

Efektivitas Jenis dan Frekuensi Pemberian Sampah Organik terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Biokonversi Maggot BSF (*Hermetia illucens*)

Mutiarani Kartika Dewi¹⁾, Talitha Widiatningrum^{✉ 1)}, Niken Subekti¹⁾, Ning Setiati¹⁾

¹⁾ Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 29 Desember
2022

Disetujui: 15 Juni 2023

Dipublikasikan: 30 Juni
2023

Keywords:

black soldier fly larvae,
Hermetia illucens, organic
waste management

larva lalat tentara hitam;
Hermetia illusens;
pengelolaan sampah organik

Abstract

Organic waste is the type of waste that has the largest amount in Indonesia. If not managed properly, organic waste can cause various kinds of problems. One of the technologies to overcome this is by means of composting using Black Soldier Fly (BSF) larvae. BSF larvae (maggots) have a better decomposition ability compared to organisms as well as other microorganisms. The aim of this research is to determine the most effective substrate that can affect the growth of maggots and the speed of biocconversion. This research is a quantitative descriptive study with an explanatory design. Independent variables in this study are feeding frequency and type of organic waste as substrate. The dependent variables in this study are the speed of biocconversion and the growth of maggots. The instruments used in this study are experiment research. The primary Data was obtained from 8 different compositions and kinds of organic waste. The analysis used is a univariate analysis of variance using the SPSS 25.0 application. Results showed that restaurant waste is the most effective waste for reduction by maggot because it produces larvae with the best growth and the highest bioconversion rate among other waste.

Abstrak

Sampah organik merupakan jenis sampah yang memiliki jumlah terbesar di Indonesia. Jika tidak dikelola dengan baik, sampah organik dapat menimbulkan berbagai macam masalah. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan larva *black soldier fly* (BSF) untuk mendekomposisi sampah organik. Larva BSF (*maggot*) memiliki kemampuan penguraian yang lebih baik dibandingkan dengan organisme maupun mikroorganisme lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan substrat atau jenis media pertumbuhan yang paling efektif dilihat dari pengaruhnya terhadap pertumbuhan *maggot* dan kecepatan biokonversi. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan desain eksplanatori. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah frekuensi pemberian pakan dan jenis sampah organik sebagai substrat. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kecepatan biokonversi dan pertumbuhan *maggot*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Data primer diperoleh dari delapan komposisi dan jenis sampah organik yang berbeda. Analisis yang digunakan adalah analisis variansi univariat dengan menggunakan aplikasi SPSS 25.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah restoran merupakan limbah yang paling efektif untuk direduksi oleh *maggot* karena menghasilkan larva dengan pertumbuhan terbaik dan tingkat biokonversi tertinggi, serta konsumsi substrat yang lebih besar di antara limbah lainnya.

© 2023 Universitas Negeri Semarang

□ Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunugpati, Semarang
E-mail: talitha_widiatningrum@mail.unnes.ac.id

p-ISSN 2252-6277

e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Jenis sampah yang memiliki jumlah terbesar di Indonesia adalah sampah organik. Salah satu sampah organik yang jumlahnya mendominasi yaitu sampah sisa makanan. Sampah tersebut berasal dari berbagai macam sumber, sumber limbah terbesar yaitu pabrik pengolahan makanan, dapur rumah tangga, dapur komersial, kantin, dan restoran (Kiran *et al.*, 2014). Jenis dan karakteristik sampah organik semakin meningkat dan beragam seiring dengan bertambahnya tingkat pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi publik. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019), jenis sampah organik di Indonesia memiliki sejumlah sebesar 50%. Hal ini menunjukkan sampah organik yang tersedia jumlahnya cukup berlimpah. Sayangnya, sebagian besar sampah organik belum dimanfaatkan secara optimal.

