

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang disajikan merupakan hasil pengujian BSFL dan BSFLO yang telah melalui berbagai analisa sesuai dengan parameter komposisi nutrisi pakan, profil berat, rendemen, kadar kolesterol, dan kandungan logam berat.

4.1 Komposisi Nutrisi Pakan

Komposisi nutrisi pakan disajikan berdasarkan proksimat substrat penyusun dan pakan formulasi pada tabel yang terdiri atas data basis basah (bb) dan basis kering (bk). Penyajian dalam kedua basis bertujuan untuk memberikan informasi nutrisi bahan pada kondisi aktual dan kondisi setelah kadar air dihilangkan, sehingga perbedaan komposisi nutrisi antar perlakuan dapat diamati lebih jelas. Hasil komposisi nutrisi substrat penyusun dan pakan formulasi dalam Tabel 2 – Tabel 5.

Tabel 2. Komposisi Nutrisi Pakan pada Substrat Pakan (basis basah)

Parameter Proksimat (%)	Limbah Roti (LR)	Ampas Tahu (AT)	Ampas Kelapa (KL)	Kulit Kopi (KP)
Air	58,56±0,191	87,63±0,380	85,09±0,140	88,93±0,235
Abu	0,51±0,078	0,06±0,006	0,04±0,015	0,05±0,012
Protein	4,86±0,560	2,72±0,049	0,74±0,035	2,27±0,136
Lemak	4,22±1,135	0,57±0,510	0,86±0,056	0,53±0,090
Karbohidrat	31,84±1,421	9,02±0,782	13,28±0,162	8,22±0,081

Tabel 3. Komposisi Nutrisi Pakan pada Substrat Pakan (basis kering)

Parameter Proksimat (%)	Limbah Roti (LR)	Ampas Tahu (AT)	Ampas Kelapa (KL)	Kulit Kopi (KP)
Abu	1,23±0,189	0,45±0,000	0,25±0,100	0,41±0,142
Protein	11,73±1,310	22,03±0,912	4,93±0,200	20,46±0,875
Lemak	10,19±2,728	4,67±4,258	5,75±0,412	4,82±0,730
Karbohidrat	76,84±3,559	72,84±4,547	89,07±0,441	74,31±0,889

Larva *Black Soldier Fly* (BSF) tumbuh dan berkembang dalam substrat dengan kandungan air 45-75%, tergantung jenis substrat terutama terkait *water holding capacity* nya (Bekker *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pada beberapa substrat diberikan penambahan air untuk mencapai kondisi lingkungan yang larva butuhkan dan tertera pada Tabel 2. Hal ini didukung oleh Khairuddin *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa kadar air yang direkomendasikan dalam penumbuhan BSFL adalah minimal 60%. Limbah roti dan ampas kelapa cenderung lebih mudah kehilangan air daripada jenis substrat lainnya, sehingga pre-treatment pemberian air perlu diberikan untuk meningkatkan kelembabannya hingga mencapai 58,56% dan 85,09%. Namun, tingginya kadar air pada basis basah menyebabkan perhitungan nutrisi lain menjadi rendah secara proporsional. Oleh karena itu, perbandingan kandungan nutrisi yang lebih akurat dapat dihitung dalam basis kering seperti pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, hasil kadar protein, lemak, dan karbohidrat pada limbah roti dalam penelitian ini relatif sesuai dengan penelitian terdahulu. Sesuai dengan Abdelmaksoud *et al.* (2026) yang melaporkan bahwa limbah roti memiliki karbohidrat (50–70%), protein (8–10%), dan lemak (1–5%). Selain itu, komposisi proksimat dari ampas tahu Ampas tahu dalam penelitian ini juga relatif sesuai

dengan penelitian terdahulu. Sesuai dengan Masir *et al.* (2020), ampas tahu mengandung protein sebanyak 21%; lemak 3,9%; air 51,63%; dan abu 1,21%. Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar protein ampas kelapa pada penelitian ini masih berada pada kisaran yang serupa dengan penelitian Irmayanti *et al.*, 2024; Ayuti *et al.*, 2022; Sudarmi *et al.*, 2020 yakni 5-6%.

Namun, kadar lemak yang diperoleh pada ampas kelapa dalam penelitian ini cenderung lebih rendah. Sementara kadar karbohidrat lebih tinggi daripada penelitian tersebut, dimana lemak mencapai 26-29%, dan serat 9-16% sebagai komponen struktural karbohidrat. Selain itu, komposisi proksimat kulit kopi pada Tabel 4 lebih tinggi daripada yang dilaporkan oleh Klingel *et al.* (2020), dimana kulit kopi mengandung karbohidrat 45–89%, protein 4–12%, dan lemak 1–2%. Hal ini diduga karena kondisi alami kulit kopi yang telah terfermentasi secara alami, sehingga komposisi nutrisi makronutrientnya akan berbeda dengan kulit kopi segar. Hal ini sesuai dengan Feng *et al.* (2023) bahwa fermentasi pada limbah kopi mampu meningkatkan kualitas protein karena adanya aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi. Selanjutnya, terkait komposisi nutrisi pakan formulasi dari seluruh perlakuan dirangkum dalam Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Perhitungan Komposisi Nutrisi Pakan Formulasi (basis basah)

Parameter Proksimat (%)	Kontrol	KLKP 50/20	KLKP 45/25	KLKP 40/30
Air	58,56	82,26	82,45	82,64
Abu	0,51	0,12	0,12	0,12
Protein	4,86	1,96	2,04	2,11
Lemak	4,22	1,25	1,24	1,22
Karbohidrat	31,84	14,41	14,16	13,91

Tabel 5. Perhitungan Komposisi Nutrisi Pakan Formulasi (basis kering)

Parameter Proksimat (%)	Kontrol	KLKP 50/20	KLKP 45/25	KLKP 40/30
Abu	1,23	0,46	0,47	0,48
Protein	11,73	11,62	12,40	13,17
Lemak	10,19	6,07	6,02	5,98
Karbohidrat	76,84	81,85	81,11	80,37

Tingginya kadar air pada formulasi KLKP (82,26%-82,64%) dibandingkan dengan kontrol (58,56%) (pada Tabel 4), menyebabkan proporsi nutrisi lain menjadi lebih rendah ketika dinyatakan dalam basis basah. Hal ini dikarenakan sebagian besar komposisi bahan masih didominasi oleh air. Walaupun kadar air pada kondisi aktual (basis basah) tinggi, nilainya masih sesuai dengan Bekker *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa larva BSF cenderung menyukai substrat dengan kadar air sebesar 45-80%. Hal ini juga didukung dengan pernyataan Barragan-Fonseca *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa kadar air yang cukup pada substrat diperlukan larva untuk menjaga kelembaban lingkungan guna mendukung proses penyerapan makanan selama pertumbuhan.

