

IDENTIFIKASI PROFIL ASAM AMINO DAN LEMAK *BLACK SOLDIER FLY* LARVAE MENGUNAKAN PAKAN BUNGKIL DAN SISA MAKANAN

IDENTIFICATION OF AMINO ACID AND LIPID PROFILE OF *BLACK SOLDIER FLY* LARVAE USING FEED PALM KERNEL EXPELLER AND HOUSEHOLD FOOD WASTE

Zuliyani Agus Nur Muchlis Majid^{1)*}, Linda Rahmawati¹⁾, dan Novianti Adi Rohmanna²⁾

¹⁾Plantation Crop Estate, Polytechnic Hasnur, Barito Kuala, Indonesia

²⁾Departemen of Agroindustrial Technology, Faculty of Agriculture, University of Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

*E-mail: zuliyaniagus@gmail.com

Makalah: Diterima 22 November 2022; Diperbaiki 5 Maret 2023; Disetujui 18 April 2023

ABSTRACT

As the world's largest palm oil producer, Indonesia has enormous potential for producing palm kernel expeller waste. Only 7% of Indonesia's palm kernel expeller (PKE) is processed into animal feed. It is necessary to utilize both wastes from palm oil processing and the workers' environment to support certification in palm oil plantations. This research aims to identify amino acid and lipid profile, total protein, fat, feeding rate, and survival rate BSFL using a palm kernel expeller for feed. The feed experiment in this research was PKE, fermented PKE, PKE with food waste, and fermented PKE with food waste as a control. The optimum result was fermented PKE with food waste with a protein total of 51.45%. Using BSFL for feed should have high protein content and low fat. The fat of BSFL fermented PKE with food waste is lower than BSFL with food waste. The feeding rate, survival rate, and BSFL mass are lower than BSFL with food waste. BSFL has the potential to reduce PKE waste and domestic food waste. The amino acid profile of BSFL PKE with household food waste consists of L-Glutamic Acid, L-Leucine, L-Arginine, L-Tyrosine, L-Valine, and L-Phenylalanine. L-Glutamic acid was the highest amino acid in BSFL (36.396 g/kg). The type of amino acid in BSFL is suitable for animal feed. The lipids in BSFL PKE with household food waste are lauric acid, oleic acid, unsaturated fat, monounsaturated fat, palmitic acid, myristic acid, and linoleic acid. The highest content of lipids is lauric acid (12.126%). The type of fat in BSFL can be used to produce biodiesel.

Keywords: black soldier fly larvae, palm kernel expeller, amino acid profile, fat profile, household food waste

ABSTRAK

Sebagai negara terbesar penghasil kelapa sawit, Indonesia memiliki potensi besar pada limbah bungkil kelapa sawit dan hanya 7% yang dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Untuk mendukung sertifikasi keberlanjutan di perkebunan kelapa sawit, perlu dilakukan upaya pemanfaatan limbah baik yang bersumber dari pengolahan kelapa sawit sampai pada lingkungan pekerja. *Black soldier fly larvae* (BSFL) sesuai untuk mengurangi limbah bungkil kelapa sawit sekaligus memanfaatkan sampah organik sisa makanan di lingkungan perkebunan kelapa sawit. Secara spesifik, tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis asam amino dan lemak, jumlah protein dan lemak, feeding rate, dan ketahanan hidup dari BSFL dengan perlakuan pemberian pakan bungkil, bungkil fermentasi, sampah organik sisa makanan, dan kombinasi. Hasil yang diperoleh digunakan untuk penelitian selanjutnya dalam menghasilkan produk pakan ternak dan biodiesel dari BSFL. Hasil paling optimum untuk pengolahan bungkil sebagai pakan BSFL adalah bungkil fermentasi yang dikombinasikan dengan sampah organik sisa makanan. Jumlah protein yang dihasilkan sebesar 51,45% dengan kandungan lemak sebesar 25,73% akan tetapi untuk feeding rate, survival rate, dan berat BSFL lebih kecil dibandingkan dengan BSFL dengan pakan sampah organik sisa makanan. Jenis asam amino dan terdiri dari l-asam glutamat, glisin, l-leusin, l-arginin, l-tirosin, l-valin, l-asam aspartate, l-prolin, dan l-fenilalanin dengan nilai rata-rata >20 g/kg. Kandungan asam amino terbesar adalah l-asam glutamat sebesar 36,396 g/kg. kandungan lemak didominasi oleh asam laurat sebesar 12,126%. Jenis lemak pada BSFL dengan pakan bungkil fermentasi dengan penambahan sampah organik sisa makanan diantaranya asam laurat, asam oleat, lemak tak jenuh, lemak tak jenuh tunggal, asam palmitat, asam miristat, dan asam linoleat. Jenis lemak tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Kata kunci: black soldier fly larvae, bungkil kelapa sawit, profil asam amino, profil lemak, sampah organik sisa makanan

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit (CPO) tertinggi di dunia dengan produksi sebesar 47,4 juta ton (Anonymous, 2020).

