



Analisis pertumbuhan dan kemampuan reduksi limbah larva tentara hitam (*Hermetia illucens*) pada *solid decanter*, ampas kelapa, ampas sagu, dan limbah sisa makanan

Novianti Adi Rohmanna^{1*}, Dessy Maulida Maharani¹, Zuliyani Agus Nur Muchlis Majid²

¹Teknologi Industri Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

²Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur, Barito Kuala, Indonesia

Article history

Diterima:

17 Juli 2022

Diperbaiki:

11 November 2022

Disetujui:

15 November 2022

Keyword

Black Soldier Larva Fly;

Growth performance;

Organic waste; Waste reduction performance

ABSTRACT

BSF larvae were the agents capable of breaking down large amounts of organic waste. These larvae were known to reduce organic waste effectively and produced larval biomass. The substrate type was one of the factors that could affect the larvae's performance. This study aimed to determine the effect of the type of substrate or organic waste on the growth and waste reduction performance of larvae. Larvae were reared for ten days on several organic wastes, including food waste, solid decanter, coconut pulp, and sago pulp. The growth rate, bioconversion rate, waste reduction index, and feed conversion ratio were analyzed. The larvae with the best reduction performance were then analyzed for protein and fat on days 7 and 10. The results showed that BSF larvae in food waste showed more growth than in other wastes. BSF larvae in food waste showed a high waste reduction performance, while BSF larvae in solid decanter showed poor waste reduction performance. The BSF larval biomass in food waste contained high levels of protein and fat (38.94 % and 42.86 %, respectively).



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email: novianti.rohmanna@ulm.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v17i3.15598

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat produksi limbah organik yang cukup tinggi. Berdasarkan data sistem informasi pengolahan sampah, pada tahun 2021 sebanyak 63,2% limbah organik didominasi oleh sisa makanan. Selain sisa makanan, berbagai limbah organik juga dihasilkan dari proses agroindustri, seperti industri pengolahan kelapa sawit, industri pengolahan kelapa, dan pengolahan sagu. Potensi limbah yang dihasilkan dari proses industri ini juga sangat besar. Dalam satu kali pengolahan, industri pengolahan kelapa sawit mampu menghasilkan limbah *solid decanter* sebanyak 4-5 % dari total produksi (Dewayanto *et al.* 2015), industri pengolahan minyak kelapa mampu menghasilkan sekitar 30% ampas kelapa dari bahan baku (Liptan 2006), sedangkan dari hasil pengolahan sagu, akan dihasilkan ampas sagu sekitar 75-83% (McClatchey *et al.* 2006). Tingginya jumlah limbah yang dihasilkan berpotensi terhadap pencemaran lingkungan apabila tidak dilakukan penanganan secara tepat.

Salah satu metode yang dapat diaplikasikan untuk menangani ketersediaan limbah tersebut adalah dengan mengaplikasikan larva BSF sebagai agen dekomposisi. Selain mampu mengurangi jumlah limbah organik, limbah yang dikonsumsi oleh larva BSF juga dapat menghasilkan biomassa yang kaya akan kandungan protein dan lemak. Menurut (Gao *et al.* 2019), larva BSF (*Hermetia illucens*) atau dikenal dengan istilah maggot merupakan salah satu jenis serangga yang dapat mendegradasi sampah organik dengan efisiensi tinggi. Larva BSF juga diketahui lebih efektif menguraikan sampah dibandingkan *Drosophila melanogaster*, *Apis mellifera*, dan *Bombyx mori* (Kim *et al.* 2021).

Berdasarkan hasil penelitian (Diener *et al.* 2009), efektivitas BSFL dalam menguraikan sampah organik dapat mencapai 60-80%, dengan tingkat konversi biomassa sekitar 20%. Beberapa parameter seperti tingkat reduksi umpan, indeks pengurangan sampah, dan tingkat biokonversi dapat digunakan untuk menentukan performa larva BSF dalam mereduksi limbah organik. Salah satu faktor yang dapat memengaruhi performa larva BSF adalah jenis pakan. Hakim *et al.* (2017), menunjukkan bahwa larva BSF yang diberikan limbah kepala tuna memiliki kemampuan reduksi limbah sebesar 77,09% dan dapat menghasilkan biomassa sebesar 72,59 mg. Penelitian Rohmana

and Maharani (2022), menunjukkan bahwa, larva BSF yang diberikan limbah *solid decanter* memiliki nilai WR (*Waste reduction*) 17,4%; ECD (*Efficiency of conversion of digested feed*) 8,3%; dan BCR (*Bioconversion rate*) 5,3%.