Berdasarkan Tabel 5, kadar abu pada pakan formulasi relatif stabil. Hal ini disebabkan karena komponen anorganik yang terkandung pada bahan pakan memiliki nilai yang rendah. Sesuai dengan pernyataan Latief *et al.* (2023), hasil proksimat pencampuran bahan pakan dipengaruhi oleh proksimat tiap bahan pakan. Kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Monita *et al.* (2017) yakni berkisar 6,52-7,83%. Hal ini diduga karena perbedaan jenis substrat yang digunakan pada pakan formulasi. Secara

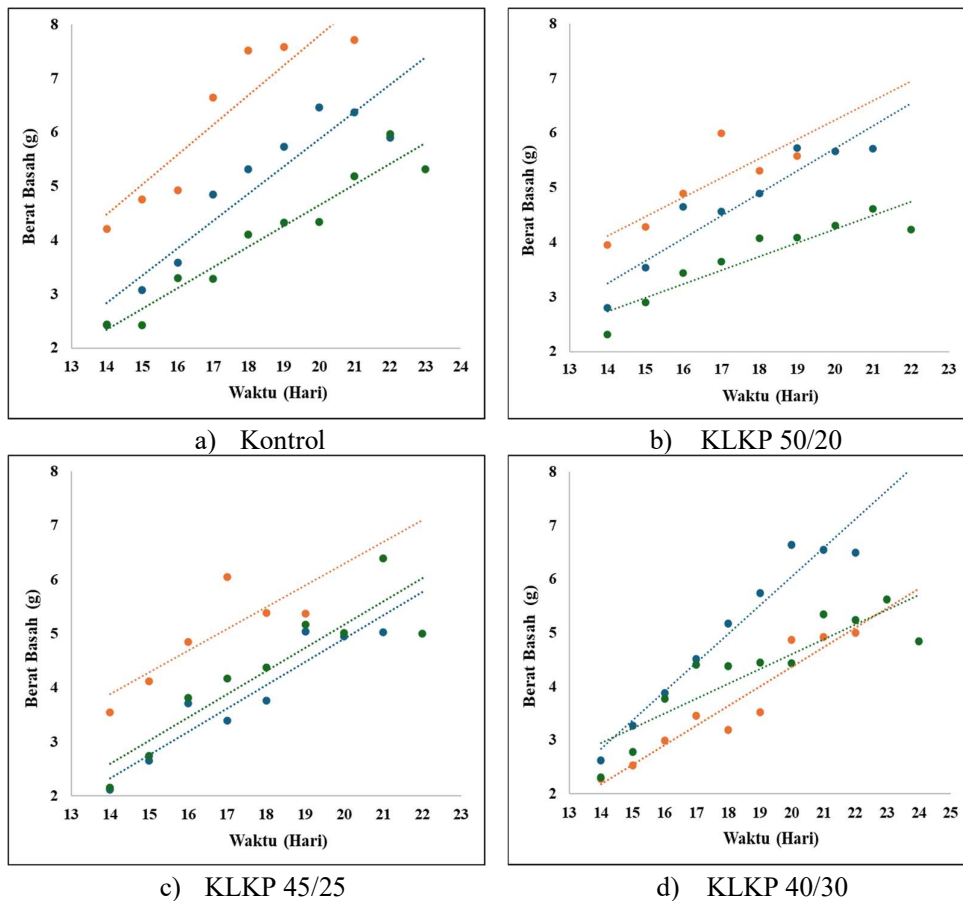
keseluruhan, hal ini mengindikasikan bahwa perubahan proporsi dari ampas kelapa dan kulit kopi tidak berpengaruh kuat terhadap kadar abu formulasi.

Terdapat peningkatan kadar protein pada KLKP 50/20, KLKP 45/25, dan KLKP 40/30 yang menunjukkan korelasi positif dengan meningkatnya persentase pemberian kulit kopi, KP (20,25,30) yang meningkatkan total protein pakan. Sesuai dengan pernyataan Danieli *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa perubahan proporsi bahan penyusun akan memengaruhi komposisi nutrisi akhir formulasi. Sementara itu, terdapat penurunan kadar lemak pada Tabel 4 yang menunjukkan adanya korelasi positif dengan menurunnya persentase pemberian ampas kelapa, KL (50,45,40). Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Srisuksai *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa komposisi total substrat sangat bergantung pada jenis dan proporsi bahan pakan yang diformulasikan.

Berdasarkan Tabel 5, perbedaan komposisi nutrisi antar perlakuan menjadi lebih jelas. Terdapat pola peningkatan kadar protein pakan formulasi yang berkorelasi positif dengan meningkatnya konsentrasi kulit kopi (KP). Sementara itu, terdapat penurunan kadar lemak dan karbohidrat pada pakan formulasi. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi yang digunakan, secara basis kering menghasilkan pakan dengan dominasi karbohidrat, kemudian diikuti protein dan lemak dalam jumlah yang lebih rendah. Sesuai dengan Grossule *et al.* (2025), substrat pakan yang baik bagi BSFL memiliki karbohidrat tertinggi, diikuti protein, lalu lemak. Sementara itu, menurut Eggink *et al.* (2023) rasio karbohidrat dan protein yang optimal bagi BSFL adalah 2:1 atau 3:1. Formulasi KLKP 40/30 (6,1:1) paling mendekati rasio target, meski masih melebihi nilai optimum Eggink *et al.* (2023).

4.2 Profil Berat

Berikut merupakan grafik *scatterplot* pertumbuhan berat pada tiap sampel mulai hari ke-14 hingga berat larva mencapai konstan atau menurun. Grafik disertai nilai regresi untuk melihat tren pertumbuhan berat larva setiap harinya.



Ilustrasi 5. Ilustrasi Profil Berat BSFL
(Ulangan 1 (●), Ulangan 2 (●), Ulangan 3 (●))

Peningkatan pertumbuhan berat BSFL pada tiap perlakuan menunjukkan adanya respon positif dari BSFL terhadap media pakan yang telah disediakan. Berdasarkan grafik pada Ilustrasi 5, perlakuan kontrol menghasilkan peningkatan

berat larva yang paling besar setiap harinya dibandingkan dengan perlakuan lain. Sementara itu, perlakuan KLKP 50/20, KLKP 45/25, dan KLKP 40/30 secara visual belum dapat disimpulkan secara jelas, sehingga penggunaan nilai rata-rata regresi di bawah ini dapat menggambarkan peningkatan berat BSFL lebih objektif secara numerik.