Dengan meningkatnya jumlah sampah organik yang dihasilkan masyarakat dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah/buangan yang ditimbulkan dari aktivitas dan konsumsi masyarakat telah menjadi permasalahan lingkungan yang harus ditangani oleh pemerintah dan masyarakat. Limbah domestik tersebut, baik itu limbah cair maupun limbah padat menjadi permasalahan lingkungan secara kuantitas. Tingkat bahayanya dapat mengganggu kesehatan manusia, mencemari lingkungan, dan mengganggu kehidupan makhluk hidup lainnya. Jika penanganan sampah tidak dilakukan dengan baik dapat mengakibatkan permasalahan seperti gangguan kesehatan, menutup saluran air dan terjadinya pencemaran air (Harahap, 2016).

Salah satu teknologi dalam menangani sampah organik yaitu dengan metode biokonversi, yaitu penguraian sampah menjadi materi organik dengan mengubah energi yang terkandung dalam sampah sebagai sumber makanan melalui organisme hidup. Salah satu organisme yang dapat digunakan dalam penguraian sampah organik adalah larva *black soldier fly* (BSF). Larva BSF telah terbukti dapat mendegradasi jumlah sampah organik dengan menekstrak energy dan nutrisi yang terkandung dari sampah organik seperti sayuran dan sisa makanan (Green & Popa, 2012).

Black soldier fly (*Hermetia illucens*) merupakan spesies lalat dari ordo Diptera dan famili Stratiomyidae dengan genus *Hermetia* (Hem, 2011). Biokonversi yang dilakukan oleh larva BSF atau lebih dikenal sebagai *maggot*, diketahui dapat mengurangi atau mereduksi limbah organik hingga 56% (Balitbangtan, 2016). Selain dapat mendegradasi sampah organik dengan baik, *maggot* diketahui memiliki ketahanan hidup yang cukup baik dan dapat hidup di lingkungan yang cukup ekstrim, seperti di media sampah yang mengandung garam, alkohol, asam dan ammonia (Green & Popa, 2012).

Sampah organik berpotensi sebagai media pertumbuhan *maggot* karena sampah organik masih mengandung nutrisi. Jenis sampah organik sangat beragam dengan kandungan nutrisi yang berbeda-beda. Sampah organik memiliki jenis yang beragam yaitu sampah organik sisa makanan yang dapat diperoleh dari limbah hasil rumah tangga, sampah organik sayur dan buah yang dapat diperoleh dari pasar, serta sampah organik tulang belulang yang dapat diperoleh dari limbah industri. Semua jenis

sampah organik tersebut dapat digunakan sebagai media atau tempat pertumbuhan *maggot* (Masir *et al.*, 2020). Jumlah produksi *maggot* dapat ditingkatkan dengan memilih media dengan sumber nutrisi yang lengkap (Amran *et al.*, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis sampah organik dan frekuensi pemberian sampah terhadap pertumbuhan dan kecepatan biokonversi yang dilakukan oleh *maggot*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari – Desember 2022 di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu UNNES.

Desain Penelitian

Penelitian ini mengkaji dua variabel yaitu variabel independen dan dependen. Variabel independen meliputi jenis sampah dan frekuensi *feeding*. Variabel dependen adalah tingkat pertumbuhan dan kecepatan biokonversi oleh larva BSF yang dilihat dari indeks reduksi limbah (WRI) dan konsumsi substrat. Laju frekuensi dihitung dengan cara memberikan pakan dengan jumlah tertentu (mg) pada larva selama waktu tertentu (hari), kemudian selisih jumlah pakan awal dan hasil residu dekomposisi dianggap sebagai nilai konsumsi substrat (Hakim *et al.*, 2017).

Prosedur Penelitian

Sampel sampah yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis sampah yaitu sampah kulit pisang, sampah kangkung, dan sampah makanan dari restoran. Sebelum ketiga jenis sampah tersebut digunakan sebagai media dilakukan pengukuran terhadap pH pada tiap jenis sampel sampah. Setelah melakukan pengukuran pH sampel sampah, selanjutnya mempersiapkan media sampah yang telah dihancurkan sebagai tempat pertumbuhan *maggot*.