Selain memengaruhi kemampuan reduksi limbah, jenis pakan yang dikonsumsi oleh BSF juga dapat memengaruhi tingkat pertumbuhan larva. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan pengaruh jenis limbah organik, berupa limbah sisa makanan, *solid decanter*, ampas kelapa, dan ampas sagu terhadap pertumbuhan dan kemampuan reduksi larva BSF.

METODE

Penanganan BSFL

Telur BSF atau lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) diperoleh dari PT Biomagg Sinergi Internasional. Sebelum ditambahkan substrat atau media pangan, telur ditetaskan pada suhu ruang $\pm 27^{\circ}\text{C}$. Telur di berikan media berupa dedak hingga berusia 7 hari. Setelah berusia 7 hari, sebanyak 300 larva di pindahkan kedalam kotak pemeliharaan untuk ditambahkan media pangan dan dilakukan pengamatan pada hari ke-10.

Penanganan substrat

Pada penelitian ini, substrat yang digunakan sebagai substrat atau media pangan adalah substrat organik yang terdiri dari sisa makanan, *solid decanter*, ampas kelapa, dan substrat sagu. *Solid decanter* merupakan limbah padat dari pengolahan kelapa sawit yang berasal dari minyak kasar atau *crude oil*. Pada penelitian ini, substrat *solid decanter* diperoleh dari PT Kharisma Inti Usaha, Kalimantan Selatan, substrat sagu diperoleh dari BUMDES Desa Pemakuan, Kalimantan Selatan, sedangkan ampas kelapa diperoleh dari pasar yang berlokasi di Banjarbaru, Kalimantan selatan

Pengamatan

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis substrat terhadap kemampuan larva BSF dalam mendegradasi substrat organik. Pengamatan dilakukan pada hari ke-10. Hasil terbaik kemudian dilakukan analisis total protein dan lemak pada biomassa larva BSF.

Tingkat Biokonversi (BCR)

Tingkat Biokonversi (BCR atau *biomass conversion ratio*) mengindikasikan kemampuan larva dalam mengonversi substrat atau substrat menjadi sumber energi. BCR dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Dortmans 2015):

$$\% BCR = \frac{M_{pp} - M_i}{F_{in}} \times 100$$

dimana,

- M_i : Berat larva awal
 M_{pp} : Berat larva akhir
 F_{in} : Berat substrat atau substrat awal

Konsumsi Substrat (WR)

Konsumsi substrat atau *waste reduction* (WR) digunakan untuk menentukan kemampuan larva BSF dalam mengonsumsi substrat selama fase pertumbuhan berdasarkan pada berat kering. WR dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Diener *et al.* 2009):

$$WR (\%) = \frac{x - y}{x} \times 100$$

dimana,

- x : Berat substrat awal (g)
 y : Berat substrat akhir (g)

Indek Pengurangan Sampah (WRI)

Indeks pengurangan sampah (*waste reduction index*) menunjukkan tingkat pengurangan sampah dalam kurun waktu tertentu. Rumus berikut merupakan rumus untuk menghitung Indeks konsumsi substrat atau WRI (*Waste reduction index*) (Diener *et al.* 2009):

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

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

dimana W adalah total substrat organik yang diberikan selama waktu t (g), R adalah residu setelah waktu t (g), D adalah pengurangan substrat organik.

FCR

FCR atau *feed conversion ratio* merupakan perbandingan antara jumlah pakan yang digunakan dengan jumlah bobot larva BSF yang dihasilkan. Rumus berikut merupakan rumus untuk menghitung FCR (Broeckx *et al.* 2021):

$$FCR = \frac{D}{L_{end, fresh larvae} - L_{start, fresh larvae}}$$

dimana D adalah banyaknya jumlah substrat yang diberikan pada larva BSF (g), L_{end} adalah biomassa akhir larva BSF (g), dan L_{start} adalah biomassa larva awal (g).

Tingkat Pertumbuhan Larva (GR)

Tingkat pertumbuhan larva atau *larval growth rate* (g/d) untuk mengetahui tingkat pertumbuhan dari larva BSF. Rumus berikut merupakan rumus untuk menghitung GR (Jucker *et al.* 2020):

$$GR = \frac{L_{end, fresh larvae} - L_{start, fresh larvae}}{t}$$

dimana L_{end} adalah biomassa akhir larva BSF (g), L_{start} adalah biomassa larva awal (g), dan t adalah jumlah hari percobaan.

