

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang disajikan merupakan hasil pengujian BSFLO yang diberi perlakuan persentase pakan berbeda dan telah melalui proses purifikasi yang dianalisis dengan parameter profil asam lemak, visual warna, viskositas, uji *ranking*, dan uji hedonik. Data pengujian ditampilkan dalam bentuk visual dan tabel untuk setiap parameter dengan pembahasan sebagai berikut.

4.1 Hasil Pengujian Profil Asam Lemak BSFLO

Pengujian asam lemak bertujuan untuk mengetahui profil asam lemak dari BSFLO yang diperoleh dari 4 perlakuan pakan. Hasil pengujian profil asam lemak terdiri dari asam lemak jenuh (*saturated fatty acid*), asam lemak tak jenuh tunggal (*monounsaturated fatty acid*), dan asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acid*). Hasil profil asam lemak dari BSFLO dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan BSFLO dalam berbagai bidang seperti pada bidang pangan, kosmetik, farmasi, dan biodiesel. Berikut merupakan hasil pengujian profil asam lemak BSFLO yang diperoleh.

Tabel 5. Hasil Pengujian Profil Asam Lemak BSFLO

Komposisi Asam Lemak	Konsentrasi (%)			
	Kontrol	KLKP 50/20	KLKP 45/25	KLKP 40/30
Asam Lemak Jenuh (<i>Saturated Fatty Acid</i> (SFA))				
C 8:0 (Asam Kaprilat)	0,016	0,035	0,030	0,043
C 10:0 (Asam Kaprat)	0,695	0,767	0,749	1,077
C 11:0 (Asam Undekanoat)	0,023	0,018	0,017	0,017
C 12:0 (Asam Laurat)	39,619	34,932	34,350	35,583
C 13:0 (Asam Tridekanoat)	0,030	0,029	0,028	0,023
C 14:0 (Asam Miristat)	8,138	10,021	9,980	8,699
C 15:0 (Asam Pentadekanoat)	0,038	0,068	0,063	0,062
C 16:0 (Asam Palmitat)	19,908	20,751	21,421	20,892
C 17:0 (Asam Heptadekanoat)	0,037	0,084	0,074	0,085
C 18:0 (Asam Stearat)	2,363	2,841	3,045	3,397
C 20:0 (Asam Arakidat)	0,124	0,105	0,112	0,135
C 22:0 (Asam Behenat)	nd	0,006	0,008	nd
	*($<0,00138$)			*($<0,00138$)
TOTAL SFA	70,991	69,657	69,877	70,013
Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal (<i>Monounsaturated Fatty Acid</i>/MUFA)				
Asam Lemak Omega 9 / C 18:1 W9C (C-Asam Oleat)	17,939	18,414	18,694	18,754
C 14:1 (Asam Mirisroleat)	0,222	0,186	0,180	0,122
C 15:1 (Asam Pentadekenoat)	nd	0,007	0,006	nd
	*($<0,00164$)			*($<0,00164$)
C 16:1 (Asam Palmitoleat)	4,258	3,108	3,092	2,383
C 17:1 (Asam Heptadekenoat)	0,038	0,084	0,084	0,059
C 22:1 (Asam Erukat)	nd	0,003	0,003	0,010
	*($<0,00147$)			
TOTAL MUFA	22,457	21,802	22,059	21,328
Asam Lemak Tak Jenuh Ganda (<i>Polyunsaturated Fatty Acid</i>/PUFA)				
Asam Lemak Omega-3 (W3)				
C 18:3 W3 (Asam Linolenat / W3)	0,322	0,531	0,490	0,576
C 20:5 W3 (Asam Eikosapentaenoat) / EPA	0,020	0,009	0,008	0,010
C 22:6 W3 (Asam Dokosaheksanoat) / DHA	0,055	0,006	0,007	0,010
TOTAL	0,397	0,546	0,505	0,596
Asam Lemak Omega-6 (W6)				
C 18:2 W6 (Asam Linoleat / W6)	6,022	7,685	7,372	7,917
C 20:4 W6 (Asam Arakidonat) / AA	0,074	0,045	0,050	0,047
TOTAL	6,096	7,730	7,422	7,964

Komposisi Asam Lemak	Konsentrasi (%)			
	Kontrol	KLKP 50/20	KLKP 45/25	KLKP 40/30
TOTAL PUFA	6,493	8,276	7,927	8,560
TOTAL UFA	28,950	30,078	29,986	29,888

Keterangan:

Kontrol : limbah roti 100%;

KLKP 50/20 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 50%, dan kulit kopi 20%;

KLKP 45/25 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 45%, dan kulit kopi 25%;

KLKP 40/30 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 40%, dan kulit kopi 30%;

* : *limit of detection* (LoD).