Sebelum memperoleh larva yang digunakan untuk penelitian dilakukan pembiakan lalat BSF. Pembiakan lalat dilakukan dengan mempersiapkan media pertumbuhan telur. Media terbuat dari pakan ayam sebanyak 600 gram yang ditambah dengan air buah sebanyak 1.400 ml. Setalah tercampur merata wadah tersebut dimasukkan ke dalam krat yang bagian pinggirnya telah ditambahkan kompos/*cocopeat*. Kemudian telur lalat BSF yang telah dipanen, dimasukkan ke dalam *tea ball* yang kemudian digantung di atas media pertumbuhan. Telur BSF ditetaskan dalam kurun waktu kurang lebih 6 hari. Selanjutnya, larva BSF yang telah menetas dipindahkan untuk dilakukan pembesaran ke wadah plastik sebagai tempat untuk tumbuh sesuai dengan perlakuan. Larva yang digunakan berjumlah 7.200 ekor larva. Pembesaran larva dilakukan selama 12 hari, hari pemindahan larva ke media dihitung sebagai hari ke-0. Selanjutnya, pemberian sampah dilakukan dengan cara bertahap setiap 3 hari sekali. Setiap hari dilakukan pengamatan 1x, selama 12 hari berturut-turt, kemudian dilakukan pengamatan terhadap parameter biomassa larva, konsumsi substrat, indeks reduksi limbah, dan tingkat ketahanan hidup larva.

Analisis Data

Data pertumbuhan larva diketahui dari biomassa larva yang menunjukkan laju pertumbuhan massa larva BSF (mg) selama penelitian. Laju pertumbuhan larva dihitung setiap 3 hari sekali selama 12 hari. Larva yang ditimbang berjumlah 10 larva sebagai perwakilan. Selain massa, data pertumbuhan yang dihitung juga mencakup data lebar (dalam cm) dan panjang larva (dalam cm).

Konsumsi substrat (*substrate consumption*, SC) menunjukkan banyaknya jumlah substrat pakan yang dikonsumsi oleh larva BSF selama masa penelitian. Konsumsi substrat dihitung pada awal dan akhir masa pengamatan dengan rumus berikut (Hakim *et al.*, 2017).

$$SC = \frac{\text{Massa Pakan Awal} - \text{Massa Pakan Akhir}}{\text{Massa Pakan Awal}} \times 100\%$$

Kecepatan biokonversi sampah dihitung berdasarkan indeks reduksi limbah (*waste reduction index*). Indeks pengurangan limbah merupakan indeks pengurangan limbah oleh larva per hari. Nilai WRI yang tinggi menyatakan kemampuan larva dalam mereduksi limbah juga tinggi (Mertenat *et al.*, 2019). Angka ini dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan Mertenat *et al.* (2019), yaitu:

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100\%$$

$$\text{dengan } D = \frac{W-R}{W}$$

Keterangan:

WRI: indeks reduksi sampah.

D : tingkat degradasi sampah.

t : waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah.

W : jumlah sampah sebelum terdegradasi.

R : jumlah residu.

Tingkat ketahanan hidup larva (*survival rate*, SR) merupakan jumlah larva yang hidup dibandingkan dengan jumlah awal larva, dihitung dalam satuan persen (Schutjens *et al.*, 2008). Tingkat ketahanan hidup dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut:

$$SR = \frac{\text{Jumlah Larva Hidup Akhir}}{\text{Jumlah Larva Hidup Awal}} \times 100\%$$