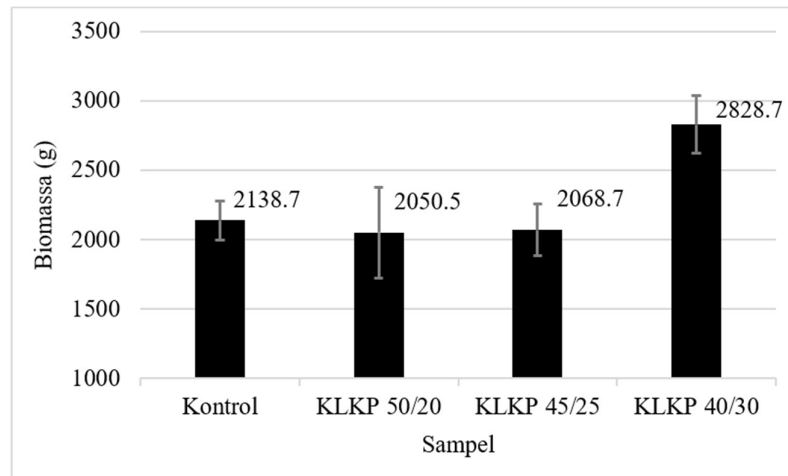
Tabel 6. Rata-Rata Nilai Regresi Linear Profil Berat BSFL

Perlakuan	Kenaikan Berat Larva (g)	Koefisien Determinasi (R^2)	Waktu (Hari)
Kontrol	0,48	0,88	22,33 hari
KLKP 50/20	0,34	0,82	20,67 hari
KLKP 45/25	0,42	0,80	20,67 hari
KLKP 40/30	0,39	0,88	22,67 hari

Berdasarkan rata-rata nilai regresi linear, perlakuan kontrol menunjukkan bahwa komposisi nutrisi yang lebih tinggi dan kompleks akan menghasilkan pertumbuhan berat yang lebih tinggi juga. Hal ini sesuai dengan pernyataan Abdelmaksoud *et al.* (2026) yang menyatakan bahwa limbah roti merupakan limbah yang tinggi akan karbohidrat, protein, dan lemak yang secara efektif dapat menyeimbangkan energi yang dibutuhkan larva. Namun, pada pakan perlakuan KLKP, peningkatan berat larva tidak memberikan pola tertentu yang berhubungan dengan komposisi nutrisi pakan. Perlakuan KLKP 45/25 memberikan berat tertinggi (0,42 g) setelah kontrol yang diduga terjadi karena keseimbangan nutrisi yang optimal bagi BSFL. Hal ini sesuai dengan pernyataan Grossule *et al.* (2025), dimana pengaruh nutrisi substrat tidak cukup hanya berdasarkan total makronutrientnya, tetapi bioavailabilitas nutriennya juga untuk meningkatkan *survival rate* dan efisiensi reduksi pakan yang lebih tinggi.

Sementara itu, nilai koefisien determinasi pada seluruh perlakuan dengan nilai yang tinggi ($R^2 > 0,80$) menunjukkan bahwa kenaikan berat BSFL memiliki variasi yang tinggi yang disebabkan oleh lama pemeliharaan dalam rentang 19 hingga 24 hari. Namun, lama waktu pemeliharaan ini tidak menunjukkan pola tertentu dengan kenaikan berat per hari. Perbedaan lama waktu pemeliharaan dapat terjadi karena dalam proses penyerapan nutrisi pakan, larva akan mencapai batas maksimum beratnya. Sesuai dengan Nyakeri *et al.* (2019), perbedaan waktu pemeliharaan dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi yang dapat dimanfaatkan larva dan pencapaian bobot kritis larva. Bobot kritis larva menunjukkan bahwa larva telah memenuhi energi yang cukup untuk melanjutkan fase perkembangan hidup berikutnya. Sesuai Eriksen *et al.* (2022), ketika kebutuhan energi telah terpenuhi maka BSFL akan memasuki tahap prepupa dimana pada tahap ini BSFL akan menghentikan aktivitas penyerapan makanan, sehingga berat cenderung konstan atau menurun.

Peningkatan berat larva per hari merupakan salah satu indikator utama dalam menggambarkan profil berat BSFL selama pemeliharaan berlangsung. Akumulasi pertambahan berat harian tersebut tentu akan berkontribusi terhadap total biomassa yang dihasilkan. Oleh karena itu, total biomassa BSFL pada tiap perlakuan dilakukan penimbangan akhir. Berikut disajikan grafik biomassa BSFL pada Ilustrasi 6 berikut ini.

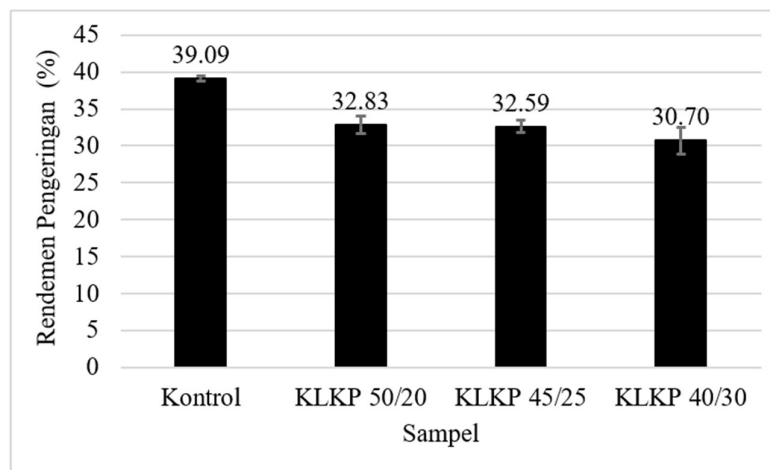


Ilustrasi 6. Grafik Biomassa BSFL

Grafik pada Ilustrasi 6 menunjukkan perlakuan KLKP 40/30 memiliki rata-rata biomassa tertinggi yakni 2.828,7 gram. Sementara itu, perlakuan kontrol, KLKP 50/20, dan KLKP 45/25 menunjukkan nilai biomassa yang relatif tidak jauh 2.050,5 - 2.138,7 gram. Hasil ini tidak berkorelasi positif baik dengan profil berat maupun komposisi nutrisi pakan, namun berkorelasi positif dengan waktu pemeliharaan (Tabel 6). Masa pemeliharaan KLKP 40/30 memiliki rata-rata 22.67 hari, dimana waktu pemeliharaan lebih lama dari perlakuan lainnya. Semakin tinggi persentase kulit kopi yang diberikan maka semakin lama waktu pemeliharaannya. Sesuai dengan Pliantiangtam *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa karakteristik pakan yang rendah akan daya cerna dapat menghambat penyerapan nutrisi oleh larva dan berdampak pada laju pertumbuhannya. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Ospina-Granobles dan Carrejo-Gironza (2021) yang melaporkan bahwa larva dengan pakan kulit kopi membutuhkan waktu yang lebih lama (26 hari) daripada larva dengan pakan limbah sayuran (19 hari).

