

Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 2, Nomor 2, 2024, Halaman 191-197
 Licenced by CC BY-SA 4.0
 E-ISSN: [2986-6340](https://doi.org/10.5281/zenodo.12748600)
 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12748600>

Biokonversi Sampah Menggunakan Larva Black Soldier Fly

Widyanti Yuliandari¹

¹UIN Raden Mas Said Surakarta

Email: widyanti_yuliandari@staff.uinsaid.ac.id

Abstrak

Dalam seratus tahun ini, larva lalat telah digunakan dalam pengolahan sampah organik. Lalat rumah (*Musca domestica* L.) dan Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) atau BSF adalah dua jenis spesies lalat yang sering digunakan dalam penelitian untuk biodegradasi limbah organik. Artikel ini bertujuan menunjukkan pemanfaatan BSF dalam pengolahan limbah padat organik. Tulisan ini didasarkan pada penelusuran literatur dari penelitian terbaru mengenai BSF. Keuntungan pemanfaatan BSF sebagai biokonversi sampah organik adalah pertumbuhan larvanya dengan kandungan protein tinggi dan berlangsung cepat sehingga memiliki potensi ekonomi sebagai pakan ternak. Dua keuntungan penggunaan BSF adalah efisiensi reduksi sampah yang tinggi dan produksi biomassa prepupa yang maksimal. Dalam proses biokonversi ini ada faktor yang perlu diperhatikan yaitu jenis dan komposisi sampah, kelembaban dan zat toksik yang memengaruhi feeding rate. Potensi ekonomi biokonversi sampah organik menggunakan BSF yang sangat tinggi dibuktikan dari data bahwa sepertiga makanan yang dikonsumsi manusia terbuang sia-sia dan menjadi sampah. Larva BSF yang tumbuh dari sisa makanan ini akan menghasilkan prepupa kaya lemak dan protein.

Kata Kunci: *Biokonversi, Sampah, Larva Black Soldier Fly*

Abstract

*In the last hundred years, fly larvae have been used in organic waste treatment. House fly (*Musca domestica* L.) and Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) or BSF are two types of fly species that are often used in research for biodegradation of organic waste. This article aims to present the utilization of BSF in organic solid waste treatment. This paper is based on a literature search of recent research on BSF. The advantage of utilizing BSF for bioconversion of organic waste is that its larvae grow with a high protein content and quickly, which has economic potential as animal feed. Two advantages of using BSF are high waste reduction efficiency and maximum prepupae biomass production. In this bioconversion process, there are factors that need to be considered, namely the type and composition of waste, moisture and toxic substances that affect the feeding rate. The economic potential of organic waste bioconversion using BSF is very high as evidenced by the data that one-third of food consumed by humans is wasted and becomes waste. BSF larvae grown from this food waste will produce fat- and protein-rich prepupae.*

Keywords: *Bioconversion, Garbage, Black Soldier Fly Larvae*

Article Info

Received date: 16 Juni 2024

Revised date: 22 Juni 2024

Accepted date: 30 Juni 2024

PENDAHULUAN

Gagasan menggunakan larva lalat untuk pengolahan sampah organik telah diusulkan hampir 100 tahun yang lalu. Banyak penelitian laboratorium menunjukkan bahwa beberapa spesies lalat sangat sesuai untuk biodegradasi limbah organik. Lalat rumah (*Musca domestica* L.) dan Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) menjadi serangga yang paling banyak dipelajari untuk tujuan ini (Čičková *et al.*, 2015).

Sampah organik umumnya diolah menjadi produk kompos. Namun, biaya transportasi kompos termasuk tinggi jika dibandingkan dengan nilai jualnya. Ditambah lagi, kompos harus bersaing dengan pupuk kimia dan lebih-lebih adanya kebijakan subsidi bagi pupuk kimia. Karena alasan inilah, pengolahan sampah organik seperti ini menjadi kurang menarik (Diener, Zurbrugg, *et al.*, 2011).

Sebagai alternatif, limbah padat organik dapat direduksi dengan memanfaatkan Larva Black Soldier Fly (BSF). Metode ini menyebabkan pertumbuhan larva yang dapat dipanen sebagai pakan ternak karena kandungan proteinnya tinggi (Saragi and Bagastyo, 2015).