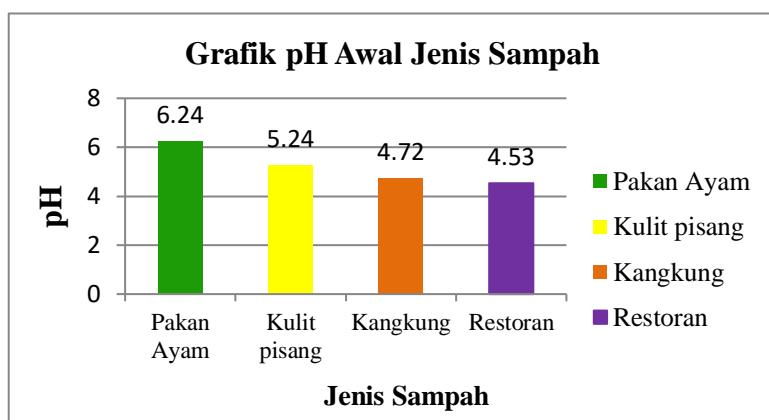
Analisis data hasil penelitian ini dilakukan dengan metode two-way anova terdiri dari analisis kemampuan larva dalam mendekomposisi sampah berdasarkan tingkat reduksi sampah dari setiap perlakuan. penentuan pengaruh tingkat pertumbuhan larva berdasarkan jenis makanan dan frekuensi feeding dilakukan berdasarkan berat akhir larva setelah waktu penelitian selesai. karakteristik hasil dekomposisi sampah oleh larva bsf dianalisis berdasarkan jumlah residu yang

dihasilkan. dari dua variabel yaitu variasi jenis sampah sebanyak 3 jenis sampah dan 1 kontrol dan variasi frekuensi feeding sebanyak 2 jenis, dilakukan 3 kali pengulangan sehingga didapat 24 data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pH Jenis Sampah

Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh pH media berkisar 4,53-6,24, memperlihatkan bahwa pH sampah yang digunakan berada pada kondisi asam (<7) (Gambar 1). Data pengukuran pH paling rendah diperoleh dari sampah restoran sebesar 4,53 hal ini dikarenakan sampah telah mengalami proses fermentasi. Semakin lama sampah terfermentasi semakin rendah tingkat pH yang dihasilkan dari sampah tersebut (Fadilah *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa pH tertinggi diperoleh dari pakan ayam sebesar 6,24. pH tersebut masih dapat ditoleransi oleh larva dikarenakan larva BSF memiliki toleransi hidup terhadap lingkungan dengan tingkat pH yang bervariasi yaitu 0,7-13,7 dan dapat mengubah pH awal 2,7-12,7 menjadi 7,8-8,9 (Lando *et al.*, 2012).

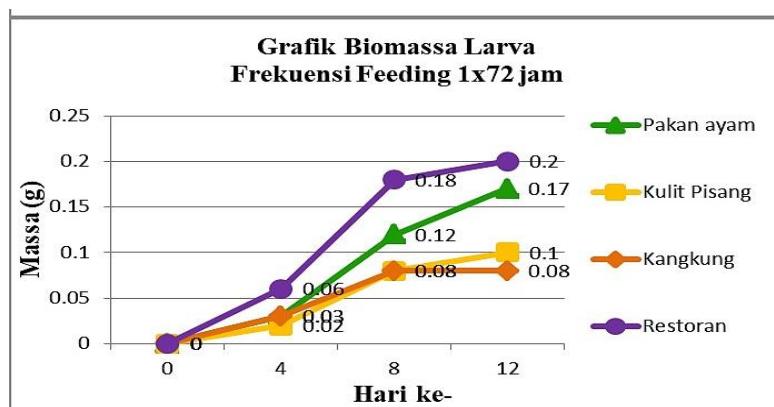


Gambar 1. Grafik pH Masing-masing Jenis Sampah

Biomassa Larva

Pertambahan berat secara signifikan tampak pada larva dengan perlakuan sampel sampah restoran yang memiliki jumlah massa tertinggi dari tiap perlakuan baik pada frekuensi *feeding* 1x24 jam yang mencapai 0,23 gram maupun frekuensi *feeding* 1x72 jam dengan massa 0,2 gram. Sampah restoran memberikan hasil berat larva yang lebih tinggi daripada sampel pakan ayam yang digunakan sebagai kontrol. Sampah restoran memiliki nilai bobot larva yang paling tinggi dikarenakan pada sampah restoran terdapat berbagai macam jenis komposisi sampah seperti berbagai macam sumber karbohidrat, minyak, dan protein. Kandungan nutrisi yang terkandung

