinkan penggunaannya sebagai alternatif bahan pakan ternak [12]. Instar prepupa tidak terlalu banyak membutuhkan makanan sebagai penciri tahap metamorfosis menuju tahap akhir sebelum menjadi pupa (kepompong) dan dapat berpindah dengan pengait mulut yang sudah

terbentuk [11]. Prepupa sebagai tanda memasuki akhir instar BSF, dapat diketahui bahwa potensi stadia prepupa lebih rendah daya reduksi pada limbah dibandingkan dengan instar-instar sebelumnya. Namun, pada tahap prepupa lebih sering dimanfaatkan untuk berbagai pengolahan karena kandungan kimianya mulai dari kandungan minyak, protein dan berbagai asam amino di dalamnya. Selain itu, kandungan mineral pada prepupa berpotensi menjadi pupuk organik tanaman [11].

Adapun pupa merupakan fase akhir metamorfosis BSF. Pada fase ini tubuh larva mengalami metamorfosis lanjutan menjadi kempompong. Sebagai fase terakhir sebelum menjadi lalat dewasa membutuhkan kondisi efektif yaitu terdapat pada ruangan yang terang dengan intensitas cahaya yang tinggi akan meningkatkan produksi telur selama 2 hingga 7 hari [6].

Dewasa

Setelah melalui fase metamorfosis dari telur hingga fase pupa (kempompong), selanjutnya larva menjadi BSF dewasa. Fase dewasa tidak memiliki mulut untuk fungsional untuk makan karena hanya berperan untuk kawin dan reproduksi selama fase dewasa tersebut [8]. Lalat dewasa mendapatkan makan dari kandungan lemak yang tersimpan di dalam tubuhnya sewaktu masih fase larva. Apabila nutrisi di dalam tubuh habis maka lalat dewasa mengalami kematian.

Tabel 2. Faktor – factor yang mempengaruhi terjadinya perkawinan *Black Soldier Fly*.

No.	Faktor – Faktor	Keterangan
1	Waktu	Umumnya terjadi pukul 08.30 dan puncaknya pukul 10.00 pada lokasi banyak tanaman ketika suhu mencapai 27°C [8].
2	Intensitas cahaya	Berkisar pada 70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sedangkan puncak aktivitas kawin terjadi pada kondisi penerangan 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ atau lebih dari 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ hingga 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [10]. Apabila kondisi mendung diperlukan pencahayaan buatan seperti pencahayaan lampu [8]

Proses kawin perlu dirangsang dengan menambahkan beberapa bahan perangsang berupa bau di dalam sarang penangkaran BSF. Faktor mempengaruhi waktu kawin BSF ditampilkan pada Tabel 2. yang ditekankan pada dua faktor utama berupa waktu kawin dan pencahayaan yang dibutuhkan.

Pencernaan Enzimatik pada larva BSF

Kemampuan larva BSF dalam memproses sampah organik menjadi fokus penelitian yang menarik. Penelitian sebelumnya menjelaskan mengenai pengaruh makronutrisi sampah organik, mikroba dan pengontrolan makanan, beberapa mempelajari fisiologi, mikrobiologi, dan proses biokimia. Proses biokimia larva BSF dimulai dari mulut, yaitu kelenjar ludah mengeluarkan enzim amilase dan maltase. Dekomposisi makanan terjadi di perut bagian tengah [13]. Makanan masuk ke sistem pencernaan menuju ruang endoperitropik (yaitu di luar matriks peritropik), di sana makanan kontak dengan enzim yang mengkatalisis dekomposisi makronutrien seperti amilase dan maltase (untuk karbohidrat), pepsin dan tripsin (untuk protein), lipase triasilgliserol dan posfolipase (untuk lipid) [14].