Berdasarkan hasil pengujian profil asam lemak yang diperoleh dari sampel BSFLO dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan profil asam lemak dari masing-masing sampel dengan adanya perlakuan pakan. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa perlakuan kontrol (100% limbah roti) memiliki total asam lemak jenuh (SFA) tertinggi yaitu sebesar 70,991% diikuti perlakuan KLKP 40/30 sebesar 70,013%, KLKP 45/25 sebesar 69,877%, dan KLKP 50/20 sebesar 69,657%. Komposisi SFA pada BSFLO terdiri dari asam kaprilat (C8:0), asam kaprat (C10:0), asam undekanoat (C11:0), asam laurat (C12:0), asam tridekanoat (C13:0), asam miristat (C14:0), asam pentadekanoat (C15:0), asam palmitat (C16:0), asam heptadekanoat (C17:0), asam stearat (C18:0), asam arakidat (C20:0), dan asam behenat (C22:0).

Komposisi asam laurat (C12:0), asam palmitat (C16:0), asam miristat (C14:0), dan asam stearat (C18:0) merupakan proporsi terbesar asam lemak jenuh pada BSFLO. Hal ini sesuai dengan pendapat Xiong *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa BSFLO mengandung asam lemak jenuh utama berupa asam laurat (C12:0) dan asam palmitat (C16:0). Penelitian yang dilakukan oleh Ewald *et al.* (2020) juga menyatakan bahwa sebagian besar serangga termasuk BSFL ditemukan dapat

mensintesis asam miristat (C14:0), asam palmitat (C16:0), dan asam stearat (C18:0) terlepas dari asam lemak yang terkandung di dalam substrat pakan.

Keempat jenis SFA tersebut menunjukkan perbedaan persentase antar perlakuan. Asam laurat (C12:0) tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol (100% limbah roti) yaitu sebesar 39,619%, perlakuan KLKP 40/30 sebesar 35,583%, KLKP 50/20 sebesar 34,932%, dan KLKP 45/25 sebesar 34,350%. Asam miristat (C14:0) tertinggi terdapat pada perlakuan KLKP 50/20 yaitu sebesar 10,021% diikuti oleh KLKP 45/25 sebesar 9,980%, KLKP 40/30 sebesar 8,699%, dan terendah pada perlakuan kontrol (100% limbah roti) sebesar 8,138%. Asam palmitat (C16:0) tertinggi terdapat pada KLKP 45/25 yaitu sebesar 21,421% diikuti oleh KLKP 40/30 sebesar 20,892%, KLKP 50/20 sebesar 20,751%, dan terendah pada perlakuan kontrol (100% limbah roti) sebesar 19,908%. Asam stearat (C18:0) tertinggi terdapat pada perlakuan KLKP 40/30 yaitu sebesar 3,397% diikuti oleh KLKP 45/25 sebesar 3,045%, KLKP 50/20 sebesar 2,841%, dan terendah pada perlakuan kontrol (100% limbah roti) sebesar 2,363%. Kandungan asam laurat tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol dan semakin menurun pada perlakuan KLKP 50/20, 45/25, dan 40/30.

Kandungan lemak dalam BSFL tidak hanya berasal dari akumulasi pakan namun, BSFL akan memanfaatkan karbohidrat yang terdapat dalam pakan untuk mensintesis asam laurat. Hal ini berkaitan dengan kandungan nutrisi pakan pada perlakuan kontrol menggunakan 100% limbah roti yang tinggi karbohidrat. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ewald *et al.* (2020) menunjukkan bahwa larva dengan kandungan asam laurat tertinggi diperoleh pada perlakuan pakan berupa roti

karena larva dapat mensintesis asam laurat dari karbohidrat yang terkandung dalam substrat. Karbohidrat yang terdapat dalam substrat pakan akan dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh sistem pencernaan BSFL.

Senyawa yang lebih sederhana akan memasuki tahap glikolisis menghasilkan asetil-CoA, asetil-CoA akan diuraikan oleh enzim asetil-CoA Karboksilase (ACC) menjadi malonil-CoA. Malonil-CoA akan diubah menjadi asam lemak jenuh dengan dominasi asam laurat oleh enzim *fatty acid synthase* dan thioesterase yang terdapat dalam tubuh BSFL (Hoc *et al.*, 2020). Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Seyedalmoosavi *et al.* (2022) menyatakan bahwa sebagian besar asam lemak yang terdapat dalam substrat pakan diubah menjadi asam laurat (C12:0) yang merupakan asam lemak paling dominan pada BSFL.