Tidak hanya CPO, industri perkebunan kelapa sawit juga menghasilkan produk setengah jadi lain seperti palm kernel oil (PKO) dan produk turunan seperti bahan pangan (Savarese *et al.*, 2022), biodiesel (Zahan dan Kano, 2018), dan oleochemical (Rabiu *et*

al., 2018). Pada proses produksi CPO dan PKO menghasilkan limbah cair dan limbah padat. Limbah cair industri kelapa sawit/palm oil mill effluent (POME) diolah menggunakan wastewater treatment (Azmi dan Yunos, 2014) maupun biogas (Hosseini *et al.*, 2015). Limbah padat yang dihasilkan pada industri kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) 25%, solid decanter 4%, cangkang 6,5%, serabut mesokarp 13% (Fitria *et al.*, 2021), dan bungkil kelapa sawit 25% (Hashim *et al.*, 2012). Limbah padat TKKS dapat diolah menjadi biofuels (Loh *et al.*, 2022) dan menjadi kompos dengan penambahan limbah solid decanter (Adam *et al.*, 2016). Selain itu, limbah solid decanter juga dapat digunakan sebagai pakan untuk budidaya *black soldier fly larvae* (BSFL) (Adi dan Maulidya, 2022). Limbah bungkil kelapa sawit umumnya dimanfaatkan sebagai pakan ternak unggas (Azizi *et al.*, 2021) akan tetapi memiliki kandungan protein yang rendah sekitar 14-18%. Pemanfaatan bungkil kelapa sawit sebagai pakan ternak juga kurang efektif dalam mengurangi limbah karena hanya 7% dari total produksi saja yang dimanfaatkan (Hashim *et al.*, 2012). Persentase protein terbaik yang digunakan sebagai pakan adalah minimal 36% (Marzuqi dan Anjusary, 2013). Oleh karena itu perlu dicari alternatif pemanfaatan bungkil kelapa sawit untuk mereduksi limbah bungkil kelapa sawit.

Bungkil kelapa sawit memiliki mengandung protein 14,9%, metionin 0,14%, lisin 0,49%, dan energi metabolis 2087 kkal/kg serta memiliki tekstur lembut dan mudah terurai (Abdollahi *et al.*, 2016). Dari karakteristik bungkil tersebut sesuai jika dijadikan sebagai pakan untuk *black soldier fly larvae* (BSFL). BSF memiliki fase hidup selama 43 hari yang dibagi dari fase telur, fase larva, fase pupa, dan fase lalat (Prasetya *et al.*, 2021). Fase larva BSF berlangsung selama ± 15 hari, BSF membutuhkan makanan dalam jumlah yang relatif tinggi sebagai cadangan untuk bermetamorfosis menjadi lalat (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017). Makanan yang diperlukan oleh BSFL adalah bahan organik yang memiliki tekstur lembut seperti sisa makanan, sayur, buah, dan limbah organik padat lain yang tidak keras (Lu *et al.*, 2022). Setelah fase larva berakhir dan menuju fase pupa, BSF tidak membutuhkan makanan. Pada fase lalat BSF hanya membutuhkan air untuk menjaga suhu tubuh dan proses reproduksi. Pembudidaya BSF mendapatkan keuntungan dengan menjual larva BSF untuk dijadikan pakan ternak. Kandungan dari BSFL diantaranya adalah lisin, alanin, histidine, triptofan, dan arginin, asam oleat, asam palmitat, dan asam laurat (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017).

Dari kandungan nutrisi BSFL yang tinggi diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai produk lain yang memiliki nilai tambah. Lemak hewani dapat dimanfaatkan sebagai bahan biodiesel, oleochemical, sabun, dan konsumsi (Gougbedji *et al.*, 2021). Protein hewani dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan

whey protein untuk konsumsi (Mouithys-Mickalad *et al.*, 2020) akan tetapi jenis protein dan lemak dalam BSFL dari limbah padat bungkil kelapa sawit belum diketahui. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis asam amino dan lemak, jumlah protein dan lemak, *feeding rate*, dan ketahanan hidup dari BSFL dengan perlakuan pemberian pakan bungkil, bungkil fermentasi, sampah organik sisa makanan, dan kombinasi. Hasil yang diperoleh digunakan sebagai bahan untuk penelitian selanjutnya dalam menghasilkan produk pakan ternak dan biodiesel dari BSFL untuk mengurangi limbah kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Sampel

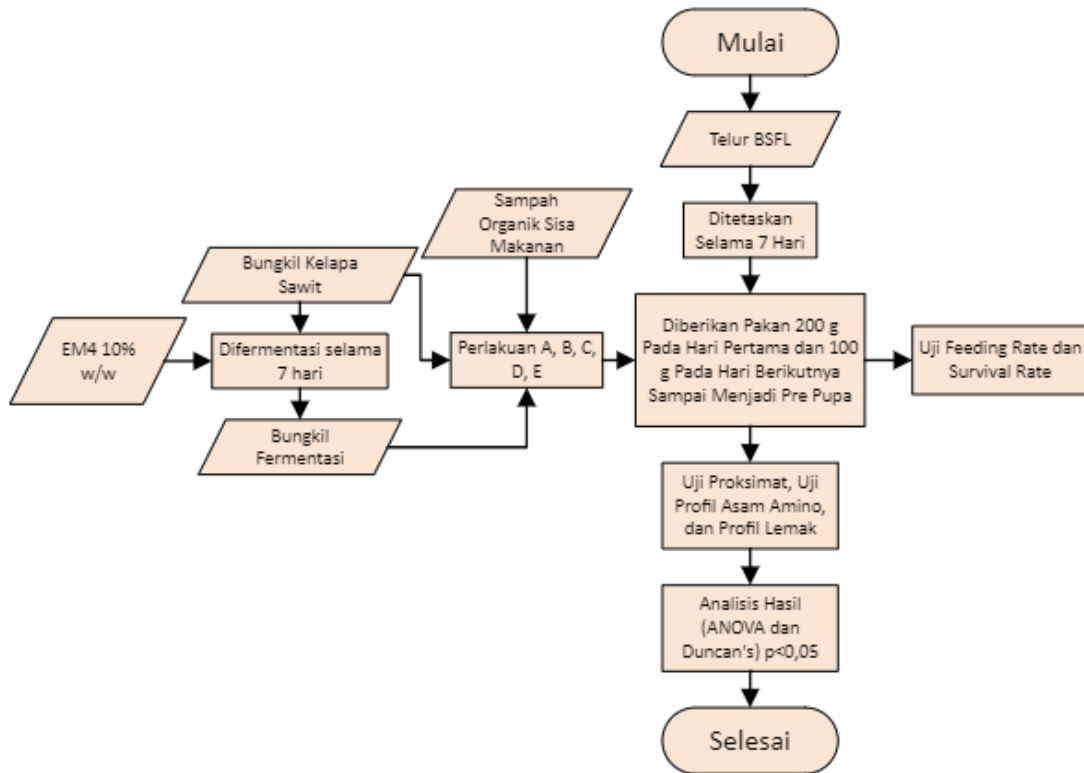
Bungkil kelapa sawit dan sampah organik sisa makanan didapatkan dari PT Kharisma Inti Usaha di Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan. Bungkil kelapa sawit didiamkan pada suhu ruang selama satu hari yang bertujuan untuk mendinginkan bungkil. Semua bahan dikecilkan ukurannya dengan menggunakan grinding mills (Waring 4000 rpm 1,5 cup) dan disaring sebesar 40 mesh agar bentuknya seragam dan mudah dicerna. Sebagian bungkil kelapa sawit difermentasi menggunakan EM-4 Peternakan (PT. Songgolangit Persada) sebanyak 10% (w/w) dan diinkubasi selama 7 hari untuk memecah senyawa kompleks menjadi sederhana (Liew *et al.*, 2022).