Analisis Protein dan lemak

Analisis total protein dan lemak dilakukan pada sampel larva BSF dengan tingkat pertumbuhan yang paling baik dan kemampuan reduksi terbaik. Proses analisis protein dan lemak menggunakan metode AOAC (2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Larva BSF

Tingkat pertumbuhan larva BSF pada hari ke-10 dengan pemberian beberapa jenis limbah organik berkisar antara 4,81-0,93g/10 hari, sedangkan rata-rata pertumbuhan berat larva BSF berkisar antara 48,30-14,00g (Tabel 1). Tingkat pertumbuhan larva tertinggi diperoleh dari perlakuan pemberian sisa makanan, dan tingkat pertumbuhan larva terendah dari pemberian *solid decanter*. Larva BSF yang diberikan limbah solid *decanter* dan ampas sagu tidak berbeda nyata. Hal yang sama juga ditunjukkan pada tingkat kenaikan berat akhir larva setelah diberikan substrat selama 10 hari.

Tabel 1 Penambahan berat larva dan tingkat pertumbuhan larva pada beberapa substrat

Substrat	Berat larva (g)	GR (g/10 hari)
Sisa makanan	48,30	4,81
Solid decanter	14,00	0,93
Ampas kelapa	20,00	1,14
Ampas sagu	18,15	0,96

Kemampuan Reduksi Substrat dan Produksi Biomasa

Tingkat Konsumsi Umpam dan Indeks Reduksi Limbah

Persentase konsumsi umpam atau reduksi limbah merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menghitung nilai indeks reduksi limbah. Semakin tinggi nilai WR dan WRI menunjukkan bahwa larva BSF memiliki efektivitas yang tinggi dalam mereduksi limbah organik (Diener *et al.* 2009). Larva BSF yang diberikan substrat sisa makanan menunjukkan nilai WR yang tinggi dibandingkan dengan substrat lain, sedangkan larva BSF yang diberikan solid decanter menunjukkan tingkat konsumsi umpam yang rendah. Nilai rata-rata konsumsi umpam larva BSF yang diberikan sisa makanan dan ampas kelapa lebih tinggi dibandingkan dengan larva BSF yang diberikan pakan ayam, kulit pisang, dan kulit ari kedelai (masing-masing $24,7\pm 0,01\%$; $15,87\pm 0,03\%$ dan $27,15\pm 0,02\%$) (Permana *et al.* 2022).

Rendahnya tingkat konsumsi umpam pada larva BSF dapat dipengaruhi oleh jenis substrat yang diberikan. Masing-masing substrat baik sisa makanan, *solid decanter*, ampas kelapa, dan sugu memiliki kandungan dan kualitas nutrisi yang berbeda sehingga memengaruhi kemampuan larva BSF dalam mereduksi atau mengonsumsi umpam. Kandungan lignin pada limbah *solid decanter* sebagai substrat larva BSF mengakibatkan rendahnya tingkat konsumsi umpam. Limbah *solid decanter* mengandung 36,40% lignin, 11,42% selulosa, dan 18,77% hemiselulosa (Maulana *et al.* 2021).

Hasil penelitian (Liu *et al.* 2018) menunjukkan bahwa pemberian substrat dengan kandungan lignin yang tinggi tidak dianjurkan sebagai sumber makanan untuk larva BSF karena akan sulit dicerna. Disisi lain, substrat dengan kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang tinggi sangat baik untuk dikonsumsi oleh larva

BSF (Mahmood *et al.* 2021). Rendahnya protein (2%) dan tingginya serat kasar (39%) pada ampas sugu (Flach 2005) juga dapat berdampak pada rendahnya tingkat konsumsi umpam larva BSF.