Larva Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae), dapat digunakan di negara-negara berkembang untuk mengolah sampah organik menjadi bahan pakan ternak yang berharga. Pendapatan dari penjualan pakan ternak potensial ini dapat mencakup sebagian dari biaya pengumpulan limbah. larva lalat tentara hitam memiliki potensi pengelolaan sampah yang besar, baik itu pengolahan limbah pasar, limbah organik kota atau lumpur tinja pengairan (Diener, Zurbrügg, *et al.*, 2011).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada literatur review secara kualitatif deskriptif terhadap referensi terbaru mengenai biokonversi BSF.

TINJAUAN PUSTAKA

Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.)

Hermetia illucens, tersebar luas di daerah beriklim tropis dan hangat antara sekitar 45 ° LU dan 40 ° S (McCallan, 1974; Üstüner *et al.*, 2003 dalam Diener *et al.*, 2011). Larvanya memakan berbagai bahan organik yang membusuk, seperti buah-buahan dan sayuran busuk, kotoran hewan dan kotoran manusia. Tahap akhir larva yang disebut prepupa, bermigrasi dari sumber pakan untuk mencari lokasi yang kering dan terlindungi untuk proses pembentukan pupa atau disebut pupasi. Prepupa tersebut dipanen sebagai produk atau hasil dari pengolahan sampah organik, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai makanan hewan serta keperluan lainnya (Diener *et al.*, 2011).

Selama tahap dewasa, BSF tidak makan, dia hanya bergantung pada cadangan lemak tubuhnya. Akibatnya, lalat tidak berkontak dengan bahan organik yang kotor, karena itulah dia tidak dapat dianggap sebagai vektor penyakit (Leclercq, 1997; Schremmer, 1986 dalam Diener *et al.*, 2011).

Proses Biokonversi

Ada setidaknya dua hal yang diharapkan dari pengolahan sampah organik menggunakan BSF. Pertama, mencapai efisiensi reduksi sampah yang tinggi. Kedua, menghasilkan produksi biomassa prepupa yang maksimal. Maka dari itu, penting untuk mengetahui jumlah maksimal sampah yang dapat diproses oleh larva per hari (Diener, Studt Solano, *et al.*, 2011). Selain itu, ada beberapa faktor yang perlu mendapat perhatian dalam pengolahan sampah organik menggunakan larva BSF ini.

1. Jenis Dan Komposisi Sampah Yang Diolah

Sebuah studi dilakukan terhadap 3 jenis sampah organik yakni: campuran sampah sayuran dan buah, campuran sampah sayuran, buah dan ikan, dan sampah berupa ikan saja yang berasal dari pasar tradisional. Sampah berupa campuran sayur dan buah menghasilkan reduksi sampah terbesar yakni 42.75% - 63.90% (Tabel 1).

Tabel 1. Reduksi Dari Berbagai Komposisi Sampah

Komposisi Sampah dan Feeding Rate	Reduksi Sampah (%)
sayur:buah (20mg/larva.day)	63.90
sayur:buah (40mg/larva.day)	49.07
sayur:buah (60mg/larva.day)	42.75
sayur:buah:ikan (20mg/larva.day)	55.90
sayur:buah:ikan (40mg/larva.day)	49.82
sayur:buah:ikan (60mg/larva.day)	40.48
ikan (20mg/larva.day)	54.24
ikan (40mg/larva.day)	44.35
ikan (60mg/larva.day)	18.87

Sumber: Bagastyo dan Saragi, 2015

2. Feeding Rate

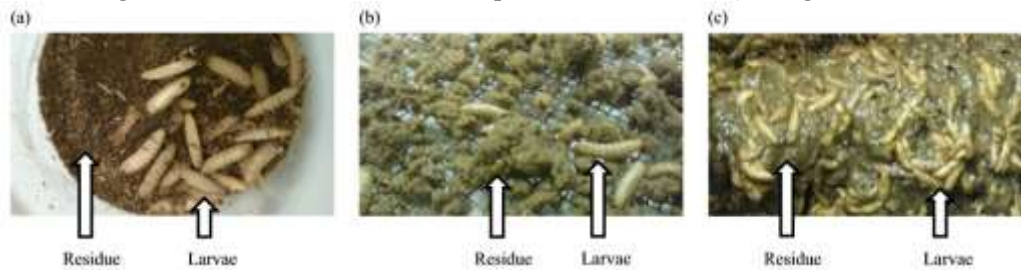
Dari pengujian di atas, dapat dilihat bahwa pada ketiga jenis campuran, feeding rate yang terkecil (20 mg/larva per hari) memberikan reduksi sampah yang terbesar jika dibandingkan feeding rate 40 dan 60 mg per larva per hari. Ini dapat dijelaskan bahwa, jumlah pakan berlebih, menyebabkan kondisi

anaerob pada dasar reaktor yang menyulitkan akses larva BSF terhadap makanan (Saragi and Bagastyo, 2015).