Kandungan asam miristat (C14:0), asam palmitat (C16:0), dan asam stearat (C18:0) menunjukkan pola yang semakin meningkat dari perlakuan kontrol, berbeda dengan asam laurat (C12:0) yang menunjukkan pola semakin menurun. Hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang terdapat dalam pakan. Asam miristat (C14:0) dengan kandungan tertinggi diperoleh pada perlakuan KLKP 50/20 dan menunjukkan pola yang semakin menurun pada KLKP 45/25 dan 40/30. Perlakuan KLKP 50/20 memiliki kandungan asam miristat (C14:0) tertinggi karena menggunakan substrat pakan ampas kelapa dengan proporsi paling besar yaitu 50%. Ampas kelapa diketahui memiliki kandungan asam miristat sebesar 22,38%, kandungan asam miristat ini akan memengaruhi asam lemak dalam BSFLO (Visali *et al.*, 2024). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Li *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa larva dengan pakan minyak kelapa yang tinggi

akan asam laurat, miristat, dan palmitat menunjukkan bahwa larva yang dihasilkan juga tinggi akan kandungan asam laurat, miristat, dan palmitat.

Asam palmitat (C16:0) dan asam stearat (C18:0) memiliki hasil yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya persentase kulit kopi sebagai substrat pakan. Kandungan asam palmitat dalam BSFLO tidak hanya berasal dari akumulasi kandungan asam lemak yang terdapat dalam pakan, namun BSFL mampu mensintesis sekitar 50% asam palmitat dalam tubuhnya (Hoc *et al.*, 2020). Proses sintesis asam palmitat dalam BSFL berhubungan dengan kandungan asam linoleat yang terkandung dalam substrat pakan. Asam linoleat dalam substrat pakan akan mengalami β -oksidasi menjadi asetil-CoA, asetil-CoA akan diubah menjadi malonil-CoA dengan adanya aktivitas enzim *fatty acid synthase* dan *elongation of very long chain fatty acids protein 6* (ELOVL6) yang menghasilkan asam palmitat (C16:0) serta hasil elongase berupa asam stearat (C18:0) (Li *et al.*, 2022; Kröncke *et al.*, 2023).

Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara kandungan asam linoleat dalam substrat pakan dengan asam palmitat (C16:0) dan asam stearat (C18:0) pada BSFLO. Hal tersebut relevan dengan pola yang menunjukkan bahwa semakin meningkatnya persentase kulit kopi pada KLKP 50/20, 45/25, dan 40/30 semakin meningkatkan kandungan asam palmitat dan asam stearat pada BSFLO. Kulit kopi diketahui mengandung asam lemak utama berupa asam linoleat dan asam palmitat masing-masing sebesar 48%-57% dan 26%-28% yang dapat mendukung sintesis asam lemak (Bobkova *et al.*, 2022; Bessada *et al.*, 2018; Mehari *et al.*, 2019).

Selain asam lemak jenuh, data yang diperoleh menunjukkan kandungan asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) yang terkandung dalam BSFLO. MUFA tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol (100% limbah roti) sebesar 22,457% diikuti oleh perlakuan KLKP 45/25 sebesar 22,059%, KLKP 50/20 sebesar 21,802% dan KLKP 40/30 sebesar 21,328%. Komposisi MUFA pada BSFLO terdiri dari asam lemak omega-9 atau asam oleat (C 18:1 W9C), asam mirisoleat (C14:1), asam pentadekenoat (C15:1), asam palmitoleat (C16:1), asam heptadekenoat (C17:1), dan asam erukat (C22:1). MUFA didominasi oleh asam oleat (C 18:1 W9C), asam mirisoleat (C14:1), dan asam palmitoleat (C16:1). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Chang *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa BSFLO mengandung MUFA berupa asam oleat (30,90%), asam palmitoleat (3,46%), dan asam mirisoleat (0,60%). Asam oleat menunjukkan pola yang semakin meningkat sedangkan untuk asam mirisoleat (C14:1) dan asam palmitoleat (C16:1) menunjukkan pola yang semakin menurun.

Kandungan asam oleat merupakan akumulasi dari asam oleat yang terkandung dalam substrat pakan. Roti diketahui memiliki asam oleat sebagai MUFA sebesar 24,53%. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa BSFL yang diberi pakan roti mengandung MUFA tertinggi berupa asam oleat sebesar 12,0% (Giaretta *et al.*, 2017; Ewald *et al.*, 2020). Kandungan asam oleat pada BSFLO terus meningkat dikarenakan adanya kombinasi pakan dari ampas kelapa dan kulit kopi yang terakumulasi pada BSFLO. Ampas kelapa dan kulit kopi masing-masing masih memiliki asam oleat (C18:1) sebesar 18,50% dan 0,24% (Luthfiah dan

Huda., 2020; Bobková *et al.*, 2022). Selain berasal dari akumulasi substrat pakan, asam oleat (C18:1) juga dapat berasal dari proses desaturasi asam stearat (C18:0).