Hal yang sama juga ditunjukkan pada nilai indeks reduksi limbah (WRI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat konsumsi umpam (WR) dan nilai indeks reduksi limbah (WRI) berbanding lurus. Larva BSF yang menunjukkan tingkat konsumsi umpam yang tinggi, akan menghasilkan nilai indeks reduksi limbah yang tinggi. Nilai indeks reduksi limbah (WRI) menunjukkan kemampuan larva BSF dalam mereduksi limbah pada waktu tertentu (Supriyatna *et al.* 2016). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai WRI larva BSF yang diberikan pakan sisa makanan relatif tinggi, sedangkan larva BSF yang diberikan limbah *solid decanter* menunjukkan nilai WRI yang rendah. Rendahnya nilai WRI pada larva BSF dengan substrat *solid decanter* dikarenakan rendahnya tingkat konsumsi umpam dari larva BSF. Hal tersebut juga ditunjukkan dengan tingginya residu dan rendahnya metabolisme larva BSF yang diberikan *solid decanter* sebagai substrat (Tabel 3). Tingginya residu menandakan bahwa *solid decanter* kurang dapat dikonversi oleh larva BSF.

Efisiensi Konversi Substrat oleh BSFL

BCR (*bioconversion rate*), dan FCR (*feed conversion ratio*) merupakan beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menentukan efektivitas larva BSF dalam mengonversi substrat menjadi biomassa. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, larva BSF pada penelitian ini memiliki nilai BCR berkisar antara 4,50-14,40%. BCR atau *bioconversion rate* merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengindikasikan kemampuan larva BSF dalam mereduksi substrat dan mengubahnya menjadi biomassa. Semakin tinggi nilai BCR mengindikasikan bahwa semakin baik larva BSF dalam mengonversi substrat menjadi biomassa.

Tabel 2 Kemampuan reduksi limbah larva BSF pada beberapa limbah organik

Parameter	Jenis Substrat			
	Sisa Makanan	Solid Decanter	Ampas Kelapa	Ampas Sagu
BCR (%)	14,40 ^a	4,50 ^c	5,70 ^b	4,80 ^c
WR (%)	89,00 ^a	17,00 ^d	72,50 ^b	28,30 ^c
WRI	8,90 ^a	1,74 ^d	7,25 ^b	2,83 ^c
FCR	6,95 ^a	23,87 ^c	17,68 ^b	24,30 ^c

Tabel 3 Berat substrat, residu, biomassa prapupa, dan metabolisme larva BSF dari berbagai limbah organik

Jenis Limbah	Bobot substrat (g)	Residu (%)		Biomassa prapupa (%)		Metabolisme (%)	
		g	%	g	%	g	%
Sisa Makanan	300,00	33,10	11,03	48,30	16,10	218,60	72,87
Solid Decanter	187,50	154,90	82,61	14,00	7,47	18,60	9,92
Ampas Kelapa	200,00	55,05	27,53	20,00	10,00	124,95	62,48
Ampas Sagu	200,00	143,45	71,73	18,15	9,08	38,40	19,20

Nilai BCR tertinggi ditunjukkan pada larva BSF yang diberikan limbah sisa makanan yaitu 14,40%. Hasil ini lebih besar dibandingkan dengan larva BSF yang diberikan ampas kelapa, limbah sagu, dan solid decanter. Menurut (Mahmood *et al.* 2021), jenis substrat yang dikonsumsi oleh larva BSF dapat memengaruhi nilai BCR dari larva BSF. Hasil penelitian (Lalander *et al.* 2013), menunjukkan bahwa larva BSF yang diberikan kotoran unggas, kotoran manusia, lumpur, *undigester slude*, dan *digested slude* menunjukkan nilai BCR masing-masing sebesar $7,1\pm 0,6\%$; $11,3\pm 0,3\%$; $2,3\pm 0,1\%$; $2,2\pm 0,2\%$ dan $0,2\pm 0,0\%$. Nilai BCR pada larva BSF yang diberikan *solid decanter* dan sagu, jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai BCR pada larva yang diberikan *undigester slude*, dan *digested slude*. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi dan kualitas dari substrat sangat memengaruhi kemampuan larva BSF dalam mengonversi substrat menjadi biomassa.

Selain BCR, FCR atau *feed conversion ratio* juga menjadi salah satu parameter untuk mengetahui kemampuan larva BSF dalam mengonversi substrat menjadi biomassa. FCR menggambarkan jumlah substrat yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg biomassa (berdasarkan berat basah). Semakin kecil nilai FCR menunjukkan bahwa sejumlah substrat tersebut dapat menghasilkan penambahan bobot yang cukup signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva BSF yang diberikan limbah sisa makanan memiliki nilai FCR yang paling optimal dibandingkan dengan ketiga jenis limbah lain, sedangkan larva BSF yang diberikan ampas sagu dan solid decanter memiliki nilai FCR yang rendah (Tabel 2). Nilai FCR pada larva BSF ini juga dipengaruhi oleh nilai BCR yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai BCR maka nilai FCR yang dihasilkan akan semakin rendah, dan sebaliknya.