a. Pengaruh Kelembaban

Kesulitan dalam pemisahan residu (ekskreta larva dan bahan yang belum terkonversi) dari biomassa terjadi jika kelembaban berlebihan. Kondisi sangat lembab, bahkan basah akibat terakumulasinya cairan di bagian tertentu reaktor akan menimbulkan bau busuk dan kondisi anaerobik. Kondisi seperti ini menghalangi larva dari sumber makanan sehingga akan mengurangi produksi prepupa dan menghambat reduksi sampah. Lebih jauh lagi, penanganan residu akan lebih sulit akibat bau dan lengket (Diener *et al.*, 2011).

Sebuah studi dilakukan terhadap limbah makanan dengan kadar air berbeda (70%, 75% dan 80%) diumpankan ke larva BSF pada reaktor rotary drum yang dikendalikan suhunya. Hasil menunjukkan bahwa residu dapat dipisahkan secara efektif dari biomassa serangga dengan pengayakan menggunakan 2,36 mm saringan, untuk kedua jenis limbah makanan sebesar 70% dan kadar air 75%. Namun, sieving dari residu, tidak memungkinkan untuk limbah makanan pada kadar air 80% (Cheng, Chiu and Lo, 2017).

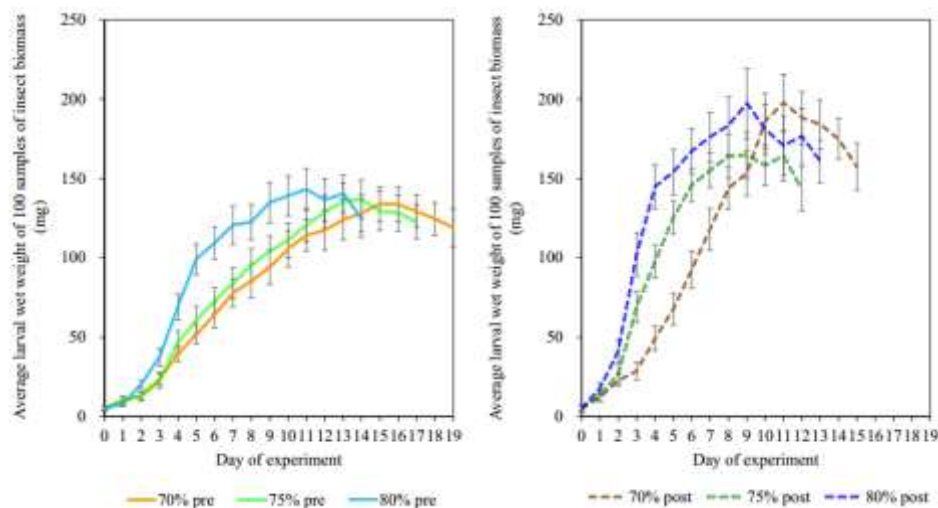


Gambar 1. Penampakan Larva dan Residu, (a) residu halus dan kering, (b) residu berbutir dan (c) residu basah dan lengket.

Sumber: (Cheng, Chiu and Lo, 2017)

Akan tetapi, tingkat kelangsungan hidup larva tidak terpengaruh oleh kadar air dari sampah makanannya. Tingkat kelangsungan hidup larva yang tinggi paling sedikit 95% dicapai dengan menggunakan reaktor rotary drum yang dikendalikan suhu untuk semua kelompok perlakuan.

Kelembaban juga tidak banyak berpengaruh terhadap berat larva. Hanya dijumpai perbedaan sebesar 4-6 mg pada berat larva yang diberi makan dengan sampah berkelembaban 70 persen dan 80 persen (gambar 2).