4.3 Rendemen

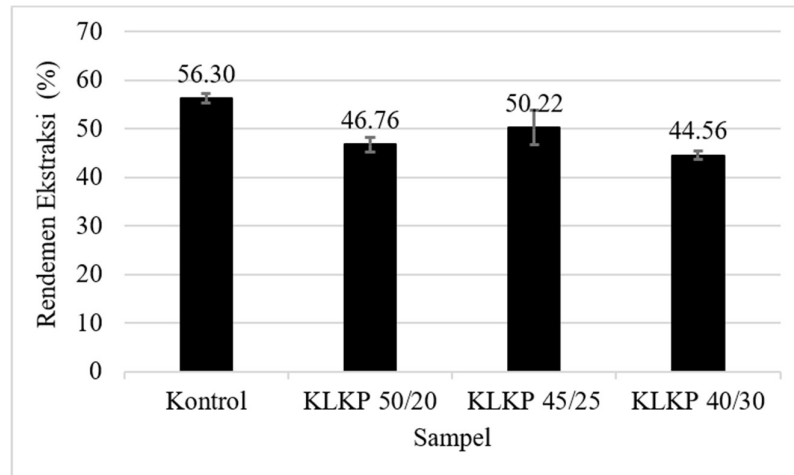
Berikut merupakan grafik rendemen dari keseluruhan (*overall*), pengeringan, ekstraksi, serta purifikasi (*bleaching*). Grafik rendemen disajikan pada Ilustrasi 6 di bawah ini.



Ilustrasi 7. Grafik Rendemen Pengeringan

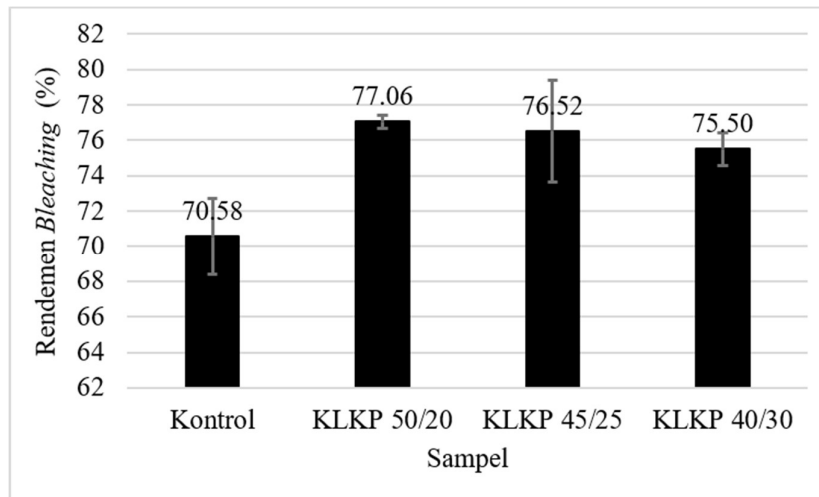
Berdasarkan Ilustrasi 7, data menunjukkan bahwa berat kering yang dihasilkan dalam rentang 30-39%, sehingga kadar air BSFL pada kondisi segar diperoleh sebesar 61-70%. Sesuai dengan Spranghers *et al.* (2017) yang melaporkan hasil kadar air BSFL dalam kisaran 59-70% dari berat basahnya. Penurunan nilai rendemen pengeringan dari kontrol hingga KLKP 40/30 menunjukkan korelasi positif dengan kadar air pada pakan formulasi. Kadar air tertinggi berada pada KLKP 40/30 (82,64%), kemudian disusul dengan KLKP 45/25, KLKP 50/20, dan terendah pada kontrol (58,58%). Semakin tinggi kadar air pada substrat pakan maka kadar air pada tubuh larva juga akan meningkat, sehingga menyebabkan hasil rendemen pengeringan rendah. Sesuai dengan pernyataan

Bekker *et al.* (2021) dan Khairuddin *et al.* (2022) bahwa berat basah larva mengindikasikan adanya pengaruh yang kuat dari kadar air substrat pakannya.



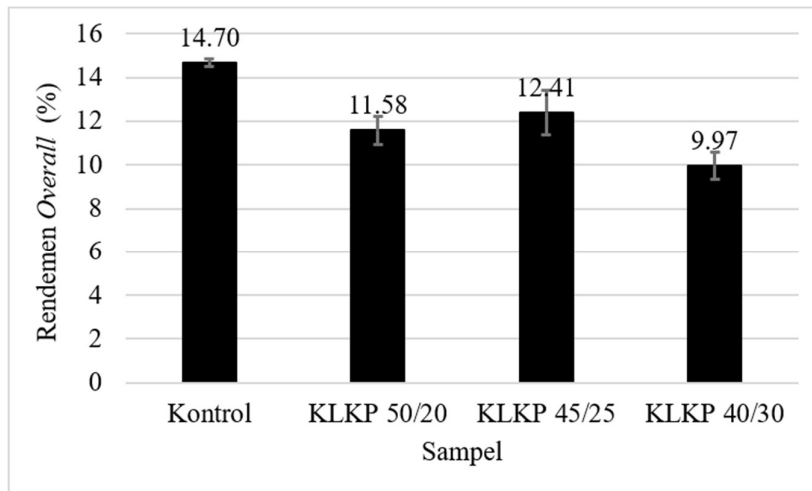
Ilustrasi 8. Grafik Rendemen Ekstraksi

Faktor utama dalam proses ekstraksi BSFLO adalah jumlah lipid yang tersimpan dalam tubuh larva. Sesuai dengan pernyataan Jucker *et al.* (2017) bahwa ketersediaan pakan sebagai sumber energi dan lemak sebagai cadangan energi memengaruhi banyaknya lemak pada tubuh larva. Namun, hal ini berbanding terbalik dengan komposisi nutrisi pakan dalam formulasi, dimana KLKP 50/20 yang lebih tinggi akan karbohidrat atau KLKP 40/30 yang lebih tinggi akan protein justru menghasilkan rendemen ekstraksi yang lebih rendah daripada KLKP 45/25. Hal ini diduga KLKP 45/25 memiliki keseimbangan nutrisi yang lebih optimal untuk menghasilkan lemak dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil studi oleh Bellezza Oddon *et al.* (2022) melaporkan bahwa akumulasi lemak pada larva dipengaruhi oleh metabolisme nutrisi yang kompleks, sehingga tidak selalu berbanding lurus dengan kandungan nutrisi pakan.