dalam sampah restoran juga lebih tinggi dan jika dibandingkan dengan sampah kulit pisang dan kangkung. Gambar 2 di bawah merupakan grafik biomassa larva.



Gambar 2. Grafik biomassa larva BSF frekuensi *feeding* 1x24 jam dan frekuensi *feeding* 1x72 jam

Konsumsi Substrat

Konsumsi substrat dari pakan ayam (kontrol), sampah kulit pisang, kangkung, dan sampah restoran dengan frekuensi *feeding* 1x24 jam dan 1x72 jam memiliki nilai antara 40%-57% (Tabel 1). Nilai SC tertinggi didapat pada sampah restoran dengan frekuensi *feeding* 1x72 jam sebesar 57% dan nilai terendah pada sampah kangkung frekuensi *feeding* 1x24 jam sebesar 40%. Berdasarkan hasil analisis statistik, jenis sampah dan jumlah sampah tidak berpengaruh nyata terhadap nilai konsumsi substrat ($P > 0,05$). Kemudian, jenis sampah berpengaruh nyata terhadap nilai konsumsi substrat ($P < 0,05$) dan jumlah sampah tidak berpengaruh nyata terhadap nilai konsumsi substrat ($P > 0,05$). Jenis sampah restoran dengan frekuensi *feeding* 1x72 jam bisa dikonsumsi oleh larva lebih baik dibandingkan jenis sampah lain. Hal ini dikarenakan pada sampah restoran mengalami proses fermentasi secara alami oleh mikroorganisme yang memiliki peran aktif dalam penguraian bahan organik kompleks menjadi lebih sederhana. Oleh karena itu, proses reduksi yang terjadi pada limbah jenis sampah restoran tidak hanya dilakukan oleh larva BSF, tetapi juga dengan adanya mikroorganisme lain (Suwatanti & Widyaningrum, 2017).

Tabel 1. Jumlah Konsumsi Substrat Larva BSF

Jenis Sampah	Konsumsi Substrat (%)	
	Frekuensi 1x24 Jam	Frekuensi 1x72 Jam
Pakan Ayam (Kontrol)	48	46
Kulit Pisang	46	47
Kangkung	40	44
Sampah Restoran	53	57

Indeks Reduksi Limbah

Tabel 2 merupakan jumlah indeks reduksi sampah oleh larva BSF per hari. Nilai WRI tertinggi didapatkan pada media sampah restoran dengan perlakuan *feeding* 1x72 jam yaitu sebesar 4,75%, sedangkan untuk WRI terendah terdapat pada sampah kangkung dengan frekuensi *feeding* 1x24 jam. Hal ini dikarenakan jenis sampah kangkung memiliki kadar air yang tinggi. Selain itu, jumlah sampah yang sedikit akan menyebabkan larva kurang optimal dalam mereduksi sampah yang diberikan.