Neraca Massa

Tabel 3 menunjukkan besarnya substrat yang dimanfaatkan oleh larva BSF untuk proses metabolisme, sehingga nantinya dihasilkan biomassa dan residu. Larva BSF yang diberikan substrat berupa limbah sisa makanan lebih dominan memanfaatkan substrat tersebut untuk proses metabolisme (72,87%), sedangkan pada larva BSF yang diberikan solid decanter hanya memanfaatkan sebesar 9,92% substrat untuk metabolisme. Hal tersebut tentunya berdampak pada berat biomassa yang dihasilkan. Semakin besar makanan yang digunakan pada proses metabolisme juga akan menghasilkan biomassa yang cukup besar.

Proporsi pakan substrat yang digunakan oleh larva lebih jelas dipaparkan pada Gambar 1. Kemampuan larva dalam mencerna makanan juga dipengaruhi oleh kualitas substrat yang diberikan. Semakin baik kualitas makanan, maka akan semakin memudahkan larva BSF dalam mencerna makanan tersebut sehingga berdampak pada peningkatan biomassa yang dihasilkan dan rendahnya sisa makanan yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 1, larva BSF dinilai kurang mampu mencerna *solid decanter*. Hal tersebut dikarenakan kandungan lignin yang terdapat pada *solid decanter*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa larva BSF tidak dapat mencerna lignin dengan baik dibandingkan selulosa dan hemiselulosa (Zheng *et al.* 2012); (Manurung *et al.* 2016). Hal ini didukung dengan penelitian (Abduh *et al.* 2017), bahwa terjadi penurunan kadar selulosa dan hemiselulosa pada kulit buah *Pandanus* yang diberikan pada larva BSF, namun hal yang sama tidak ditunjukkan pada kandungan lignin.

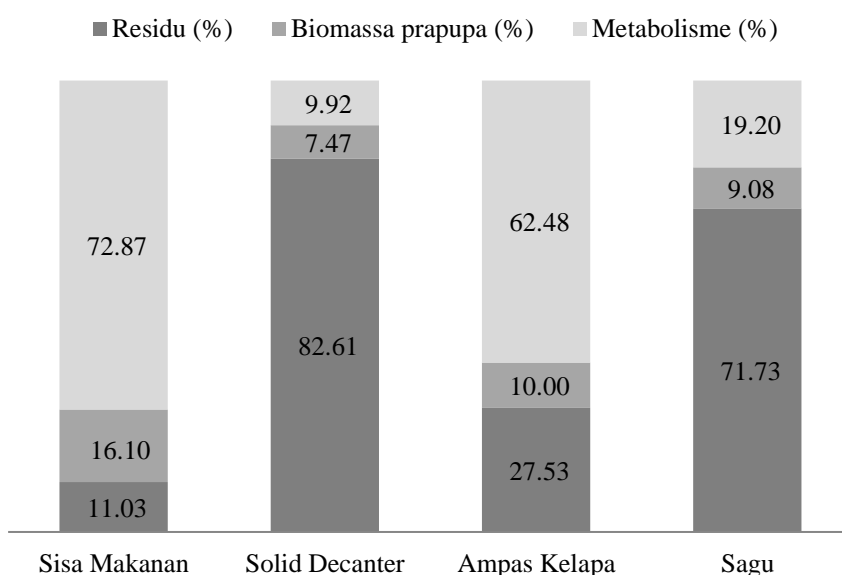
Kandungan Protein dan Lemak Larva BSF

Berdasarkan beberapa parameter yang telah di uji, maka diketahui bahwa larva BSF sangat efektif dalam mereduksi limbah sisa makanan, dan memanfaatkan substrat tersebut secara maksimal