Berdasarkan aliran makanan dan air, makanan bergerak sepanjang usus sampai ukuran mereka jauh berkurang oleh enzim sehingga memungkinkan melewati matriks peritropik menuju ruang ektoperitropik (yaitu di dalam matriks peritropik). Bersamaan dengan aliran air dan di dalam perut posterior bagian tengah, molekul enzim dan makanan kemudian kembali ke sesi anterior dimana dekomposisi diambil alih oleh enzim-enzim seperti maltase (karbohidrat) dan aminopeptidase (protein) [15]. Enzim-enzim kemudian dikembalikan melalui matriks peritropik menuju ruang endoperitropik untuk memindahkan substrat baru untuk dihidrolisis [16].

Pada larva BSF, glukosa diproduksi oleh alfa amilase dari nutrisi karbohidrat kemudian siap diabsorpsi oleh usus bagian tengah. Pada usus tengah posterior, residu karbohidrat berasal dari dekomposisi mikroba [14]. Larva BSF tidak memiliki enzim untuk dekomposisi selulosa dan hemiselulosa, tetapi mikroba pada usus larva dapat mengalami dekomposisi menjadi bentuk yang dapat dimetabolisme oleh larva BSF [16];[22];[15]. Melalui difusi atau transpor aktif, monomer makronutrien kemudian dipindahkan ke jaringan haemolimfa.

Pada fase larva BSF, sebagian besar enzim pencernaan ditemukan pada usus posterior bagian tengah, yang mengindikasikan tempat terjadinya dekomposisi material organik dan penyerapan nutrisi. Selain pada fase nimfa, enzim secara terus menerus dilepaskan ke dalam usus tengah melalui pembuluh sekretori pada sel usus [16]. Enzim yang dihasilkan bervariasi berdasarkan jenis makanan, kondisi lingkungan usus (seperti pH) dan selama usus dan kompartemennya. Tabel 3 menjelaskan enzim-enzim penting pada usus larva lalat.

Tabel 3 Enzim-enzim penting pada usus larva lalat rumah

Nama Enzim	Fungsi	Referensi
Amilase	Menghidrolisis ikatan glikosidik	[17], [20]
Maltase		
Glukosidase		
Tripsin	Menghidrolisis ikatan peptida pada protein	[18], [19]
Pepsin		
Amino peptidase		
Serin		
Lipase	Menghidrolisis ikatan ester pada lemak triasilgliserol	[21]
Posfolipase		
Posfatase		
Lisozim	Menghidrolisis biopolimer makromolekul tertentu menjadi bentuk lebih sederhana	[22]
Kitinase		
Glukanase		
Enzim cytochrome P450	Dekomposisi mikotoksin dan insektisida	[23], [24]
Glutathion-S-transferase		

Daftar Pustaka

- [1] A. S. Yuwono;, *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF): Panduan Langkah-Langkah Lengkap*. 2017.
- [2] A. Mertenat, S. Diener, and C. Zurbrugg, "Black Soldier Fly biowaste treatment – Assessment of global warming potential," *Waste Manag.*, vol. 84, pp. 173–181, 2019.
- [3] K. Stefan Diener;Nandayure M. Studt Solano;Floria Roa Gutie´rrez Christian Zurbru¨gg;Tockner, "Using Black Soldier Fly for waste recycling and effective Salmonella spp . reduction," *Swedish Univ. Agric. Sci.*, no. October, pp. 1–26, 2011.
- [4] R. RACHMAWATI, D. BUCHORI, P. HIDAYAT, S. HEM, and M. R. FAHMI, "Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva Hermetia illucens (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit," *J. Entomol. Indones.*, vol. 7, no. 1, p. 28, 2015.
- [5] S. St-Hilaire *et al.*, "Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids," *J. World Aquac. Soc.*, vol. 38, no. 2, pp. 309–313, 2007.
- [6] D. M. Yuwono, Arief Sabdo; Priscilia, *Penggunaan Larva (Maggot) Black Soldier Fly (BSF)*. Bogor: SEAMEO BIOTROP, 2018.
- [7] J. K. Tomberlin, D. C. Sheppard, and J. A. Joyce, "Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) Reared on Three Artificial Diets," *Ann. Entomol. Soc. Am.*, vol. 95, no. 3, pp. 379–386, 2006.
- [8] A. H. Wardhana, "Black Soldier Fly (Hermetia illucens) sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak (Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as an Alternative Protein Source for Animal Feed)," *Wartazoa*, vol. 26, no. 2, pp. 69–78, 2016.
- [9] Y. Sastro, *Teknologi Pengomposan Limbah Organik Kota Menggunakan Black Soldier Fly*. Jakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jakarta, 2016.
- [10] D. C. Booth and C. Sheppard, "Oviposition of the Black Soldier Fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, Masses, Timing, and Site Characteristics," *Environ. Entomol.*, vol. 13, no. 2,