Berdasarkan hasil analisis statistik, jenis sampah secara tunggal dapat memberikan berpengaruh nyata terhadap nilai WRI ($P < 0,05$), tetapi tidak demikian halnya dengan frekuensi *feeding* ($P > 0,05$) serta kombinasi jenis sampah dan jumlah sampah tidak berpengaruh nyata terhadap nilai WRI ($P > 0,05$). Hakim *et al.* (2017) menyatakan bahwa nilai WRI berbanding lurus dengan nilai konsumsi substrat. Dengan demikian, jika nilai konsumsi substrat tinggi, maka nilai WRI juga tinggi. Nilai WRI dapat digunakan untuk mengindikasikan efektivitas larva BSF dalam mereduksi sampah organik yang diberikan, serta menunjukkan efektivitas waktu yang diperlukan untuk mereduksi substrat yang diberikan (Supriyatna & Putra, 2017). Semakin tinggi nilai WRI maka semakin baik efisiensi reduksi substrat yang dihasilkan (Mertenat *et al.*, 2019). Sampah restoran memiliki nilai WRI tertinggi dikarenakan sampah restoran memiliki kandungan asam tinggi dan mikroba yang menguntungkan. Asam pada limbah rumah makan diduga berupa asam laktat sebagai hasil metabolisme bakteri asam laktat, hal tersebut mempercepat larva dalam mengonsumsi pakan karena media pakan sudah terfermentasi secara alami.

Tabel 2. Jumlah Indeks Reduksi Sampah oleh Larva BSF per hari

Jenis Sampah	Indeks Reduksi Limbah (%)	
	Frekuensi 1x24 Jam	Frekuensi 1x72 Jam
Pakan Ayam (Kontrol)	4,02	3,83
Kulit Pisang	3,8	3,91
Kangkung	3,3	3,63
Sampah Restoran	4,39	4,75

Tingkat Ketahanan Hidup

Tingkat ketahanan hidup (*survival rate*, SR) merupakan jumlah larva yang masih hidup hingga akhir masa pemeliharaan larva. Tingkat ketahanan hidup larva selama penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat Ketahanan Hidup Larva BSF

Jenis Sampah	Survival Rate (%)	
	Frekuensi 1x24 Jam	Frekuensi 1x72 Jam
Pakan Ayam (Kontrol)	98	99
Kulit Pisang	99,3	99
Kangkung	98,3	99
Sampah Restoran	99,3	99,6

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa tingkat ketahanan hidup tertinggi didapatkan pada jenis media sampah restoran dengan frekuensi *feeding* 1x72 jam (D2) sebesar 99,6% dan tingkat ketahanan hidup terendah didapatkan oleh media pakan ayam dengan frekuensi *feeding* 1x24 jam (A1) sebesar 98%. Hal ini diakibatkan kandungan air yang terkandung pada pakan ayam dan sampah kangkung yang cukup tinggi dibandingkan dengan media lainnya, sampah pisang memiliki kandungan serat yang cukup banyak, sedangkan sampah restoran memiliki variasi komposisi yang dapat menunjang hidup larva BSF.

SIMPULAN

Jenis sampah berpengaruh terhadap nilai biomassa, SC, WRI, dan SR, sedangkan, frekuensi *feeding* tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai biomassa, SC, WRI, dan SR. Rentang nilai biomassa yang didapatkan, yaitu antara 0,08-0,23 g dengan nilai tertinggi pada perlakuan sampah restoran dengan frekuensi *feeding* 1x24 jam. Dari seluruh jenis sampah yang telah digunakan sebagai media pertumbuhan larva BSF, sampah restoran merupakan jenis sampah yang paling efektif untuk direduksi oleh larva BSF dikarenakan nilai indeks reduksi limbah dan konsumsi substrat yang didapatkan dari limbah sampah restoran cukup besar yaitu 57%, dengan demikian menunjukkan bahwa limbah sampah restoran membutuhkan waktu yang lebih cepat untuk direduksi oleh larva.