Kandungan asam mirisoleat (C14:1) dan asam palmitoleat (C16:1) yang semakin menurun linier dengan semakin menurunnya kandungan karbohidrat pada substrat pakan untuk proses *de novo lipogenesis*. Selain itu, keberadaan ampas kelapa juga dapat menekan sintesis asam lemak oleh BSFL (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017). Asam mirisoleat (C14:1) dan asam palmitoleat (C16:1) pada BSFLO diketahui termasuk ke dalam jenis asam lemak yang dapat disintesis oleh BSFL (Ewald *et al.*, 2020). Asam mirisoleat (C14:1) dan asam palmitoleat (C16:1) terbentuk dari proses desaturasi asam miristat (C14:0) dan asam palmitat (C16:0) yang terdapat dalam BSFL. Penurunan kandungan asam mirisoleat (C14:1) dan asam palmitoleat (C16:1) kemungkinan juga dikarenakan asam palmitat hasil *de novo lipogenesis* lebih banyak digunakan untuk elongase pembentukan asam stearat (C18:0) dan desaturasi pembentukan asam oleat (C18:1) dibandingkan untuk pembentukan asam palmitoleat (C16:1).

Asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) yang terkandung dalam BSFLO tertinggi terdapat pada perlakuan KLKP 40/30 yaitu sebesar 8,560% diikuti oleh KLKP 50/20 sebesar 8,276%, KLKP 45/25 sebesar 7,927% dan perlakuan kontrol (100% limbah roti) 6,493%. Komposisi PUFA pada BSFLO terdiri dari asam linolenat (C 18:3 W3), asam eikosapentaenoat/EPA (C 20:5 W3), asam dokosaheksanoat/DHA (C 22:6 W3), asam linoleat (C 18:2 W6), dan asam arakidonat (C 20:4 W6). PUFA yang mendominasi BSFLO adalah asam linolenat (C 18:3 W3) dan asam linoleat (C 18:2 W6). Keduanya menunjukkan persentase

yang semakin meningkat dari perlakuan kontrol. Kandungan PUFA dalam BSFLO merupakan akumulasi dari kandungan PUFA yang terdapat dalam substrat pakan.

Hal tersebut linier dengan semakin meningkatnya proporsi kulit kopi yang digunakan. Kulit kopi diketahui mengandung asam linolenat sebesar 0,5%-1% dan asam linoleat 48%-57% yang dapat terakumulasi dalam BSFLO (Bobková *et al.*, 2022; Lestari *et al.*, 2022). BSFL tidak memiliki prekursor enzim untuk melakukan *de novo sintesis* asam lemak tak jenuh, oleh karenanya komposisi asam lemak tak jenuh dalam BSFLO sangat dipengaruhi oleh komposisi asam lemak yang terkandung dalam substrat pakan (Ewald *et al.*, 2020). Namun, berdasarkan proses metabolisme BSFL yang terdapat dalam penelitian Hoc *et al.* (2020) menunjukkan bahwa pembentukan asam linoleat (C 18:2 W6) dapat berasal dari proses desaturasi asam oleat (C18:1) oleh enzim Δ -12 desaturase dan asam linolenat (C 18:3 W3) berasal dari desaturase asam linoleat (C 18:2 W6) oleh enzim Δ -15 desaturase.

Profil asam lemak BSFLO yang diperoleh jika dibandingkan dengan referensi profil asam lemak BSFLO yang terdapat pada tabel 1 menunjukkan bahwa BSFLO didominasi oleh asam lemak rantai jenuh berupa asam laurat, miristat, palmitat, dan stearat. Perlakuan pakan dengan ampas kelapa dan kulit kopi menghasilkan BSFLO dengan kandungan asam lemak jenuh yang lebih rendah dibandingkan dengan referensi pada tabel 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian pakan ampas kelapa dan kulit kopi menghasilkan BSFLO dengan orientasi yang lebih baik.

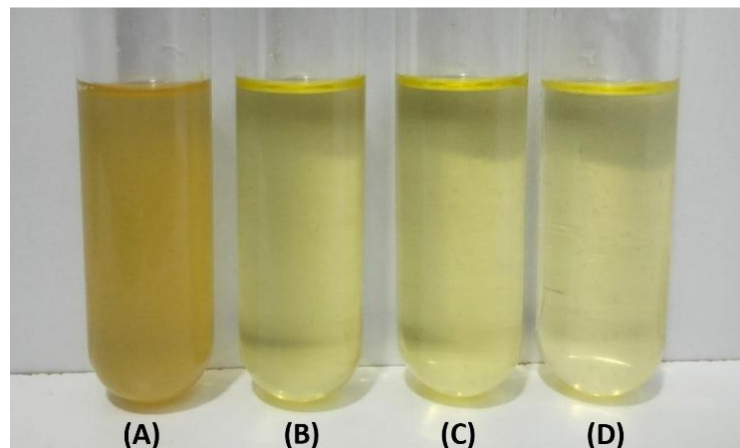
Berdasarkan karakteristik profil asam lemak, BSFLO didominasi oleh SFA berupa asam laurat sebagai asam lemak dengan konsentrasi tertinggi. Kandungan asam laurat pada BSFLO menyerupai minyak kelapa dan minyak inti sawit

(Verheyen *et al.*, 2020). BSFL yang tinggi akan kandungan asam laurat memiliki aktivitas antibakteri dan antimikroba sehingga kerap dimanfaatkan sebagai pakan ternak karena dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan pada ternak (Schiavone *et al.*, 2018). Berdasarkan beberapa penelitian, BSFLO juga dimanfaatkan sebagai pembuatan surfaktan, bahan baku kosmetik, biodiesel, dan salep (Verheyen *et al.*, 2020; Jung *et al.*, 2022; Afriani *et al.*, 2023).