Gambar 2. Berat basah rata-rata larva dari 100 sampel biomassa serangga yang dikumpulkan dari reaktor rotary drum saat limbah makanan pra-konsumen dan makanan pasca-konsumen pada 70%, 75% dan 80% kadar air (Cheng, Chiu and Lo, 2017)

Namun, kelembaban memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan larva. Pertumbuhan tercepat dicapai pada larva BSF yang diberikan pakan sampah dengan kelembaban 80 persen (Cheng, Chiu and Lo, 2017).

b. Keberadaan Zat Toksik

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pengolahan sampah organik menggunakan larva BSF adalah keberadaan zat toksik. Hadirnya zat-zat yang memiliki efek racun, bukan saja mempengaruhi pertumbuhan larva dan pada akhirnya mempengaruhi proses secara keseluruhan, keberadaan zat misalnya logam berat juga berbahaya ketika memasuki rantai makanan. Penggunaan prepupa yang berasal dari sumber yang terkontaminasi logam berat, tidak seharusnya dilakukan. Karena konsentrasinya akan terakumulasi sepanjang rantai makanan, mulai dari prepupa, ayam, ikan, atau apapun hewan yang diberikan pakan berupa prepupa tersebut (Diener *et al.*, 2011).

Eksperimen laboratorium tentang kecenderungan logam berat yang ada di pakan BSF sangat menarik. Pola akumulasi bervariasi sesuai dengan tipe dan konsentrasi logam. Singkatnya, kadmium terakumulasi, timah ditekan dan seng dijaga pada tingkat yang lebih atau kurang konstan. Akumulasi logam berat dan cara serangga mengatasinya menjadi perhatian khusus, terutama mengenai keberlanjutan teknologi ini, yang bertujuan menghasilkan produk yang tidak beracun.

Banyak serangga memiliki mekanisme detoksifikasi alami yang membutuhkan, energi tambahan memiliki konsekuensi terhadap pertumbuhan dan/atau kesehatan. Hal ini tercermin dalam perubahan setidaknya satu dari ciri sejarah kehidupan penting, seperti penurunan massa tubuh, rentang hidup, reproduksi, resistensi terhadap faktor stres lainnya atau penurunan ketahanan secara umum (Maryanski *et al.*, 2002 dalam Diener *et al.*, 2011)). Sebuah studi dilakukan untuk mengetahui efek berbagai obat-obatan dan pestisida di dalam pakan larva BSF. Zat yang diuji adalah karbamazepin, roxithromycin, trimetoprim, azoxystrobin dan propikonazol. Hasilnya, tidak ada potensi bioakumulasi pada larva BSF tersebut (Lalander *et al.*, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelebihan dan Kekurangan

Dari data lapangan selama ini, berikut kelebihan dan kekurangan penggunaan BSF dalam pengolahan limbah padat organik.

1. Reduksi sampah organik yang cukup tinggi. Nilai pengurangan limbah sekitar 40% seperti yang dicapai di laboratorium, limbah rumah tangga bisa jadi berkurang dari 65% menjadi 75%. Larva dapat digunakan sebagai pakan ternak atau untuk produksi sekunder, misalnya biodiesel. Sedangkan residunya dapat menjadi pupuk yang berharga (Diener *et al.*, 2011).
2. Selama biodegradasi suhu substrat meningkat, pH berubah dari netral menjadi basa, ammonia pelepasan meningkat, dan kelembaban menurun. Beban mikroba beberapa patogen dapat terjadi secara substansial dikurangi; (Čičková *et al.*, 2015).
3. Keuntungan tambahan lainnya dari BSF adalah kemampuannya untuk mengusir oviposisi lalat betina (Bradley dan Sheppard, 1984 dalam Diener *et al.*, 2011), sebuah vektor penyakit yang serius terutama di negara-negara berkembang, di mana buang air besar terbuka dan sanitasi yang tidak tepat menyebabkan sumber patogen yang berbahaya (Graczyk *et al.*, 2001 dalam Diener *et al.*, 2011).

Sedangkan kekurangannya adalah, pada penggunaan di daerah beriklim sedang dan dingin, mungkin akan ditemukan masalah. Misalnya, menyangkut perilaku lalat dewasa yang kompleks (Tomberlin dan Sheppard, 2001 dalam Čičková *et al.*, 2015). Mereka butuh sinar matahari untuk kawin (Tomberlin dan Sheppard, 2002 dalam Čičková *et al.*, 2015).