Eksperimen Pemberian Pakan

BSFL dibudidayakan menggunakan box/kandang dengan ukuran 3 L (10 cm \times 20 cm \times 15 cm). Box diberi penyangga tutup sebagai ventilasi untuk respirasi. Telur BSFL didapatkan dari PT. Biomagg Sinergi Internasional ditetaskan pada media bekatul selama 7 hari selanjutnya sebanyak 500 ekor BSF diletakkan di masing-masing box. Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial 5 ulangan dengan jenis pakan sebagai faktor penelitian diantaranya Bungkil (A), Sampah Organik Sisa Makanan (B), Bungkil Fermentasi (C), Bungkil dengan penambahan Sampah Organik Sisa Makanan (1:1) (D), Bungkil Fermentasi dengan penambahan sampah organik sisa makanan (1:1) (E). Sebanyak 200 g pakan diberikan pada hari pertama dan selanjutnya sebanyak 100 g pakan diberikan setiap hari sampai mencapai pre-pupa. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengujian

Pada penelitian ini BSFL diuji kemampuan menghabiskan pakan/feeding rate (FR) per hari dengan menghitung selisih berat antara sisa pakan dengan pakan pada hari sebelumnya (Broeckx *et al.*, 2021). Jumlah BSFL juga dihitung untuk mengetahui ketahanan hidup/survival rate (SR).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

BSFL yang telah dibudidayakan kemudian dipanen untuk dikeringkan menggunakan oven (Memmert UN30) selama 3 jam pada suhu 105°C. BSFL kering kemudian dikecilkan ukurannya menggunakan *grinding mills* (Waring 4000 rpm 1,5 cup).

$$FR = \frac{\text{Berat sisa pakan} - \text{Berat pakan hari sebelumnya}}{\text{Jumlah BSFL awal}} \times 100\% \quad (1)$$

$$SR = \frac{\text{Rata-rata jumlah BSFL akhir}}{\text{Jumlah BSFL awal}} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil budidaya BSFL selanjutnya dianalisis proksimat menggunakan untuk mengetahui kualitas BSFL untuk dijadikan pakan ternak (García *et al.*, 2013). Protein diidentifikasi menggunakan metode Kjeldahl. Lemak diidentifikasi menggunakan metode gravimetri dengan diekstraksi menggunakan soxhlet. kadar abu diidentifikasi dengan diinsinerasi pada suhu 550°C menggunakan furnace. Kadar air diukur menggunakan metode thermogravimetri dengan dipanaskan pada suhu 105°C sampai mencapai berat konstan (Zulkifli *et al.*, 2022). Hasil terbaik akan diuji profil asam amino menggunakan metode UPLC-PDA (18-5-17/MU/SMM-SIG) dan profil lemak menggunakan metode GC-FID (18-6-1/MU/SMM-SIG).

Analisis Data

Data total feeding rate, survival rate, dan analisis proksimat diuji menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA). Data kemudian diuji lanjut menggunakan Duncan's dengan $p < 0,05$

menggunakan Statistical Packages of Social Science (SPSS) versi 26. Data profil asam amino dan profil lemak tidak dianalisis statistik karena hanya terdapat satu data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Feeding rate merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan BSFL dalam mendegradasi sampah organik. Pada Tabel 1 degradasi sampah organik paling tinggi terdapat pada Perlakuan B yang mampu mendegradasi sebesar 562.5 g selama 7 hari diikuti oleh Perlakuan E sebesar 545 g, Perlakuan C sebesar 402.5 g dan Perlakuan D 353.33 g. Perlakuan B, C, dan E dipanen pada hari ke-7 dikarenakan sudah menjadi pupa, sedangkan pada Perlakuan D pada hari ke-4 tidak dapat bertahan hidup. *Feeding rate* tertinggi terdapat pada hari ke-3 kemudian menurun pada hari berikutnya. Sejalan dengan penelitian (Nyakeri *et al.*, 2019) BSFL mengalami peningkatan konsumsi pakan pada hari ke-3 setelah proses penetasan dan pemindahan media yang disebabkan perubahan fase dari *baby maggot* ke BSFL dewasa.