DAFTAR PUSTAKA

- Amran, M., Nuraini, N., & Mirzah, M. 2021. Pengaruh media biakan fermentasi dengan mikroba yang berbeda terhadap produksi *maggot black soldier fly* (*Hermetia illucens*). *Jurnal Peternakan*, 18(1), 41-50. <http://dx.doi.org/10.24014/jupet.v18i1.11253>
- Balitbangtan. 2016. Lalat tentara hitam agen biokonversi sampah organik berprotein tinggi. Tersedia di: <http://www.litbang.pertanian.go.id/berita/one/2557>. (Accessed: Mei 8, 2023).
- Fadilah, U., Wijaya, I.M.M., dan Antara, N.S., 2018. Studi pengaruh pH awal media dan lama fermentasi pada proses produksi etanol dari hidrolisat tepung biji nangka dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), pp.92-102.
- Green, T.R., & Popa, R. 2012. Enhanced ammonia content in compost leachate processed by black soldier fly larvae. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 166(6), 1381-1387. DOI: [10.1007/s12010-011-9530-6](https://doi.org/10.1007/s12010-011-9530-6)

- Hakim, A.R., Prasetya, A., & Petrus, H.T. 2017. Studi laju umpan pada proses biokonversi limbah pengolahan tuna menggunakan larva *Hermetia illucens*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(2), 179-192. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v12i2.469>
- Harahap, R.D., 2016. Pengaruh sampah rumah tangga terhadap pelestarian lingkungan ditinjau dari aspek biologi di Komplek Perumahan Graha Pertiwi Kel. Urung Kompas Kec. Rantau Selatan (Effect of household waste viewed from the aspect environmental conservation biology in Housing Complex Graha Pertiwi Kel. Urung Kompas Kec. South Rantau. *JCP (Jurnal Cahaya Pendidikan) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 2(1), 92-104.
- Hem, S. 2011. Final Report: Maggot – Bioconversion Research Program in Indonesia, Concept of New Food Resources Result and Applications 2005-2011. Perancis: Institut de Recherche pour le Développement.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2019. Tersedia di: <https://pslb3.menlhk.go.id/portal/read/gerakan-pilah-sampah-dari-rumah-resmi-diluncurkan>. (Accessed: Mei 8, 2023).
- Kiran, E.U., Trzcinski, A.P., Ng, W.J., & Liu, Y., 2014. Bioconversion of food waste to energy: A review. *Fuel*, 134, pp.389-399. DOI: 10.1016/j.fuel.2014.05.074.
- Lando, H.M., Alattar, M., & Dua, A.P. 2012. Elevated amylase and lipase levels in patients using glucagonlike peptide-1 receptor agonists or dipeptidyl-peptidase-4 inhibitors in the outpatient setting. *Endocrine Practice*, 18(4), 472-477. DOI: [10.4158/EP11290.OR](https://doi.org/10.4158/EP11290.OR)
- Masir, U., Fausiah, A., & Sagita, S. 2020. Produksi maggot black soldier fly (BSF) (*Hermetia illucens*) pada media ampas tahu dan feses ayam. *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(2), 87-90. <http://dx.doi.org/10.35329/agrovital.v5i2.1746>
- Mertenat, A., Diener, S., & Zurbrügg, C. 2019. Black Soldier Fly biowaste treatment—assessment of global warming potential. *Waste management*, 84, 173-181. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.040>
- Supriyatna, A., & Putra, R.E. 2017. Estimasi pertumbuhan larva lalat black soldier (*Hermetia illucens*) dan penggunaan pakan jerami padi yang difermentasi dengan jamur *P. chrysosporium*. *Jurnal Biodjati*, 2(2), 159-166. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v2i2.1569>
- Suwatanti, E.P.S., & Widyaningrum, P. 2017. Pemanfaatan MOL limbah sayur pada proses pembuatan kompos. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 40(1), 1-6.
- Schutjens, P., Hindriks, K., & Myers, M. 2008. Depletion-induced reservoir compaction: Two geomechanical models and their application in the planning of subsidence monitoring. In *The 42nd US Rock Mechanics Symposium (USRMS)*. June 2008. OnePetro.
- Wardhana, A.H. 2016. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak. *Wartazoa*, 26(2), 69-78. <http://dx.doi.org/10.14334/wartazoa.v26i2.1327>