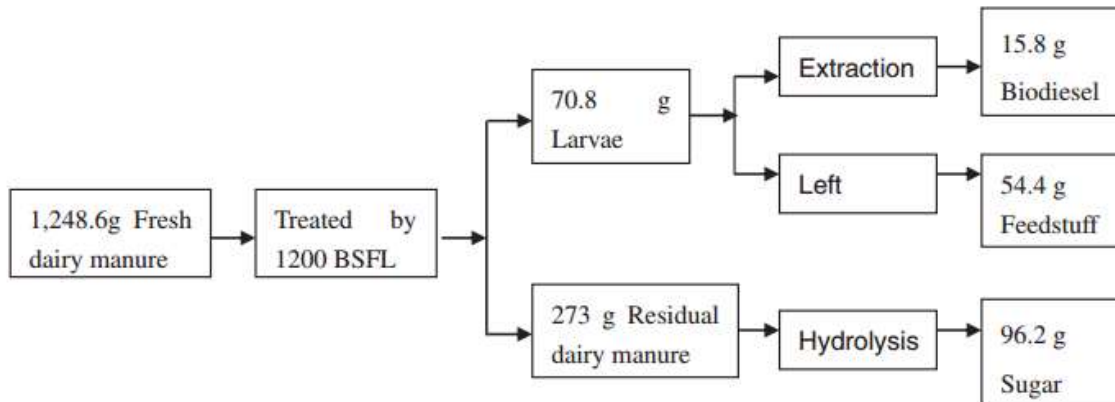
Aplikasi Pada Berbagai Jenis Sampah Organik

Banyak sekali upaya penggunaan larva BSF pada berbagai jenis limbah organik dan untuk berbagai produk atau penggunaan. Beberapa diantaranya, seperti di bawah ini.

a. Pengolahan Kotoran Hewan

Pupuk kandang yang berpotensi bahaya lingkungan, namun juga bisa berperan sebagai sumber makanan bagi larva BSF. Black Soldier Fly dipertimbangkan sebagai bioteknologi baru untuk mengubah

kotoran sapi menjadi biodiesel dan gula. Lemak dapat diekstrak dari BSFL oleh petroleum eter, dan kemudian diolah dengan metode dua tahap untuk menghasilkan biodiesel seperti dalam gambar 3.



Gambar 3. Proses Konversi Kotoran Ternak Menjadi Biodiesel dan Gula Menggunakan Larva BSF Sumber: (Li *et al.*, 2011)

Dari proses di atas, kotoran yang diolah menggunakan BSF menghasilkan biodiesel dan gula. diselidiki dalam penelitian Singkatnya, 15,8 g biodiesel bisa dihasilkan dari 1.248,6 g kotoran hewan segar dengan 1200 larva BSF dalam 21 hari. Residu larva (54,4 g) dapat digunakan sebagai pakan hewan. Selanjutnya, 96,2 g gula diperoleh dari residu kotoran hewan yang dihidrolisis.

Dibandingkan dengan pembangkit energi, *H. illucens* memiliki kapasitas reproduksi yang tinggi dan siklus hidup pendek, sementara pembangkit energi membutuhkan siklus hidup yang panjang.

Dari analisis yang komprehensif meliputi aspek masyarakat, ekonomi dan lingkungan, dapat disimpulkan BSF dapat mendaur ulang sampah menjadi energi bersih, dan mengurangi polusi. Studi ini menunjukkan bahwa BSF menjanjikan untuk mengkonversi limbah kotoran menjadi komoditas berharga (Li *et al.*, 2011).