Menurut (Adi dan Maulidya, 2022) sampah organik sisa makanan merupakan sumber substrat terbaik bagi pertumbuhan BSFL. Menurut Salam *et al.* (2022) sampah organik sisa makanan memiliki keragaman jenis kandungan karbohidrat, protein, dan lemak yang telah terpecah dari proses pemanasan saat pemasakan bahan makanan. Menurut Sathitkowitchai *et al.* (2018) bungkil kelapa sawit memiliki sisa kandungan minyak serta karbohidrat kompleks

sehingga perlu adanya perlakuan pre-treatment sebelum diberikan sebagai pakan. Sekitar 75% kandungan dari bungkil kelapa sawit merupakan lignoselulosa dan didominasi hemiselulosa berupa polisakarida manosa sebesar 35% dan lignin 20% (Azizi *et al.*, 2021). Sehingga bungkil sulit untuk tercerna oleh BSFL dan mengakibatkan penurunan kemampuan dalam mengkonsumsi pakan.

Pengujian jumlah BSFL adalah untuk mengetahui tingkat ketahanan (survival rate) BSFL terhadap tempat hidup tertentu. Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Gambar 2 hasil jumlah BSFL terbanyak terdapat pada Perlakuan B sebesar 395 ekor BSFL atau SR 79% diikuti dengan Perlakuan E sebesar 345 ekor BSFL atau SR 69%, Perlakuan C sebesar 130 ekor ekor BSFL atau SR 26%, dan Perlakuan A 21 ekor BSFL atau SR 4,2%, sedangkan pada Perlakuan D BSFL mengalami kematian pada hari ke-6. Berdasarkan hasil tersebut survival rate tertinggi terdapat pada Perlakuan B dan E masing masing sebesar 79% dan 69%. Pada penelitian (Ewald *et al.*, 2020) survival rate BSFL dengan pakan sampah organik sisa makanan memiliki ketahanan hidup paling tinggi sampai larva berumur 14 hari sebesar 89,1% dibandingkan dengan pakan ikan, roti, kerang laut, maupun kombinasi.

Survival rate didasarkan dari kesesuaian kandungan substrat dan juga karakteristik kondisi substrat seperti pH (Ma *et al.*, 2018), kompleksitas bahan organik (Salam *et al.*, 2022), dan kelembaban (Liu *et al.*, 2021). Nilai pH yang sesuai sebagai media

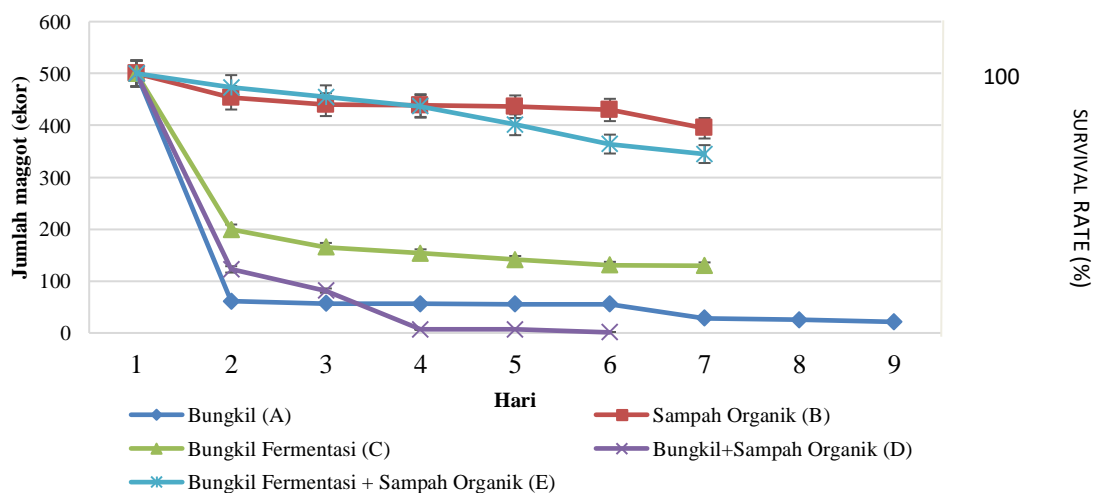
tumbuh BSFL adalah 6-8 (Meneguz *et al.*, 2018) sedangkan pH bungkil kelapa sawit adalah 4-5,5 (Thompson-Morrison *et al.*, 2022). Menurut Liew *et al.* (2022) penambahan *Rhizopus oligosporus* sebesar 0,5 mL/10 g bungkil dapat meningkatkan kemampuan degradasi sebesar 60% serta meningkatkan ketahanan hidup BSFL.

Pada Gambar 3 hasil tertinggi terdapat pada Perlakuan B di hari ke 7 sebesar 89,1 g diikuti oleh Perlakuan E sebesar 65.3 g pada hari ke 4, Perlakuan C sebesar 12,36 g pada hari ke 4, Perlakuan D sebesar 5,93 pada hari ke 3, dan Perlakuan A sebesar 3.91 g pada hari ke 6. Pada perlakuan B BSFL mengalami kenaikan secara signifikan setiap hari sedangkan pada Perlakuan E berat BSFL turun tidak signifikan pada hari ke 5 sampai hari ke 7, hal tersebut juga terjadi pada Perlakuan A, Perlakuan C, dan perlakuan D. Sejalan dengan penelitian Nugroho *et al.* (2022) berat dan panjang BSFL dengan pakan bungkil kelapa sawit lebih rendah dibandingkan BSFL dengan pakan kotoran sapi.