Karakteristik BSFLO dengan kandungan asam lemak jenuh tinggi menjadikan BSFLO bersifat padat pada suhu ruang. Sifat tersebut kemudian digunakan sebagai pengganti sebagian mentega dalam produk roti pada suatu penelitian (Delicato *et al.*, 2020). Selain asam lemak jenuh, BSFLO juga memiliki asam oleat sebagai MUFA dan asam linoleat sebagai PUFA yang dominan. Hal ini menunjukkan bahwa BSFLO memiliki keseimbangan asam lemak yang cukup baik sehingga berkontribusi pada sifat stabilitas termal BSFLO (Chang *et al.*, 2025).

4.2 Hasil Pengujian Visual Warna BSFLO

Pengujian visual warna BSFLO bertujuan untuk memberikan data visual minyak yang diperoleh dari 4 perlakuan pakan. Hasil pengujian visual warna juga bertujuan untuk memperkuat data pengujian sensoris pada parameter warna kuning minyak. Berikut merupakan hasil pengujian visual warna BSFLO yang diperoleh.



Ilustrasi 7. Hasil Visual Warna BSFLO

Keterangan:

A: limbah roti 100% (kontrol);

B: limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 50%, dan kulit kopi 20%;

C: limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 45%, dan kulit kopi 25%;

D: limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 40%, dan kulit kopi 30%.

Berdasarkan hasil visual warna BSFLO, diperoleh bahwa perlakuan A atau kontrol (100% limbah roti) memiliki warna yang paling gelap dibandingkan perlakuan B, C, dan D. Perlakuan B serta C memiliki warna kuning cerah dibandingkan dengan perlakuan A, sedangkan perlakuan D memiliki warna kuning paling cerah dari seluruh perlakuan berdasarkan pengamatan visual. Warna kuning pada BSFLO disebabkan oleh keberadaan kompleks melanin-asam laurat. Pigmen melanin disintesis pada seluruh daur hidup BSFL mulai dari larva, prepupa hingga pupa (Ushakova *et al.*, 2017). Pigmen melanin yang menghasilkan warna cokelat pada BSFL tersedia dalam bentuk kompleks dengan asam laurat (C12:0) sebesar lebih dari 80%, sehingga pigmen dapat terdispersi dalam fase minyak dan memengaruhi visual warna serta kejernihan minyak (Patterson *et al.*, 2021).

Hal tersebut sesuai dengan hasil visual warna yang dihasilkan. Perlakuan A diketahui mengandung asam laurat tertinggi memiliki warna minyak yang paling kuning dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan B hingga perlakuan D memiliki asam laurat yang lebih rendah dari perlakuan A sehingga memiliki warna kuning minyak yang juga lebih cerah. Selain itu, warna minyak yang lebih gelap dari perlakuan A juga merupakan akumulasi pigmen melanoidin dari limbah roti karena adanya reaksi *maillard* selama proses pemanggangan. Melanoidin berperan penting terhadap pembentukan warna cokelat gelap pada produk (Pongsiriyakul *et al.*, 2024). Warna pada BSFLO dapat disebabkan oleh berbagai senyawa aktif warna akumulasi dari berbagai jenis pakan (Chew *et al.*, 2025).

Selain dari roti, limbah kulit kopi diketahui memiliki pigmen alami berupa antosianin dan karotenoid. Hal ini sesuai dengan pendapat Moreira *et al.* (2018) dan Esquivel *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa antosianin dan karotenoid (beta-karoten, lutein, dan astaxanthin) adalah senyawa mayoritas yang ditemukan dalam limbah kopi khususnya pada ampas dan kulit kopi. Antosianin dapat menghasilkan warna dari merah hingga ungu sedangkan karotenoid dapat memberikan warna kuning, oranye, dan merah cerah. Namun, keberadaan pigmen dalam limbah kulit kopi tersebut tidak memberikan pengaruh warna yang signifikan terhadap BSFLO.

Antosianin dan karotenoid memiliki karakteristik sangat tidak stabil atau mudah terdegradasi. Selama pemrosesan dan pada proses metabolisme BSFL, antosianin dan karotenoid menjadi senyawa fenolik tidak berwarna karena mengalami depolimerisasi atau oksidasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Khoo *et al.* (2017); Ngamwonglumlert *et al.* (2017); Bocker *et al.* (2022) yang menyatakan

bahwa antosianin dan karotenoid memiliki stabilitas yang buruk dan sensitivitas tinggi terhadap pH, suhu, cahaya, keberadaan senyawa fenolik dan enzim yang dapat menyebabkan oksidasi dan isomerisasi.