Ilustrasi 9. Grafik Rendemen *Bleaching*

Berdasarkan Ilustrasi 9, hasil menunjukkan efisiensi *bleaching* yang relatif serupa pada perlakuan, sedangkan kontrol cenderung lebih rendah. KLKP 50/20 menghasilkan rendemen *bleaching* tertinggi. Tingginya hasil rendemen *bleaching* pada KLKP 50/20 (77,06%) menunjukkan sebagian besar minyak lebih banyak dipertahankan setelah purifikasi dan kehilangan minyak terendah, yakni 23%. Perbedaan hasil rendemen terjadi karena adanya interaksi antara adsorben dalam mengikat pigmen dan senyawa pengotor pada minyak. Ab Karim *et al.* (2022) menyatakan bahwa purifikasi meminimalisir minyak dari zat pengotor dan produk oksidasi. Terdapat pola penurunan dari KLKP 50/20, KLKP 45/25, dan KLKP 40/30 yang mengindikasikan bahwa pemberian ampas kelapa meminimalisir keberadaan senyawa pengotor pada BSFLO. Sesuai dengan Yin *et al.* (2024) bahwa minyak kelapa cenderung rendah akan zat pengotor dan produk oksidasi karena kandungan asam lemak jenuh serta senyawa bioaktif yang bersifat antioksidan.



Ilustrasi 10. Grafik Rendemen *Overall*

Berdasarkan Ilustrasi 10, perlakuan KLKP 45/25 memiliki nilai rendemen tertinggi setelah perlakuan kontrol, sedangkan KLKP 40/30 menghasilkan rendemen *overall* terendah. Rendemen *overall* dipengaruhi secara kumulatif oleh rendemen pengeringan, ekstraksi, dan *bleaching*. Meskipun rendemen pengeringan berkontribusi terhadap jumlah minyak yang tersedia untuk diekstraksi, pola rendemen *overall* justru lebih dipengaruhi oleh rendemen ekstraksinya. Sesuai dengan Srisuksai *et al.* (2024), proses ekstraksi merupakan faktor utama dalam perolehan minyak akhir. Hal ini ditunjukkan pada hasil rendemen ekstraksi tertinggi oleh KLKP 45/25 (50,22%). Terkait dengan rendemen *bleaching*, hasil yang diperoleh relatif kecil antar perlakuan sehingga tidak memberikan kontribusi yang besar terhadap rendemen *overall*. Hal ini sesuai dengan Mai *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa proses *bleaching* fokus terhadap penghilangan pigmen dan senyawa pengotor untuk meningkatkan mutu produk saja.

4.4 Kadar Kolesterol

Berikut merupakan hasil pengujian kadar kolesterol yang diperoleh dari minyak *Black Soldier Fly Larvae* (BSFLO). Hasil pengujian kadar kolesterol disajikan pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kadar Kolesterol

Perlakuan	Kadar Kolesterol (mg/100g) $\pm$ SD
Kontrol	16.71 $\pm$ 0.01
KLKP 50/20	18.77 $\pm$ 0.04
KLKP 45/25	21.01 $\pm$ 0.03
KLKP 40/30	12.06 $\pm$ 0.01

Berdasarkan data pengujian kadar kolesterol pada Tabel 7, kadar kolesterol yang diperoleh dari empat perlakuan ini cenderung lebih tinggi daripada yang dilaporkan oleh beberapa penelitian terdahulu terkait kadar kolesterol BSFLO. Penelitian oleh Tognocchi *et al.* (2024) melaporkan bahwa kadar kolesterol BSFLO dengan pakan kontrol, buah-buahan, dan sayuran, berturut-turut adalah 3,58 mg/100 g; 3,19 mg/100 g; dan 2,94 mg/100 g. Adapun studi yang telah dilakukan oleh Liland *et al.* (2017) mengungkapkan bahwa kadar kolesterol BSFLO dengan substrat pakan rumput laut menghasilkan nilai 2,83 mg/100 g.

Tingginya kadar kolesterol pada perlakuan KLKP 45/25 menunjukkan bahwa respons kadar kolesterol terhadap perubahan proporsi kulit kopi dan ampas kelapa tidak bersifat linier. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan kadar kolesterol BSFLO tidak hanya dipengaruhi oleh satu jenis bahan, tetapi juga oleh interaksi antarsubstrat yang berperan dalam metabolisme sterol larva. Sesuai dengan Tognocchi *et al.* (2024), komposisi sterol larva dipengaruhi oleh profil sterol pada

substrat pakan. Oleh karena itu, rendahnya kadar kolesterol pada KLKP 40/30 diduga berkaitan dengan meningkatnya kontribusi fitosterol dari kulit kopi. Fitosterol seperti β -sitosterol, campesterol, dan stigmasterol adalah sterol alami yang ditemukan dalam berbagai bagian tumbuhan seperti daun dan buah, termasuk kulit buah kopi (Li *et al.*, 2022).

Fitosterol dapat berperan dalam menjaga homeostatis sterol termasuk penyerapan dan pengeluaran sterol (Duan *et al.*, 2022). Ketika pada konsentrasi yang tinggi, fitosterol dapat menghambat penyerapan kolesterol selama proses metabolisme sterol (Yuan *et al.*, 2020). Oleh karena itu, peningkatan persentase kulit kopi hingga 30% diduga meningkatkan kontribusi fitosterol dalam substrat sehingga berpotensi terhadap profil sterol larva dan menghasilkan kadar kolesterol yang lebih rendah.

4.5 Logam Berat

Berikut merupakan hasil pengujian logam berat yang diperoleh dari minyak *Black Soldier Fly Larvae* (BSFLO). Hasil pengujian logam berat disajikan pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Hasil Pengujian Logam Berat

Logam Berat	Kontrol	KLKP 50/20	KLKP 45/25	KLKP 50/20	LoD (mg/kg)
Arsen (As)	Nd	Nd	Nd	Nd	< 0.008
Kadmium (Cd)	Nd	Nd	Nd	Nd	< 0.00011
Merkuri (Hg)	Nd	Nd	Nd	Nd	< 0.004
Timbal (Pb)	Nd	Nd	Nd	Nd	< 0.006
Timah (Sn)	Nd	Nd	Nd	Nd	< 0.2

Nd= *Not Detected*, LoD= *Limits of Detection*.

Berdasarkan Tabel 8, hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan logam berat pada seluruh perlakuan memiliki nilai yang sangat kecil dibawah nilai LoD (*Limits of Detection*). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian substrat pakan dengan proporsi yang berbeda tidak menghasilkan akumulasi logam berat yang terdeteksi pada produk BSFLO. Sesuai dengan yang dilaporkan oleh Bessa *et al.* (2021) dan Bohm *et al.* (2022) bahwa logam berat sebagian besar tertinggal di residu larva (kotoran larva) dan sebagian kecil masih tertinggal di tubuh larva. Hal ini juga diduga dipengaruhi oleh proses ekstraksi dan purifikasi BSFLO yang memisahkan minyak murni dari komponen padat yang berpotensi membawa kontaminan logam berat pada minyak (Matthäus *et al.*, 2019).