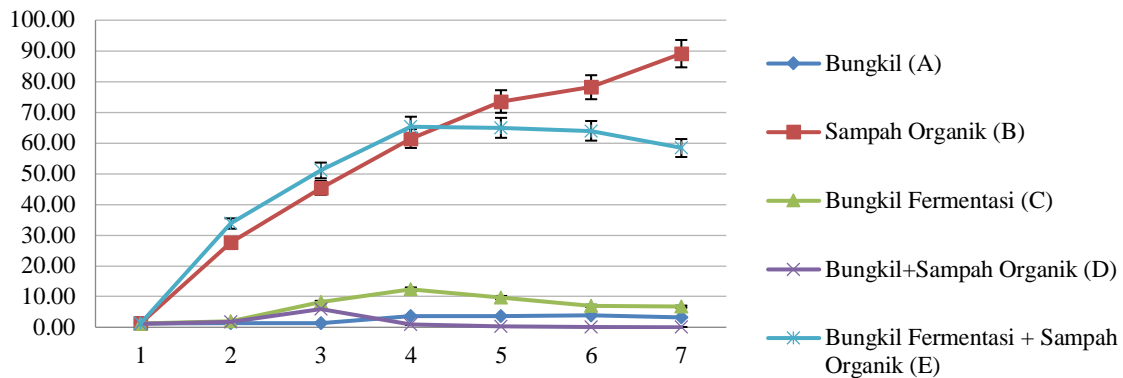
Pada penelitian Dickinson *et al.* (2019) tidak ditemukan kandungan *mycotoxin* pada BSFL dengan pakan bungkil kelapa sawit akan tetapi jumlah BSFL yang bertahan hidup kurang dari 10 ekor BSFL. Hal ini dikarenakan bungkil kelapa sawit tidak mudah dicerna oleh BSFL. Menurut Raksasat *et al.* (2021) tingginya protein yang terdapat dalam BSFL dikarenakan kandungan protein yang terdapat dalam bungkil kelapa sawit dapat menyebabkan pertumbuhan BSFL terhambat.

Tabel 1. Rata-rata feeding rate BSFL

BSFL (g)	Hari								Jumlah
	2	3	4	5	6	7	8	9	
Perlakuan (A)	25 ^a	160 ^c	27,5 ^a	27,5 ^a	37,5 ^a	15 ^a	10	13,3	315,83 ^a
Perlakuan (B)	145 ^d	117,5 ^{ab}	70 ^b	80 ^d	76,7 ^b	73,3 ^c	-	-	562,5 ^b
Perlakuan (C)	62,5 ^b	147,5 ^c	72,5 ^b	37,5 ^b	22,5 ^a	60 ^b	-	-	402,5 ^c
Perlakuan (D)	115 ^c	125 ^b	73,3 ^b	40 ^{bc}	-	-	-	-	353,33 ^{ad}
Perlakuan (E)	127,5 ^{cd}	112,5 ^a	100 ^c	45 ^c	92,5 ^c	67,5 ^{bc}	-	-	545 ^{be}



Gambar 2. Jumlah BSFL dan Survival Rate



Gambar 3. Berat BSFL

Tabel 2. Hasil Pengujian Proksimat

BSFL	Kadar BK (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Serat Kasar (%)	Referensi
Perlakuan (A)	93,06 ^b	6,11 ^b	39,17 ^a	17,47 ^b	17,32 ^b	
Perlakuan (B)	87,16 ^b	5,25 ^a	44,52 ^b	31,95 ^d	17,85 ^b	
Perlakuan (C)	77,4 ^a	5,46 ^a	40,37 ^{ab}	12,1 ^a	13,96 ^a	
Perlakuan (E)	72,31 ^a	4,86 ^a	51,45 ^c	25,73 ^c	15,16 ^{ab}	
BSFL <i>R. oligosporus</i> 0,5 mL/10 g Bungkil			44,5	24,7		(Liew <i>et al.</i> , 2022)
Roti	35,5	3,9	39,28	57,8	-	
Ikan	27	5,7	52,6	46,7	-	(Ewald <i>et al.</i> , 2020)
Sisa Makanan	33	16,3	36,6	40,7	-	
Kerang Hijau	31,3	18,7	44,6	33	-	

Uji proksimat bertujuan untuk mengetahui kadar air, kadar berat kering, kadar protein total, kadar lemak total, dan kadar serat kasar. Pada Tabel 2 Perlakuan E memiliki persentase kadar protein paling tinggi sebesar 51,45% diikuti dengan Perlakuan B 44,52%. Persentase kadar lemak tertinggi terdapat pada Perlakuan B sebesar 31,95% dibandingkan Perlakuan E sebesar 25,73%. Pada parameter serat kasar Perlakuan B dan A memiliki nilai tertinggi sebesar 17,85% dan 17,32%, sedangkan pada Perlakuan E serat kasar sebesar 15,16%. Bahan baku pakan ternak terbaik adalah yang memiliki kandungan protein lebih tinggi dan memiliki kandungan lemak lebih rendah. Menurut Asih *et al.* (2021) kandungan protein, lemak dan karbohidrat paling optimal pada pakan lele sebesar 25-40%, 4-18%, dan 20-30%. Kandungan protein optimal pada udang sebesar 30-35%, *catfish* 28-35%, tilapia 35-45%, ikan trout 40-45% (Craig dan Kuhn, 2017).

Bungkil fermentasi memiliki kandungan protein dan lemak lebih kecil daripada bungkil, akan tetapi bungkil fermentasi lebih mudah dicerna oleh BSFL dibandingkan bungkil. Protein pada bungkil kelapa sawit dengan fermentasi EM4 dan dikombinasikan dengan sampah organik sisa

makanan memiliki kandungan protein lebih besar dibandingkan dengan penelitian (Liew *et al.*, 2022) dengan fermentasi bungkil menggunakan *Rhizopus oligosporus* sebanyak 0,5 mL/10 g bungkil. Akan tetapi hasil tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan BSFL dengan pakan ikan (Ewald *et al.*, 2020). Sehingga budidaya BSFL dapat diterapkan di perkebunan kelapa sawit untuk mengurangi limbah bungkil kelapa sawit dan juga mengurangi limbah domestik di perkebunan kelapa sawit.