Ampas kelapa diketahui memiliki pigmen dalam jumlah yang sangat rendah. Pigmen berupa tanin dan antosianin terdapat pada *coconut testa* dan umumnya hanya terbawa dalam jumlah yang sangat kecil pada ampas kelapa, sehingga tidak memengaruhi warna BSFLO secara signifikan (Tiranissa *et al.*, 2024; Ramesh *et al.*, 2024). Selain warna, berdasarkan kejernihannya terlihat bahwa perlakuan A tampak memiliki kejernihan minyak yang paling rendah dibandingkan dengan seluruh perlakuan. Hal tersebut dipengaruhi oleh profil asam lemak dari perlakuan 100% roti yang tinggi SFA.

Minyak dengan kandungan SFA tinggi memiliki titik leleh lebih tinggi, dalam suhu ruang dapat membentuk kristal mikro yang dapat menghamburkan cahaya sehingga menyebabkan minyak tampak lebih keruh. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mukasa-Tebandeke *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa komponen asam lemak jenuh dalam minyak berkontribusi terhadap tingkat kekeruhan (*cloudiness/turbidity*) dan visual minyak karena memengaruhi hamburan cahaya. Sedangkan, minyak dengan kandungan asam lemak tak jenuh lebih tinggi memiliki titik leleh lebih rendah menyebabkan trigliserida tetap homogen dalam suhu ruang sehingga minyak tampak lebih jernih.

4.3 Hasil Pengujian Viskositas BSFLO

Pengujian viskositas BSFLO menjadi dasar untuk pemanfaatan BSFLO. Berdasarkan hasil uji, BSFLO memiliki nilai viskositas yang mirip dengan minyak kelapa dan minyak inti sawit pada suhu ruang. Berikut merupakan hasil uji viskositas BSFLO yang diperoleh.

Tabel 6. Hasil Pengujian Viskositas BSFLO

Sampel*	Viskositas (cP)
Kontrol	67,62 ± 2.094
KLKP 50/20	59,43 ± 0.985
KLKP 45/25	56,45 ± 2.990
KLKP 40/30	57,78 ± 4.742

Keterangan:

*Kontrol : limbah roti 100%;
KLKP 50/20 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 50%, dan kulit kopi 20%;
KLKP 45/25 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 45%, dan kulit kopi 25%;
KLKP 40/30 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 40%, dan kulit kopi 30%;
(n = 3).

Hasil pengujian viskositas menunjukkan bahwa perlakuan kontrol (100% limbah roti) memiliki viskositas tertinggi yaitu sebesar 67,62 cP diikuti oleh perlakuan KLKP 50/20 sebesar 59,43, KLKP 40/30 sebesar 57,78 cP serta KLKP 45/25 sebesar 56,45 cP. Hal ini dikarenakan perlakuan kontrol dengan 100% limbah roti memiliki komposisi SFA tertinggi dan UFA terendah dibandingkan sampel lainnya yang dapat dilihat pada tabel 5. Viskositas minyak akan meningkat jika memiliki tingkat kejenuhan asam lemak tinggi dan memiliki asam lemak tak jenuh yang rendah (Esipovich *et al.*, 2024). Hal tersebut dikarenakan asam lemak tak jenuh dapat mengurangi interaksi antarmolekul yang dapat menurunkan viskositas minyak (Tucki *et al.*, 2025).

Komposisi SFA yang terdapat pada perlakuan kontrol didominasi oleh asam lemak rantai menengah dan asam lemak rantai panjang C12 hingga C18. Minyak dengan dominasi asam lemak rantai panjang memiliki interaksi antarmolekul yang lebih tinggi dan lebih kuat karena memiliki berat molekul lebih tinggi, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan viskositas minyak (Chang *et al.*, 2025). Viskositas pada BSFLO memberikan pola yang semakin menurun. Jika dilihat dari komposisi SFA dan UFA BSFLO, penurunan viskositas dipengaruhi oleh kadar SFA dan UFA. Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel 5, kadar SFA menunjukkan pola yang semakin menurun sedangkan kadar UFA menunjukkan pola yang semakin meningkat. Minyak dengan kandungan SFA yang semakin menurun dan UFA yang semakin tinggi akan menurunkan viskositas minyak.