Hasil pengujian logam berat juga dapat dinyatakan sesuai dengan BPOM Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan dimana batas maksimal cemaran logam Arsen (As), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) berturut-turut 0,10 mg/kg; 0,02 mg/kg; 0,02 mg/kg; 0,05 mg/kg. Sementara itu, logam berat Sn menurut SNI 01-4320-1996 memiliki batas maksimum cemaran logam Sn sebanyak 40 mg/kg. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa produk BSFLO dalam batas aman dari keberadaan logam beratnya dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai minyak alternatif berbasis serangga.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pakan berbasis ampas kelapa dan kulit kopi menghasilkan perbedaan pada karakteristik pertumbuhan BSFL dan minyak yang dihasilkan. Walaupun terdapat BSFLO dengan nilai kolesterol terendah, profil berat dan rendemen *overall* yang diperoleh bukanlah yang tertinggi. Kadar kolesterol yang lebih rendah diharapkan dapat meningkatkan nilai kesehatan produk, terutama dalam pengembangan minyak alternatif berbasis serangga. Sementara itu, logam berat pada BSFLO pada seluruh perlakuan tidak terdeteksi dalam batas minimal deteksi alat, sehingga hal ini menunjukkan bahwa BSFLO memiliki kualitas keamanan produk yang baik berdasarkan cemaran logam berat.

5.2. Saran

Penelitian berikutnya diharapkan dapat mengkaji lebih lanjut mengenai profil sterol pada pakan dan BSFLO untuk dapat menyajikan data kolesterol yang lebih spesifik. Selain itu, penelitian berikutnya dapat mengevaluasi pengaruh substrat pakan terhadap BSFLO dengan beberapa parameter pendukung seperti kepadatan larva, aktivitas mikroorganisme pada substrat, efisiensi konversi pakan, hingga viabilitas larva selama pemeliharaan. Penggunaan substrat pakan lain juga dapat dilakukan guna meningkatkan keberlanjutan pengolahan limbah perkebunan, terutama di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ab Karim, N. A., Othman, N. H., dan Yusoff, M. M. 2022. Vegetable Oil Refining. Recent Advances in Edible Fats and Oils Technology: Processing, Health Implications, Economic and Environmental. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5113-7_4
- Abdelmaksoud, E. M., El-Sayed, W., Rashwan, R. S., Hegazy, S. A., Abou-Taleb, K. A., dan Abdelsalam, S. A. 2026. Enhancing chicken manure with bread waste and black soldier fly associated bacteria to increase larval biomass. Scientific Reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-39463-x>
- Addeo, N. F., Scivicco, M., Vozzo, S., Bovera, F., Asiry, K. A., Alqurashi, S., ... dan Severino, L. 2024. Mineral profile and heavy metals bioaccumulation in black soldier fly (*Hermetia illucens*, L.) larvae and frass across diverse organic substrates. Italian Journal of Animal Science, 23(1), 179-188. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2302845>
- Analianasari, A., Noer, I., Berliana, D., Soeherman, G. P., dan Maryana, D. T. 2025. Circular Economy: Pemanfaatan Limbah Cascara di Sentra Agroforestri Kopi Pesawaran. SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni bagi Masyarakat), 14 (2), 221-229. <https://doi.org/10.20961/semar.v14i2.110540>
- AOAC Official Method. 2011.14 calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, phosphorus, sodium, and zinc in fortified food product. AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
- AOAC Official Method 986.15. Arsenic, cadmium, lead, selenium, and zinc in human and pet foods. AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
- AOAC Official Method 999.11. Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc In Food. AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
- AOAC. Official Methods of Analysis Method. 2005. 18th ed.; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
- Arista, N. I. D. 2024. Karakteristik limbah pertanian dan dampaknya: mengapa pengelolaan ramah lingkungan penting ?. Waste Handling and Enviromental Monitoring, 1(2), 67-76. <https://doi.org/10.61511/whem.v1i2.2024.1204>

- Arnone, S., De Mei, M., Petrazzuolo, F., Musmeci, S., Tonelli, L., Salvicchi, A., ... dan Bonilauri, P. 2022. Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) as a high-potential agent for bioconversion of municipal primary sewage sludge. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(43), 64886-64901. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20250-w>
- ASEAN Manual of Nutrient Analysis. 2011. Determination Of Cholesterol by Gas Chromatography Method, pp.165-168.
- Ayuti, S. R., Purnama, H. R., Azhari, A., Isa, M., Helmi, T. Z., Novita, A., ... dan Makmur, A. 2022. Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa (*Cocos nucifera* L) Fermentasi pada Pakan terhadap Persentase Karkas dan Kadar Lemak Ayam Broiler. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 24(3), 288-297. <https://doi.org/10.25077/jpi.24.3.288-297.2022>
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. SNI 01-4320-1996. SNI Serbuk minuman tradisional.
- 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. *J Insects as Food Feed* 3(2):105–120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
- Bekker, N. S., Heidelbach, S., Vestergaard, S. Z., Nielsen, M. E., Riisgaard-Jensen, M., Zeuner, E. J., ... dan Eriksen, N. T. 2021. Impact of substrate moisture content on growth and metabolic performance of black soldier fly larvae. *Waste Management*, 127, 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.028>
- Bellezza Oddon, S., Biasato, I., Resconi, A., dan Gasco, L. 2022. Determination of lipid requirements in black soldier fly through semi-purified diets. *Scientific Reports*, 12(1), 10922. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14290-y>
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Marais, J., Dhanani, K., dan Hoffman, L. C. 2021. Food safety of consuming black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: Microbial, heavy metal and cross-reactive allergen risks. *Foods*, 10(8), 1934. <https://doi.org/10.3390/foods10081934>
- Bogevik, A. S., Seppänen-Laakso, T., Samuelsen, T. A., dan Thoresen, L. 2022. Fractionation of oil from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(5), 2100252. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202100252>

- Bohm, K., Hatley, G. A., Robinson, B. H., dan Gutiérrez-Ginés, M. J. (2022). Black Soldier Fly-based bioconversion of biosolids creates high-value products with low heavy metal concentrations. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106149. [10.1016/j.resconrec.2021.106149](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106149)
- Boukid, F., Riudavets, J., del Arco, L., dan Castellari, M. 2021. Impact of Diets Including Agro-Industrial By-Products on the Fatty Acid and Sterol Profiles of Larvae Biomass from *Ephestia kuehniella*, *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*. *Insects*, 12, 672. <https://doi.org/10.3390/insects12080672>
- BPOM. 2022. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan. Jakarta: BPOM RI.
- Broeckx, L., Frootinckx, L., Slegers, L., Berrens, S., Noyens, I., Goossens, S., ... dan Van Miert, S. 2021. Growth of black soldier fly larvae reared on organic side-streams. *Sustainability*, 13(23), 12953. <https://doi.org/10.3390/su132312953>
- Bruno, D., Bonacci, T., Reguzzoni, M., Casartelli, M., Grimaldi, A., Tettamanti, G., dan Brandmayr, P. 2020. An in-depth description of head morphology and mouthparts in larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Arthropod structure and development*, 58, 100969. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2020.100969>
- Bulak, P., Polakowski, C., Nowak, K., Waśko, A., Wiącek, D., Bieganski, A., 2018. *Hermetia illucens* as a new and promising species for use in entomoremediation. *Sci. Total Environ.* 633, 912–919. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.252>
- Caivano, I., Pucciarelli, V., Franco, A., Lomonaco, G., Chiumminto, L., Rossano, R., ... dan Falabella, P. 2025. From insect lipids to biodiesel through the bioconversion process of vegetable by-products. *Journal of Environmental Management*, 393, 126976. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126976>
- da Silva, G. D. P., dan Hesselberg, T. 2020. A review of the use of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), to compost organic waste in tropical regions. *Neotropical entomology*, 49(2), 151-162. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00719-z>