Protein yang tinggi pada pakan ternak BSFL dapat membantu meningkatkan kualitas daging ternak baik ternak unggas (de Souza Vilela *et al.*, 2021), ikan (English *et al.*, 2021), dan sapi (Drewery *et al.*, 2022). Tidak hanya protein, lemak dan karbohidrat penting dalam pakan ternak sebagai sumber utama energi ternak. Pada Tabel 3 kandungan protein seimbang kecuali L-Triptofan dan L-metionin sebesar 3,6 dan 2,6 g/kg sedangkan minyak didominasi asam laurat dengan nilai sebesar 12,126%. Asam glutamate merupakan asam amino paling banyak terdapat pada BSFL sebesar 36 g/kg. Protein seperti L-Lisin, L-Treonin, L-Triptofan dibutuhkan oleh metabolisme hewan yang biasanya didapatkan dari fermentasi sayuran (Karau and Grayson, 2014).

Tabel 3. Jenis dan Kuantitas Protein dan Lemak

Parameter Asam Amino	Nilai (g/kg)	Parameter Lemak	Nilai (%)
L-Asam Glutamat	36.396	Asam Laurat	12.126
Glisin	29.515	Asam Oleat	7.349
L-Leusin	24.980	Lemak Tak Jenuh	5.680
L-Arginin	24.430	Lemak Tak Jenuh Tunggal	4.564
L-Tirosin	23.635	Asam Lemak Omega 9	3.701
L-Valin	23.054	Asam Palmitat	3.657
L-Asam Aspartat	21.081	Asam Miristat	2.880
L-Prolin	20.742	Asam Linoleat	1.988
L-Fenilalanin	20.379	Lemak Tak Jenuh Ganda	1.117
L-Alanin	19.894	Asam Lemak Omega 6	1.010
L-Seriin	17.314	Asam Palmitoleat	0.787
L-Isoleusin	16.740	Asam Stearat	0.660
L-Treonin	16.577	Asam Linolenat	0.162
L-Lisin	15.263	Asam Lemak Omega 3	0.088
L-Sistin	13.715	Asam Mirisroleat	0.050
L-Histidin	13.679	Asam Heptadekanoat	0.020
L-Triptofan	3.604	Asam Arakidonat	0.020
L-Metionin	2.620	Asam Pentadekanoat	0.017
		EPA	0.013
		Asam Eikosapentanoat	0.012
		Asam Tridekanoat	0.006
		Asam Kaprilat	0.006

Pada penelitian Zhao *et al.* (2020) penambahan asam glutamat pada ikan Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) dapat meningkatkan feed conversion ratio sehingga berat ikan meningkat sampai 160% dikarenakan daya serap terhadap makanan meningkat. Pada penelitian Palomino Ramos *et al.* (2022) penambahan asam glutamat sebesar 4 g/kg dapat meningkatkan berat ikan juvenil sebesar 38 g serta meningkatkan kadar protein sebesar 69,69%. Penambahan L-Leusin pada ikan catfish hibrida (*Pelteobagrus vachelli* × *Leiocassis longirostris*) dapat meningkatkan berat ikan sebesar 137% (Zhao *et al.*, 2020). Pada penelitian Hoseini *et al.* (2022) menyebutkan bahwa penambahan 1% glisin pada pakan ikan huso huso dapat meningkatkan berat sebesar 329% serta ketahanan hidup 95,8%. Selain protein, BSFL memiliki kandungan lemak yang tinggi dan beragam diantaranya yang tertinggi adalah asam laurat, asam oleat, asam palmitat, dan asam miristat. Asam laurat merupakan lemak yang umum ditemukan pada virgin coconut oil (Rahayu dan Purnaningtyas, 2022) dan digunakan untuk industri kosmetik. Selain itu asam laurat (Zhang *et al.*, 2020), asam oleat (Narkhede dan Patel, 2013), asam palmitat (Ghorbani-Choghamarani *et al.*, 2022), dan asam miristat (Folayan *et al.*, 2019) potensial untuk diolah sebagai bahan baku biodiesel.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kadar protein tertinggi terdapat pada BSFL dengan pakan bungkil fermentasi dan sampah organik

sisanya akan tetapi kandungan lemak lebih rendah dari BSFL dengan pakan sampah organik sisa makanan. Jenis asam amino pada BSFL dengan pakan bungkil fermentasi dengan penambahan sampah organik sisa makanan adalah l-asam glutamat, glisin, l-leusin, l-arginin, l-tirosin, l-valin, l-asam aspartate, l-prolin, dan l-fenilalanin dengan nilai rata-rata >20 g/kg. Kandungan asam amino terbesar adalah l-asam glutamat sebesar 36,396 g/kg. Jenis lemak diantaranya asam laurat, asam oleat, lemak tak jenuh, lemak tak jenuh tunggal, asam palmitat, asam miristat, dan asam linoleat. Kandungan lemak didominasi oleh asam laurat sebesar 12,126%. feeding rate, survival rate, dan berat BSFL tertinggi adalah BSFL dengan pakan sampah organik sisa makanan.