BSFLO dengan perlakuan KLKP memiliki nilai viskositas yang lebih rendah dari perlakuan kontrol. Hal ini dikarenakan BSFLO dengan perlakuan KLKP memiliki kandungan asam lemak tidak jenuh yang lebih tinggi. Asam lemak tidak jenuh yang terdapat dalam BSFLO akan menyebabkan lekukan pada rantai karbonnya sehingga menyebabkan molekul asam lemak tidak tersusun rapat sehingga gaya *van der waals* melemah dan menurunkan viskositas BSFLO. Hal ini sesuai dengan pendapat Wahyudi *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa minyak yang mengandung asam lemak tidak jenuh memiliki jarak yang lebar antarmolekulnya sehingga melemahkan gaya dispersi *london van der waals* yang berpengaruh terhadap penurunan nilai viskositas minyak menjadi lebih encer dan mudah mengalir.

Selain berdasarkan komposisi SFA dan UFA, viskositas BSFLO yang tinggi pada perlakuan kontrol juga berhubungan dengan visual warna BSFLO yang dihasilkan. Visual warna BSFLO pada perlakuan kontrol memiliki warna yang paling pekat dan keruh, hal tersebut menandakan BSFLO pada perlakuan kontrol masih mengandung zat pengotor yang berpengaruh terhadap peningkatan viskositas BSFLO. Hal ini sesuai dengan pendapat Rachmawati *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa keberadaan pengotor dalam minyak menyebabkan warna minyak keruh dan menjadi salah satu penyebab tingginya viskositas minyak. Jika dibandingkan dengan referensi yang terdapat pada tabel 3, BSFLO perlakuan kontrol dan KLKP memiliki nilai viskositas yang lebih rendah karena telah dipurifikasi dan substrat pakan yang diberikan terkontrol serta memiliki nutrisi yang baik.

Mengutip dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa viskositas pada suhu ruang (25°C) minyak kelapa dan minyak sawit masing-masing memiliki viskositas sebesar 53,00 cP dan 67,93 cP (Chang *et al.*, 2025). Viskositas minyak kacang kedelai berkisar antara 33,2 – 43,5 cP (Chaity *et al.*, 2021). Penelitian yang dilakukan Bassey (2024) menunjukkan viskositas dari minyak biji bunga matahari, minyak zaitun, dan minyak sawit sebesar 50,3 cP; 45,2 cP; dan 62,1 cP. Berdasarkan hasil pengujian viskositas dari BSFLO yang diperoleh, diketahui bahwa BSFLO memiliki viskositas yang cenderung mendekati atau mirip dengan viskositas minyak kelapa dan minyak sawit yang didominasi oleh asam lemak rantai menengah hingga panjang. Hal ini diperkuat oleh tabel 1 yang menunjukkan bahwa BSFLO memiliki profil asam lemak mirip dengan minyak kelapa.

4.4 Hasil Uji *Ranking* BSFLO

Uji *ranking* BSFLO bertujuan untuk mengetahui penilaian panelis terhadap BSFLO secara objektif untuk parameter warna kuning, aroma gurih, dan kekentalan. Berikut merupakan hasil uji *ranking* BSFLO yang diperoleh.

Tabel 7. Hasil Uji *Ranking* BSFLO

Sampel*	Warna Kuning**	Aroma Gurih**	Kekentalan**
Kontrol	$1,88 \pm 1,33^a$	$2,32 \pm 1,15^a$	$1,68 \pm 1,07^a$
KLKP 50/20	$2,40 \pm 0,65^b$	$2,08 \pm 1,12^a$	$2,52 \pm 1,01^b$
KLKP 45/25	$2,64 \pm 0,70^b$	$2,44 \pm 0,82^a$	$2,48 \pm 0,96^b$
KLKP 40/30	$3,12 \pm 1,30^c$	$3,16 \pm 1,14^b$	$3,32 \pm 0,85^c$

Keterangan:

*Kontrol : limbah roti 100%;

KLKP 50/20 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 50%, dan kulit kopi 20%;

KLKP 45/25 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 45%, dan kulit kopi 25%;

KLKP 40/30 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 40%, dan kulit kopi 30%.

**Hasil uji *ranking* di atas berdasarkan pada skala *ranking* 1 hingga 4, dengan *ranking* 1 tertinggi dan *ranking* 4 terendah (n = 25).

Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari hasil uji *ranking* 25 panelis tidak terlatih. Hasil rata-rata menunjukkan bahwa untuk parameter warna kuning perlakuan kontrol (100% limbah roti) dan perlakuan KLKP 40/30 memiliki hasil yang berbeda nyata terhadap sampel lainnya, sedangkan perlakuan KLKP 50/20 dan KLKP 45/25 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata satu sama lain. Perlakuan kontrol memiliki *ranking* sebesar 1,88; diikuti dengan perlakuan KLKP 50/20 sebesar 2,40; KLKP 45/25 sebesar 2,64; dan KLKP 40/30 sebesar 3,12. Berdasarkan hasil tersebut, perlakuan kontrol diketahui memiliki warna kuning yang paling pekat dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan KLKP 50/20 dan KLKP 45/25 memiliki intensitas warna kuning yang lebih rendah dari

perlakuan kontrol, sedangkan perlakuan KLKP 40/30 memiliki warna kuning dengan intensitas paling rendah dari seluruh perlakuan.