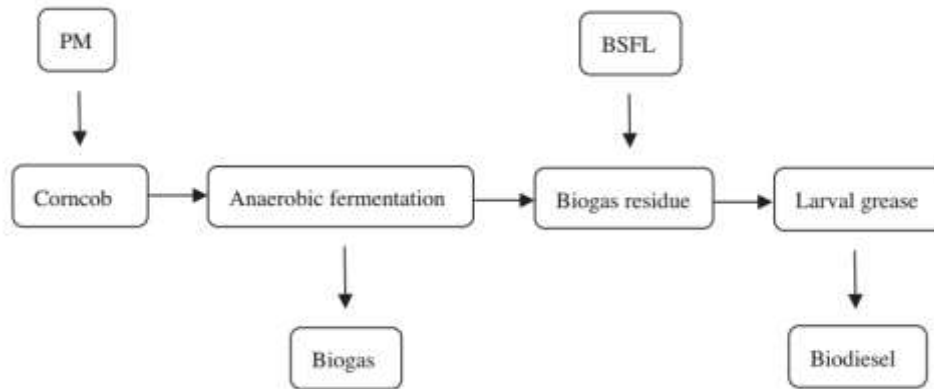
b. Pengolahan Lumpur Tinja

Sistem sanitasi dan pengolahan air limbah yang kurang memadai dan kurang dapat menyebabkan penyebaran diare. Namun, fraksi organik dari limbah itu bernilai tinggi nutrisi tanaman dan dapat digunakan kembali di pertanian dan sebagai pakan ternak. Larva BSF tumbuh menjadi sumber protein yang sangat baik untuk pakan hewan, sementara aktivitas pemberian makan larva secara substansial mengurangi massa kering bahan yang diolah.

Selain reduksi limbah organik, larva BSF memiliki pengaruh terhadap konsentrasi mikroorganisme patogen dalam limbah berupa kotoran manusia. Terjadi pengurangan 6 log₁₀ pada *Salmonella* spp. dalam kotoran manusia dalam delapan hari, (Lalander *et al.*, 2013).

Biokonversi Residu Biogas Sebagai Biodiesel

Mendapatkan nilai tinggi bioenergi dari lignoselulosa sangat menarik, sehingga secara bertahap dapat memenuhi kebutuhan pasar. Studi ini adalah tentang biogas dan biodiesel yang dihasilkan dari tongkol jagung dengan bioproses dua tahap. Pertama, biogas dihasilkan dari tongkol jagung dengan fermentasi anaerobik, lalu residu biogas dikonversi oleh larva BSF, dan kemudian biodiesel dihasilkan dari minyak larva tersebut, mengikuti bagan proses dalam gambar 4.



Gambar 4. Produksi Biogas dan Biodiesel dari Tongkol Jagung dengan Larva BSF
Sumber: (Li *et al.*, 2015)

Biogas 86.70 L diperoleh dari 400 g tongkol jagung dengan akumulasi hasil biogas 220,71 mL/g dibarengi oleh pencernaan anaerobic. Selain itu, 3,17 g biodiesel diproduksi dari minyak setelah menginokulasi larva lalat tentara hitam ke dalam 400 g residu biogas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan larva BSF dapat efektif untuk degradasi lignoselulosa dan akumulasi lemak (Li *et al.*, 2015).

Biokonversi Sampah Makanan Menjadi Biodiesel

Sekitar sepertiga dari semua makanan yang diproduksi untuk konsumsi manusia di seluruh dunia terbangun sia-sia. Didalam Penelitian, larva BSF tumbuh pada sampah sisa makanan untuk menghasilkan prepupa kaya lemak dan protein sebagai strategi baru untuk pengelolaan sampah organik yang efisien.

Minyak yang diperoleh BSF memiliki konsentrasi tinggi asam lemak jenuh rantai sedang (67% total asam lemak) dan konsentrasi rendah lemak tak jenuh ganda (13% asam lemak total), yang membuatnya berpotensi menjadi substrat ideal untuk menghasilkan biodiesel kualitas tinggi (Surendra *et al.*, 2016).

Salah satu keterbatasan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif terbarukan, adalah tingginya bahan baku jika untuk produksi berskala besar. Karena itu, bahan baku alternatif yang memungkinkan produksi biodiesel dari bahan baku yang murah sangat dibutuhkan.

Dalam sebuah studi, proses konversi bersama dilakukan menggunakan larva BSF dan mikroba (Rid-X) untuk mengonversi jerami padi dan Restaurant Solid Waste (RSW). Dalam penelitian ini, sekitar 43,8 g biodiesel diproduksi dari 2000 BSF yang dikembangkan pada 1000 g pakan campuran jerami padi (30%) dan RSW (70%) dalam waktu 10 hari.

Sekitar 65,5% selulosa, 56,3% hemiselulosa, 8,8% lignin, 91,6% protein dan 71,6% lipid dalam pakan dicerna dan digunakan untuk akumulasi biomassa serangga dengan bantuan Rid-X. Hasilnya, minyak dari larva BSF yang diberi jerami padi dan RSW cocok untuk biodiesel. Sifatnya sesuai dengan persyaratan standar EN 14214. Dengan metode ini dapat dihasilkan biodiesel dari bahan lignoselulosa tanpa melewati pretreatment kompleks lignoselulosa yang dibutuhkan oleh teknologi biofuel lainnya (Zheng *et al.*, 2012).