Saran

Pada penelitian ini diperlukan perbandingan penggunaan limbah padat kelapa sawit lain seperti limbah solid decanter dan dikombinasikan/dibandingkan dengan bungkil kelapa sawit serta sampah organik sisa makanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada KEMENDIKBUD-RISTEK yang telah mendanai penelitian ini pada program penelitian dosen pemula serta kepada Politeknik Hasnur dan PT Kharisma Inti Usaha yang mendukung pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi MR, Hosking BJ, Ning D, Ravindran V. 2016. Influence of palm kernel meal inclusion and exogenous enzyme supplementation on growth performance, energy utilization, and nutrient digestibility in young broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 29 (4): 539–548.
- Adam S, Syd Ahmad SSN, Hamzah NM, Darus NA. 2016. Composting of empty fruit bunch treated with palm oil mill effluent and decanter cake. *Regional Conference on Science, Technology and Social Sciences (RCSTSS 2014)*. Springer Singapore, Singapore. pp 437–445.
- Asih YN, Kusumawati D, Nasukha A, Sudewi, Astuti NWW, Melianawati R, Giri INA. 2021. Developing coral trout, *Plectropomus leopardus* larviculture technology: application of floating skimmer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 718 (1): 012030.
- Azizi MN, Loh TC, Foo HL, Teik Chung EL. 2021. Is palm kernel cake a suitable alternative feed ingredient for poultry?. *Animals*. 11 (2): 338.
- Azmi NS dan Yunos KFM. 2014. Wastewater treatment of palm oil mill effluent (POME) by ultrafiltration membrane separation technique coupled with adsorption treatment as pre-treatment. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2: 257–264.
- Barragan-Fonseca KB, Dicke M, van Loon JJA. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. *Journal Insects as Food Feed*. 3 (2): 105–120.
- Broeckx L, Frooninckx L, Slegers L, Berrens S, Noyens I, Goossens S, Verheyen G, Wuyts A, Van Miert S. 2021. Growth of black soldier fly larvae reared on organic side-streams. *Sustainability*. 13 (23): 12953
- Craig S dan Kuhn DD. 2017. Fish Feed. Virginia Cooperative Extension. 420–256(VT/0517/420-256/FST-269P), 1–6.
- de Souza Vilela J, Andronicos NM, Kolakshyapati M, Hilliar M, Sibanda TZ, Andrew NR, Swick RA, Wilkinson S, Ruhnke I. 2021. Black soldier fly larvae in broiler diets improve broiler performance and modulate the immune system. *Animal Nutrition*. 7 (3): 695–706.
- Dickinson E, Harrison M, Parker M, Dickinson M, Donarski J, Charlton A, Nolan R, Rafat A, Gschwend F, Hallett J, Wakefield M, Wilson J. 2019. From waste to food: Optimising the breakdown of oil palm waste to provide substrate for insects farmed as animal feed. *PLoS One*. 14(11): e0224771.
- Drewery ML, Liu X, dan Wickersham TA. 2022. Black soldier fly larvae (BSFL) as a feed for beef cattle: a hedonic pricing model. *Journal Insects as Food Feed*. 8 (7): 743–751.
- English G, Wanger G, dan Colombo SM. 2021. A review of advancements in black soldier fly (*Hermetia illucens*) production for dietary inclusion in salmonid feeds. *Journal Agriculture Food Resource*. 5: 100164.
- Ewald N, Vidakovic A, Langeland M, Kiessling A, Sampels S, Lalander C. 2020. Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) – Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management*. 102: 40–47.
- Fitria AN, Gunawan VS, dan Mardiah M. 2021. Study of the utilization of palm oil industry liquid waste. *Konversi*. 10 (1): 31–40.
- Folayan AJ, Anawe PAL, Aladejare AE, Ayeni AO. 2019. Experimental investigation of the effect of fatty acids configuration, chain length, branching and degree of unsaturation on biodiesel fuel properties obtained from lauric oils, high-oleic and high-linoleic vegetable oil biomass. *Energy Reports*. 5: 793–806.
- García R, Pizarro C, Lavín AG, Bueno JL. 2013. Biomass proximate analysis using thermogravimetry. *Bioresource Technology*. 139: 1–4.
- Ghorbani-Choghamarani A, Taherinia Z, Tyula YA. 2022. Efficient biodiesel production from oleic and palmitic acid using a novel molybdenum metal–organic framework as efficient and reusable catalyst. *Scientific Reports*. 12: 10338.
- Gougbedji A, Agbohessou P, Lalèyè PA, Francis F, Caparros Megido R. 2021. Technical basis for the small-scale production of black soldier fly, *Hermetia illucens* (L. 1758), meal as fish feed in Benin. *Journal of Agriculture and Food Research*. 4: 100153.
- Hashim K, Tahiruddin S, dan Asis AJ. 2012. Palm and palm kernel oil production and processing in Malaysia and Indonesia. *Palm Oil*. Elsevier. pp 235–250.
- Hoseini SM, Moghaddam AA, Ghelichpour M, Pagheh E, Haghpanah A, Gharavi B, Mansouri B, Arghideh M. 2022. Dietary glycine supplementation modulates antioxidant and immune responses of beluga, *Huso huso*, juveniles. *Aquaculture Reports*. 23: 101026.
- Hosseini SE, Bagheri G, Khaleghi M, Abdul Wahid M. 2015. Combustion of biogas released from palm oil mill effluent and the effects of hydrogen enrichment on the characteristics of the biogas flame. *Journal of Combustion*. 2015 (5): 1–12.
- Karau A dan Grayson I. 2014. Amino Acids in Human and Animal Nutrition. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 143: 189–228.