- Danieli, P. P., Lussiana, C., Gasco, L., Amici, A., dan Ronchi, B. 2019. The effects of diet formulation on the yield, proximate composition, and fatty acid profile of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae intended for animal feed. *Animals*, 9(4), 178. <https://doi.org/10.3390/ani9040178>
- Deruytter, D., Gasco, L., Yakti, W., Katz, H., Coudron, C. L., Gligorescu, A., ... dan Bosch, G. 2023. Standardising black soldier fly larvae feeding experiments: an initial protocol and variability estimates. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(10), 1685-1696. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230008>
- Dortmans BMA, Diener S, Verstappen BM, dan Zurbrügg C. 2017. Eawag black soldier fly biowaste processing- step by step guide. Eawag Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland
- Duan, Y., Gong, K., Xu, S., Zhang, F., Meng, X., dan Han, J. 2022. Regulation of cholesterol homeostasis in health and diseases: from mechanisms to targeted therapeutics. *Signal transduction and targeted therapy*, 7(1), 265. ; <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01125-5>
- Eggink, K. M., Donoso, I. G., dan Dalsgaard, J. 2023. Optimal dietary protein to carbohydrate ratio for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(6), 789-798. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0102>
- Eriksen, N. T. 2022. Dynamic modelling of feed assimilation, growth, lipid accumulation, and CO2 production in black soldier fly larvae. *PLoS One*, 17(10), e0276605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276605>
- Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., dan 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. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.014>
- FAO. 2025. Crops and Livestock Products Coconut 2025. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Feng, X., Prates, L., Wajizah, S., Munawar, A. A., dan Yu, P. 2023. Effects of fermentation on protein profile of coffee by-products and its relationship with internal protein structure measured by vibrational spectroscopy. *Animal Bioscience*, 36(8), 1190-1198 August 2023. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0469>

- Grossule, V., Henjak, M., Beggio, G., dan Tomberlin, J. K. 2025. Biowaste treatment using black soldier fly larvae: Effect of substrate macronutrients on process performance. *Journal of Environmental Management*, 373, 123605. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123605>
- Hurtado-Ribeira, R., Villanueva-Bermejo, D., García-Risco, M.R., Hernández, M.D., Sánchez-Muros, M.J., Fornari, T., Vázquez, L., dan Martin, D. 2023. Evaluation of the interrelated effects of slaughtering, drying, and defatting methods on the composition and properties of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fat. *Curr Res Food Sci* 7. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100633>.
- Ifa, L., Wiyani, L., Nurdjannah, N., Ghalib, A. M. T., Ramadhaniar, S., dan Kusuma, H. S. 2021. Analysis of bentonite performance on the quality of refined crude palm oil's color, free fatty acid and carotene: the effect of bentonite concentration and contact time. *Heliyon*, 7(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07230>
- Intayung, D., Chundang, P., Srikachar, S., dan Kovitvadhi, A. 2021. Ontogenic development of the digestive enzymes and chemical composition of *Hermetia illucens* larvae of different ages. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(7), 665-673. <https://doi.org/10.1111/eea.13063>
- Irmayanti, I., Mahanani, A. A., Said, N. S., Sarman, A. P., dan Suardi, S. 2024. Nutrition Mass of Fermented Coconut Pulp with Rumen Fluid as Poultry Feed. *Jurnal Peternakan*, 21(1), 74-80. <http://dx.doi.org/10.24014/jupet.v21i1:26340>
- Jucker, C., Erba, D., Leonardi, M. G., Lupi, D., dan Savoldelli, S. 2017. Assessment of vegetable and fruit substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Environmental entomology*, 46(6), 1415-1423. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx154>
- Kabutey, A., Herák, D., dan Mizera, Č. 2022. Determination of Maximum Oil Yield, Quality Indicators and Absorbance Spectra of Hulled Sunflower Seeds Oil Extraction under Axial Loading. *Foods*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/foods11182866>

- Khairuddin, D., Ghafar, S. N. A., dan Hassan, S. N. F. 2022. Food waste type and moisture content influence on the *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development and Survival. In *IOP conference series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1022, No. 1, p. 012076). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1022/1/012076>
- Kierończyk, B., Sypniewski, J., Mikołajczak, Z., Rawski, M., Pruszyńska-Oszmałek, E., Sassek, M., ... dan Józefiak, D. 2022. Replacement of soybean oil with cold-extracted fat from *Hermetia illucens* in young turkey diets: Effects on performance, nutrient digestibility, selected organ measurements, meat and liver tissue traits, intestinal microbiota modulation, and physiological and immunological status. *Animal Feed Science and Technology*, 286, 115210. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115210>
- Kießling, M., Franke, K., Heinz, V., dan Aganovic, K. 2023. Relationship between substrate composition and larval weight: a simple growth model for black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(8), 1027-1036. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0096>
- Klingel, T., Kremer, J. I., Gottstein, V., Rajcic de Rezende, T., Schwarz, S., dan Lachenmeier, D. W. 2020. A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European Union. *Foods*, 9(5), 665. <https://doi.org/10.3390/foods9050665>
- Latief, M. F., Amal, I., dan Aini, F. N. 2023. Analisis Kualitas Nutrisi Konsentrat Pakan Sapi Potong Dengan Variasi Waktu Pencampuran Pakan Menggunakan Mixer Vertical. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 6(2).
- Li, L. H., Dutkiewicz, E. P., Huang, Y. C., Zhou, H. B., dan Hsu, C. C. 2019. Analytical methods for cholesterol quantification. *Journal of food and drug analysis*, 27(2), 375-386. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.09.001>
- Li, X., Xin, Y., Mo, Y., Marozik, P., He, T., dan Guo, H. 2022. The bioavailability and biological activities of phytosterols as modulators of cholesterol metabolism. *Molecules*, 27(2), 523. <https://doi.org/10.3390/molecules27020523>