- pp. 421–423, 1984.
- [11] G. L. Newton, D. C. Sheppard, D. W. Watson, G. J. Burtle, and C. R. Dove, “Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Report of The Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University,” 2005.
- [12] S. Diener, ; Zurich, E T H, “Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly,” *DISS. ETH NO. 19330*, no. 19330, 2010.
- [13] Terra, W.R., Jordão, B.P., 1989. Final digestion of starch in *Musca domestica* larvae. Distribution and properties of midgut α -d-glucosidases and glucoamylase. *Insect Biochem.* 19, 285–292.
- [14] Pimentel, A.C., Barroso, I.G., Ferreira, J.M.J., Dias, R.O., Ferreira, C., Terra, W.R., Pimentel, A.C., Barroso, I.G., Ferreira, J.M.J., Dias, R.O., Bioquímica, D. De, Química, I. De, Paulo, U.D.S., 2018. Molecular machinery of starch digestion and glucose absorption along the midgut of *Musca domestica*. *J. Insect Physiol.* 109, 11–20.
- [15] Terra, W.R., Ferreira, C., 2012. Biochemistry and Molecular Biology of Digestion. In: *Insect Molecular Biology and Biochemistry*. Elsevier, pp. 365–418.
- [16] Espinoza-Fuentes, F.P., Terra, W.R., 1987. Physiological adaptations for digesting bacteria – water fluxes and distribution of digestive enzymes in *Musca domestica* larval midgut. *Insect Biochem.* 17, 809–817.
- [17]. Blahovec, J., Kostecka, Z., Kocisova, A., 2006. Peptidolytic enzymes in different larval stadium of housefly *Musca domestica*. *Vet. Med. (Praha)* 51, 139–144.
- [18] Greenberg, B., Paretsky, D., 1955. Proteolytic enzymes in the house fly, *Musca domestica* (L.). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 48, 46–50.
- [19] Kim, W., Bae, S., Kim, A., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., Park, Y., Koh, Y., 2011. Characterization of the molecular features and expression patterns of two serine proteases in *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *BMB Rep.* 44, 387–392.
- [20] Zhang, S., Huang, J., Hu, R., Guo, G., Shang, X., Wu, J., 2017. Characterization of a new multifunctional beta-glucosidase from *Musca domestica*. *Biotechnol. Lett.* 39, 1219–1227.
- [21] Fujita, A.I., 2004. Lysozymes in insects: what role do they play in nitrogen metabolism? *Physiol. Entomol.* 29, 305–310.
- [22] Lemaitre, B., Miguel-Aliaga, I., 2013. The digestive tract of *Drosophila melanogaster*. *Annu. Rev. Genet.* 47, 377–404.
- [23] Cochrane, B.J., Leblanc, G.A., 1986. Genetics of xenobiotic metabolism in *Drosophila* I. Genetic and environmental factors affecting glutathione-S-transfer in larvae. *Biochem. Pharmacol.* 35, 1679–1684.
- [24] Fusetto, R., Denecke, S., Perry, T., O’Hair, R.A.J., Batterham, P., 2017. Partitioning the roles of CYP6G1 and gut microbes in the metabolism of the insecticide imidacloprid in *Drosophila melanogaster*. *Sci. Rep.* 7, 1–12.