- Liew CS, Wong CY, Abdelfattah EA, Raksasat R, Rawindran H, Lim JW, Kiatkittipong W, Kiatkittipong K, Mohamad M, Yek PNY, Setiabudi HD, Cheng CK, Lam SS. 2022. Fungal fermented palm kernel expeller as feed for black soldier fly larvae in producing protein and biodiesel. *Journal of Fungi*. 8 (4): 332.
- Liu T, Awasthi SK, Qin S, Liu H, Awasthi MK, Zhou Y, Jiao M, Pandey A, Varjani S, Zhang Z. 2021. Conversion food waste and sawdust into compost employing black soldier fly larvae (diptera: Stratiomyidae) under the optimized condition. *Chemosphere* 272: 129931.
- Loh SK, Lau HLN, Nursyairah J, Thaddeus DJ, Subramaniam V. 2022. Oil Palm Biomass Value Chain For Biofuel Development in Malaysia: part I. *Value-Chain of Biofuels*. Elsevier. pp 481–503.
- Lu S, Taethaisong N, Meethip W, Surakhunthod J, Sinpru B, Sroichak T, Archa P, Thongpea S, Paengkoum S, Purba RAP, Paengkoum P. 2022. Nutritional composition of black soldier fly larvae (*hermetia illucens* L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: A review. *Insects*. 13 (9): 831.
- Ma J, Lei Y, Rehman K, Yu Z, Zhang J, Li W, Li Q, Tomberlin JK, Zheng L. 2018. Dynamic Effects of Initial pH of Substrate on Biological Growth and Metamorphosis of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*. 47 (1): 159–165.
- Marzuqi M dan Anjusary DN. 2013. Nutrient digestibility feed with different levels of protein and lipid on coral rock grouper (*Epinephelus corallicola*) juvenile. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 5 (2): 311-323.
- Meneguz M, Gasco L, dan Tomberlin JK. 2018. Impact of pH and feeding system on black soldier fly (*Hermetia illucens*, L; Diptera: Stratiomyidae) larval development. *PLoS One* 13(8): e0202591.
- Mouithys-Mickalad A, Schmitt E, Dalim M, Franck T, Tome NM, van Spankeren M, Serteyn D, Paul A. 2020. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae protein derivatives: potential to promote animal health. *Animals*. 10 (6): 941.
- Narkhede N dan Patel A. 2013. Biodiesel production by esterification of oleic acid and transesterification of soybean oil using a new solid acid catalyst comprising 12-tungstosilicic acid and zeolite H β . *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 52 (38): 13637–13644.
- Nugroho RA, Aryani R, Manurung H, Sari WIR, Sanjaya AS, Suprihanto D, Rudianto, Prahasatika W. 2022. Proximate and Fatty Acid Profile Comparison of Black Soldier Fly Larvae Reared on Palm Kernel Meal and Cow Manure. *RA Journal of Applied Research*. 8 (11).
- Palomino Ramos AR, Campelo DAV, Carneiro CL da S, Zuanon JAS, da Matta SLP, Furuya WM, Salaro AL. 2022. Optimal dietary L-glutamine level improves growth performance and intestinal histomorphometry of juvenile giant trahira (*Hoplias lacerdae*), a Neotropical carnivorous fish species. *Aquaculture*. 547: 737469.
- Prasetya A, Darmawan R, Benedita Araujo TL, Murti Petrus HTB, Setiawan FA. 2021. A growth kinetics model for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *International Journal of Technology*. 12 (1): 207–216.
- Rabiu A, Elias S, dan Oyekola O. 2018. Oleochemicals from Palm Oil for the Petroleum Industry. *Palm Oil*. InTechopen. Rijeka. Croatia.
- Rahayu S dan Purnaningtyas D. 2022. Analysis of free fatty acid levels (as lauric acid) pure coconut oil (virgin coconut oil / VCO) for sale in Kediri City. *Strada Journal of Pharmacy*. 4 (1): 18–22.
- Raksasat R, Kiatkittipong K, Kiatkittipong W, Wong CY, Lam MK, Ho YC, Oh W Da, Suryawan IWK, Lim JW. 2021. Blended sewage sludge–palm kernel expeller to enhance the palatability of black soldier fly larvae for biodiesel production. *Processes*. 9 (2): 297.
- Rohmanna NA dan Maharani DM. 2022. Waste reduction performance by black soldier fly larvae (BSFL) on domestic waste and solid decanter. *Biotropika Journal Tropical Biology*. 10 (2): 141–145, doi 10.21776/ub.biotropika.2022.010.02.08
- Salam M, Shahzadi A, Zheng H, Alam F, Nabi G, Dezhi S, Ullah W, Ammara S, Ali N, Bilal M. 2022. Effect of different environmental conditions on the growth and development of black soldier fly larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. *Environmental Technology & Innovation*. 28: 102649.
- Sathitkowitzchai W, Nitisinprasert S, dan Keawsompong S. 2018. Improving palm kernel cake nutrition using enzymatic hydrolysis optimized by Taguchi method. *3 Biotech*. 8 (10): 407.
- Savarese M, Castellini G, Paleologo M, Graffigna G. 2022. Determinants of palm oil consumption in food products: A systematic review. *Journal of Functional Foods*. 96: 105207.
- Zahan K dan Kano M. 2018. Biodiesel production from palm oil, its by-products, and mill effluent: A review. *Energies*. 11 (8): 2132.
- Zhang Q, Yang T, Lei D, Wang J, Zhang Y. 2020. Efficient production of biodiesel from esterification of lauric acid catalyzed by

- ammonium and silver co-doped phosphotungstic acid embedded in a zirconium metal-organic framework nanocomposite. *American Chemical Society Omega* 5 (22): 12760–12767.
- Zhao Y, Zhang TR, Li Q, Feng L, Liu Y, Jiang WD, Wu P, Zhao J, Zhou XQ, Jiang J. 2020. Effect of dietary L-glutamate levels on growth, digestive and absorptive capability, and intestinal physical barrier function in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*). *Animal Nutrition*. 6 (2): 198–209, doi 10.1016/j.aninu.2020.02.003
- Zulkifli NFN, Seok-Kian AY, Seng LL, Mustafa S, Kim YS, Shapawi R. 2022. Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods. *PLoS One* 17 (2): e0263924.