SIMPULAN

Penggunaan BSF untuk biokonversi limbah padat organik memiliki keuntungan dalam hal pengurangan sampah organik secara cepat dan memiliki potensi ekonomi tinggi. Selain bisa dimanfaatkan untuk sampah organik rumah tangga, termasuk sisa makanan organik, BSF juga bisa dimanfaatkan dalam pengolahan kotoran hewan dan lumpur tinja. Sampah makanan dan residu biogas bisa dikonversi menjadi biodiesel. Larva BSF yang tumbuh pada sisa makanan-pun akan menghasilkan prepupa yang kaya lemak dan protein, atau memiliki gizi tinggi, yang bisa dimanfaatkan untuk pakan ternak. Kelebihan

menggunakan BSF untuk pengolahan limbah padat organik adalah 1.Reduksi sampah organik yang cukup tinggi. 2. Selama biodegradasi suhu substrat meningkat, pH berubah dari netral menjadi basa, ammonia pelepasan meningkat, dan kelembaban menurun. 3. kemampuannya untuk mengusir oviposisi lalat betina penggunaan larva BSF pada berbagai jenis limbah organik seperti a.Pengolahan Kotoran Hewan b.Pengolahan Lumpur Tinja. Manfaat lain dari BSF adalah untuk melakukan Biokonversi Residu Biogas Sebagai Biodiesel dan Biokonversi Sampah Makanan Menjadi Biodiesel. BSF memiliki potensi sangat besar dalam melakukan proses biokonversi ini dikarenakan sepertiga dari semua makanan yang diproduksi untuk konsumsi manusia di seluruh dunia terbuang sia-sia dan larva BSF tumbuh pada sampah sisa makanan untuk menghasilkan prepupa kaya lemak dan protein.

REFERENSI

- Cheng, J. Y. K., Chiu, S. L. H. and Lo, I. M. C. (2017) 'Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion', *Waste Management*. Elsevier Ltd, 67, pp. 315–323. doi: 10.1016/j.wasman.2017.05.046.
- Čičková, H. *et al.* (2015) 'The use of fly larvae for organic waste treatment', *Waste Management*, 35, pp. 68–80. doi: 10.1016/j.wasman.2014.09.026.
- Diener, S., Studt Solano, N. M., *et al.* (2011) 'Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae', *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), pp. 357–363. doi: 10.1007/s12649-011-9079-1.
- Diener, S., Zurbügg, C., *et al.* (2011) 'Black soldier fly larvae for organic waste treatment – prospects and constraints', *Proceedings of the WasteSafe 2011– 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries 13-15 February 2011, Khulna, Bangladesh*, 52(February), pp. 1–8.
- Lalander, C. *et al.* (2013) 'Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) - From a hygiene aspect', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 458–460, pp. 312–318. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.04.033.
- Lalander, C. *et al.* (2016) 'Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting', *Science of the Total Environment*. The Authors, 565, pp. 279–286. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.147.
- Li, Q. *et al.* (2011) 'Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production', *Waste Management*. Elsevier Ltd, 31(6), pp. 1316–1320. doi: 10.1016/j.wasman.2011.01.005.
- Li, W. *et al.* (2015) 'Potential biodiesel and biogas production from corncob by anaerobic fermentation and black soldier fly', *Bioresource Technology*, 194, pp. 276–282. doi: 10.1016/j.biortech.2015.06.112.
- Saragi, E. S. and Bagastyo, A. Y. (2015) 'Reduction of Organic Solid Waste By Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae', *The 5th Environmental Technology and Management Conference 'Green Technology towards Sustainable Environment' November 23 - 24, 2015, Bandung, Indonesia.*, pp. 978–979.
- Surendra, K. C. *et al.* (2016) 'Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming', *Renewable Energy*. Elsevier Ltd, 98, pp. 197–202. doi: 10.1016/j.renene.2016.03.022.
- Zheng, L. *et al.* (2012) 'Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes', *Energy*, 47(1), pp. 225–229. doi: 10.1016/j.energy.2012.09.006.