- Liland, N. S., Biancarosa, I., Araujo, P., Biemans, D., Bruckner, C. G., Waagbø, R., ... dan Lock, E. J. 2017. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. *PloS one*, 12(8), e0183188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183188>
- Mai, H. C., Dao, N. D., Lam, T. D., Nguyen, B. V., Nguyen, D. C., dan Bach, L. G. 2019. Purification Process, Physicochemical Properties, and Fatty Acid Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) Larvae Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(11), 1303–1311. <https://doi.org/10.1002/AOCS.12263>
- Manual of Methods of Analysis of Foods Metals. ICP OES Method. Page 15-16.
- Masir, U., Fausiah, A., dan 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.
- Matthäus, B., Piofczyk, T., Katz, H., dan Pudiel, F. 2019. Renewable resources from insects: exploitation, properties, and refining of fat obtained by cold-pressing from *Hermetia illucens* (Black Soldier Fly) larvae. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(7), 1800376. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800376>
- Mohd-Noor, S. N., Wong, C. Y., Lim, J. W., Mah-Hussin, M. I. A., Uemura, Y., Lam, M. K., ... dan Tham, L. 2017. Optimization of self-fermented period of waste coconut endosperm destined to feed black soldier fly larvae in enhancing the lipid and protein yields. *Renewable Energy*, 111, 646-654. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.067>
- Monita, L., Sutjahjo, S. H., Amin, A. A., dan Fahmi, M. R. 2017. Pengolahan sampah organik perkotaan menggunakan larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(3), 227-234.
- Nyakeri, E. M., Ayieko, M. A., Amimo, F. A., Salum, H., dan Ogola, H. J. O. 2019. An optimal feeding strategy for black soldier fly larvae biomass production and faecal sludge reduction. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(3), 201-214. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0017>

- Oonincx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA. 2019. Correction: Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS ONE 14(10):e0222043. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222043>
- Ospina-Granobles, K., dan Carrejo-Gironza, N. 2021. Efficiency of Bioconversion of Coffee Pulp using *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 44(1). <https://doi.org/10.47836/pjtas.44.1.14>
- Pliantiangtam, N., Chundang, P., dan Kovitvadhi, A. 2021. Growth performance, waste reduction efficiency and nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and prepupae reared on coconut endosperm and soybean curd residue with or without supplementation. *Insects*, 12(8), 682. <https://doi.org/10.3390/insects12080682>
- Rasdi, F. L. M., Ishak, A. R., Hua, P. W., Shaifuddin, S. N. M., Dom, N. C., Kari, Z. A., ... dan Rashid, R. I. M. 2023. Evaluating the growth and development of Black Soldier Fly (BSF) (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) larvae reared on different agricultural waste materials. *Serangga*, 28(1): 55-68. ISSN 1394-5130.
- Ravi H. K, Degrou A, Costil J, Trespeuch C, Chemat F, Abert Vian M. 2020. Larvae mediated valorization of industrial, agriculture and food wastes: biorefinery concept through bioconversion, processes, procedures, and products. *Processes* 8:857. <https://doi.org/10.3390/pr8070857>
- Salahuddin, M., Abdel-Wareth, A. A., Hiramatsu, K., Tomberlin, J. K., Luza, D., dan Lohakare, J. 2024. Flight toward sustainability in poultry nutrition with black soldier fly larvae. *Animals*, 14(3), 510. <https://doi.org/10.3390/ani14030510>
- Saripudin, A., Nurpauza, S., Ayuningsih, B., Hernaman, I., dan Tarmidi, A. R. 2019. Fermentabilitas dan pencernaan ransum domba yang mengandung limbah roti secara in vitro. *Jurnal Agripet*, 19(2), 85-90. <https://doi.org/10.17969/agripet.v19i2.14120>
- Savika, T., Anisa, S., Jati, D. R., dan Apriani, I. 2023. Potensi Produksi Bersih Minimasi Limbah Industri Minyak Kelapa Murni (VCO) Menjadi Herbisida Ramah Lingkungan dan Tepung Ampas Kelapa. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), 855-862.

- Shumo, M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K., Subramanian, S., Ekese, S., ... dan Borgemeister, C. 2019. Influence of temperature on selected life-history traits of black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared on two common urban organic waste streams in Kenya. *Animals*, 9(3), 79. <https://doi.org/10.3390/ani9030079>
- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Yuwono, N. W., Mategeko, B., ... dan Nagdalian, A. 2022. Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management*, 140, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.044>
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Obyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., ... dan De Smet, S. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594-2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Srisuksai, K., Limudomporn, P., Kovitvadhi, U., Thongsuwan, K., Imaram, W., Lertchaiyongphanit, R., ... dan Fungfuang, W. 2024. Physicochemical properties and fatty acid profile of oil extracted from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Veterinary world*, 17(3), 518-526. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.518-526>
- Sudarmi, N., Aswandi, A., dan Mofu, B. 2020. Peningkatan Kualitas Ampas Kelapa melalui Fermentasi dengan Suplemen Organik Cair sebagai Pakan Ayam Kampung. *Wahana Peternakan*, 4(2), 333-336.
- Tognocchi, M., Abenaim, L., Adamaki-Sotiraki, C., Athanassiou, G. C., Rumbos, I. C., Mele, M., ... dan Conte, G. 2024. Effect of different diet composition on the fat profile of two different black soldier fly larvae populations. *Animal*, 18(7), 101205. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101205>
- Truzzi, C., Illuminati, S., Girolametti, F., Antonucci, M., Scarponi, G., Ruschioni, S., ... dan Annibaldi, A. 2019. Influence of feeding substrates on the presence of toxic metals (Cd, Pb, Ni, As, Hg) in larvae of *Tenebrio molitor*: Risk assessment for human consumption. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 4815.

- Vargas-Serna, C. L., Pineda-Osorio, A. N., Gallego-Ocampo, H. L., Plaza-Dorado, J. L., dan Ochoa-Martínez, C. I. 2025. Transforming Coffee and Meat By-Products into Protein-Rich Meal via Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 17(2), 460. <https://doi.org/10.3390/su17020460>
- Yin, J. J., Huang, H., Jiang, X. M., Guo, X. Y., Pan, B., Gao, P., ... dan He, D. P. 2024. Coconut oil research: past, present, and future directions. *Food Health*, 6(1), 5. <https://doi.org/10.53388/FH2024005>
- Yuan, L., Zhang, F., Jia, S., Xie, J., dan Shen, M. 2020. Differences between phytosterols with different structures in regulating cholesterol synthesis, transport and metabolism in Caco-2 cells. *Journal of Functional Foods*, 65, 103715. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103715>
- Zargustin, D., Harmaidi, D., Nurwati, N., dan Susi, N. 2025. Analysis of Indonesian Coffee Production, Area, and Consumption Trends in 2022-2026: Opportunities and Challenges in Maintaining the Sustainability of the National Coffee Sector. *Enrichment: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 2(12), 1476-1481.