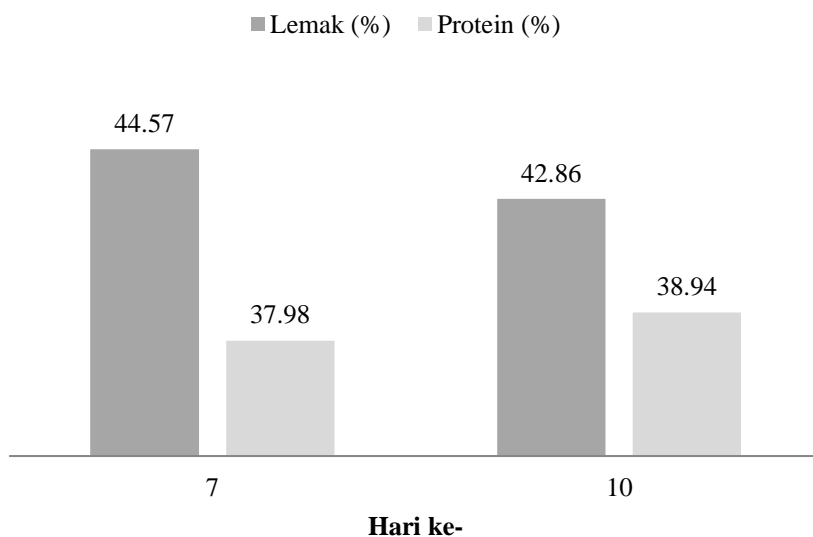
untuk mendukung pertumbuhannya. Pemberian substrat dengan kandungan nutrisi yang tinggi dan lebih mudah dicerna pada larva BSF juga akan berdampak pada tingginya produksi biomassa larva BSF. Menurut Wang dan Shelomi (2017), kandungan protein dan lemak pada biomassa BSF juga dipengaruhi oleh substrat yang dikonsumsi. Analisis kandungan lemak dan protein pada larva BSF yang diberikan limbah sisa makanan dilakukan pada hari ke-7 dan 10 (Gambar 2).

Pada hari ke-7 menunjukkan bahwa larva BSF yang diberikan sisa makanan mengandung lemak 44,57% pada hari ke 7 dan mengalami

penurunan menjadi 42,86%, sedangkan kandungan protein 37,98% dan mengalami kenaikan menjadi 38,94% pada hari ke-10. Menurut Wong *et al.* (2019), kandungan protein pada larva BSF mengalami peningkatan dari 37,94 ± 0,09% pada instar 5 menjadi 45,72 ± 0,40% pada instar 6, sedangkan kandungan lemak pada larva BSF mengalami penurunan dari 34,23 ± 0,65% pada instar 5 menjadi 25,88 ± 0,36% pada instar 6. Penurunan kandungan lemak pada biomassa larva BSF disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah larva akan menggunakan lemak tersebut sebagai sumber energi ketika berada pada fase pupa.



Gambar 1 Neraca massa penggunaan biomassa oleh larva BSF pada beberapa limbah organik



Gambar 2 Kandungan protein dan lemak larva BSF yang diberikan limbah sisa makanan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemberian limbah sisa makanan pada BSF sangat berpengaruh nyata terhadap tingkat pertumbuhan dan kemampuan reduksi limbah. Oleh karena itu, penggunaan sisa makanan dapat menjadi media tumbuh yang baik untuk pengembangbiakan larva BSF. Sementara itu, penggunaan limbah *solid decanter* sebagai substrat pada larva BSF secara signifikan tidak mendukung pertumbuhan larva BSF. Disamping itu, tingkat reduksi limbah *solid decanter* oleh larva BSF juga sangat rendah. Akan tetapi, perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut terkait proses *pretreatment* yang tepat pada penggunaan *solid decanter* sebagai substrat untuk larva BSF.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat Kalimantan Selatan atas fasilitas penelitian yang diberikan. Proyek ini didanai oleh DIPA Universitas Lambung Mangkurat, 2022, No. SP-DIPA 023.17.2.677518/2022 pada tanggal 17 November 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. Y., R. Manurung, A. Faustina, E. Affanda, I. R. H. Siregar, and C. Muhammad. 2017. Bioconversion of *Pandanus tectorius* using black soldier fly larvae for the production of edible oil and protein-rich biomass. *Journal Of Entomology and Zoology Studies* 5(1):803–809.
- Adi Rohmanna, N., and D. Maulidya Maharani. 2022. Waste Reduction Performance by Black Soldier Fly Larvae (Bsfl) on Domestic Waste and Solid Decanter. *Biotropika: Journal of Tropical Biology* 10(2):141–145.
- Broeckx, L., L. Frooninckx, L. Slegers, S. Berrens, I. Noyens, S. Goossens, G. Verheyen, A. Wuyts, and S. Van Miert. 2021. Growth of black soldier fly larvae reared on organic side-streams. *Sustainability (Switzerland)* 13(23).
- Dewayanto, N., M. H. M. Husin, and M. R. Nordin. 2015. Solid fuels from decanter cake and other palm oil industry waste. *Jurnal Teknologi* 76(5):57–60.
- Diener, S., C. Zurbrugg, and K. Tockner. 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates (June 2014).
- Dortmans, B. 2015. Valorisation of organic waste – Effect of the Feeding Regime on Process Parameters a Continuous Black Soldier Fly Larvae Composting System. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Flach, M. 2005. A simple growth model for sago palm cv. Molat-Ambutrub. And It's Application for Cultivation. Page Eight *International Sago Symposium in Jayapura, Indonesia. Japan Soc Promot Sci.*
- Gao, Z., W. Wang, X. Lu, F. Zhu, W. Liu, X. Wang, and C. Lei. 2019. Bioconversion performance and life table of black soldier fly (*Hermetia illucens*) on fermented maize straw. *Journal of Cleaner Production* 230:974–980.
- Hakim, A. R., A. Prasetya, and H. T. B. M. Petrus. 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.
- Jucker, C., D. Lupi, C. D. Moore, M. G. Leonardi, and S. Savoldelli. 2020. Nutrient recapture from insect farm waste: Bioconversion with *hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Sustainability (Switzerland)* 12(1):1–14.
- Kim, C. H., J. Ryu, J. Lee, K. Ko, J. Y. Lee, K. Y. Park, and H. Chung. 2021. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in asian countries: A review. *Processes* 9(1):1–17.
- Lalander, C., S. Diener, M. E. Magri, C. Zurbrugg, A. Lindström, and B. Vinnerås. 2013. Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) - From a hygiene aspect. *Science of the Total Environment* 458–460(May):312–318.
- Liptan, L. 2006. *Ampas Kelapa Limbah VCO Untuk Pakan Ternak Ruminansia*. Departemen Pertanian, BPTP Yogyakarta.
- Liu, Z., M. Minor, P. C. H. Morel, and A. J. Najar-Rodriguez. 2018. Bioconversion of Three Organic Wastes by Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Environmental Entomology* 47(6):1609–1617.
- Mahmood, S., C. Zurbrugg, A. B. Tabinda, A. Ali,

- and A. Ashraf. 2021. Sustainable waste management at household level with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Sustainability (Switzerland)* 13(17):1–18.
- Manurung, R., M. Y. Abduh, M. H. Nadia, K. P. Sari, Wardhani, and K. Lambangsari. (n.d.). Valorisation of Reutealis Trisperma Seed from Papua for the Production of Non-Edible Oil and Protein-Rich Biomass.
- Maulana, M., N. Nurmeiliasari, and Y. Fenita. 2021. Pengaruh Media Tumbuh yang Berbeda terhadap Kandungan Air, Protein dan Lemak Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Buletin Peternakan Tropis* 2(2):149–157.
- McClatchey, W., H. I. Manner, and C. R. Elevitch. 2006. *Metroxylon amicarum*, *M. paulcoxii*, *M. sagu*, *M. salomonense*, *M. vitiense*, and *M. warburgii* (sago palm). Page *Traditional Trees of Pacific Islands: Their Culture, Environment, and Use. Permanent Agricultural Resources, Holualoa, Hawai 'i*.
- Permana, A. D., A. Susanto, and F. R. Giffari. 2022. Kinerja Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam *Hermetia illucens* Linnaeus (Diptera: Stratiomyidae) pada Substrat Kulit Ari Kedelai dan Kulit Pisang. *Agrikultura* 33(1):13.
- Supriyatna, A., R. Manurung, R. R. Esyanti, and R. E. Putra. 2016. Growth of black soldier larvae fed on cassava peel wastes, An agriculture waste. ~ 161 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies* 4(6):161–165.
- Wang, Y.-S., and M. Shelomi. 2017. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods (Basel, Switzerland)* 6(10).
- Wong, C. Y., S. S. Rosli, Y. Uemura, Y. C. Ho, A. Leejeerajumnean, W. Kiatkittipong, C. K. Cheng, M. K. Lam, and J. W. Lim. 2019. Potential protein and biodiesel sources from black soldier fly larvae: Insights of larval harvesting instar and fermented feeding medium. *Energies* 12(8).
- Zheng, L., Y. Hou, W. Li, S. Yang, Q. Li, and Z. Yu. 2012. Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes. *Energy* 47(1):225–229.