Hal tersebut sesuai dengan visual warna BSFLO yang terdapat pada ilustrasi 7. Ilustrasi 7 menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memiliki intensitas warna kuning paling pekat dan keruh, diikuti oleh perlakuan KLKP 50/20 dan KLKP 45/25 yang berwarna kuning cerah serta perlakuan KLKP 40/30 dengan warna kuning yang paling cerah. Parameter aroma gurih merujuk kepada persepsi aroma yang terkait dengan daging panggang atau goreng (Chang *et al.*, 2025). Berdasarkan hasil uji *ranking*, menunjukkan bahwa perlakuan KLKP 50/20 memiliki *ranking* tertinggi yaitu 2,08; diikuti oleh perlakuan kontrol 2,32; KLKP 45/25 sebesar 2,44; dan KLKP 40/30 sebesar 3,16. Perlakuan kontrol, KLKP 50/20 serta KLKP 45/25 tidak berbeda nyata satu sama lain namun, berbeda nyata dengan KLKP 40/30. Perlakuan KLKP 50/20 memiliki aroma gurih yang paling menonjol dibandingkan sampel yang lain karena pengaruh dari substrat pakan menggunakan ampas kelapa tertinggi sebanyak 50%.

Ampas kelapa tinggi akan kadar air dan asam lemak sehingga mudah teroksidasi menghasilkan aroma lebih tajam yang dapat memberikan aroma BSFLO lebih kuat. Proses oksidasi pada substrat pakan akan menghasilkan senyawa hidroperoksida yang terdekomposisi membentuk senyawa karbonil aktif. Senyawa tersebut akan berinteraksi dengan asam amino menghasilkan senyawa volatil. Senyawa volatil yang berkorelasi menghasilkan aroma gurih panggang pada produk BSFL adalah 3-metilbutanal dan 2-metilbutanal (Huseynli *et al.*, 2023). Kedua

senyawa volatil tersebut merupakan produk degradasi asam amino leusin dan isoleusin.

Asam amino mengalami reaksi transaminasi menjadi α -keto asam, mengalami dekarboksilasi menghasilkan aldehida volatil. Proses degradasi ini umumnya terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme menghasilkan 3-metilbutanal dari leusin dan 2-metilbutanal dari isoleusin sebagai senyawa aroma aktif (Chen *et al.*, 2022). Perlakuan KLKP 40/30 memiliki aroma gurih yang paling rendah karena menggunakan limbah kulit kopi tertinggi sebagai substrat pakan. Limbah kulit kopi mengandung senyawa fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan dan antimikroba sehingga dapat menghambat mikroba menghasilkan amina dan senyawa volatil lainnya yang berkontribusi terhadap bau gurih pada BSFLO (Castro-Díaz *et al.*, 2025).

Parameter kekentalan menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memiliki peringkat tertinggi yaitu sebesar 1,68 diikuti oleh perlakuan KLKP 45/25 sebesar 2,48; KLKP 50/20 sebesar 2,52; dan KLKP 40/30 sebesar 3,32. Perlakuan KLKP 50/20 serta KLKP 45/25 menunjukkan hasil tidak berbeda nyata satu sama lain. Namun, perlakuan KLKP 50/20 serta KLKP 45/25 berbeda nyata dengan perlakuan kontrol dan KLKP 40/30. Perlakuan kontrol memiliki *ranking* kekentalan pada peringkat pertama karena mengandung SFA dengan komposisi tertinggi dan UFA terendah yang dapat dilihat pada tabel 5.

Perlakuan KLKP 50/20, 45/25, dan 40/30 memiliki SFA yang lebih rendah serta UFA yang lebih tinggi dari perlakuan kontrol sehingga memiliki nilai viskositas yang lebih rendah. Perlakuan KLKP 40/30 memiliki *ranking* tertinggi

dan berbeda signifikan dengan seluruh sampel. Hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan asam lemak tak jenuh pada perlakuan KLKP 40/30 yang memiliki proporsi paling besar dari seluruh sampel. Asam lemak tak jenuh menyebabkan penurunan viskositas. Ikatan rangkap pada asam lemak tak jenuh akan menciptakan lekukan sehingga molekul tidak dapat tersusun rapat yang menyebabkan penurunan viskositas (Esipovich *et al.*, 2024).

4.5 Hasil Uji Hedonik BSFLO

Uji hedonik BSFLO bertujuan untuk mengetahui penilaian panelis terhadap BSFLO secara subjektif. Berdasarkan hasil uji hedonik dapat diketahui BSFLO yang paling disukai dan diterima oleh panelis.

Tabel 8. Hasil Uji Hedonik BSFLO

Sampel*	Warna Kuning**	Aroma Gurih**	Kekentalan**	Overall Kesukaan**
Kontrol	1,92 ± 1,12 ^a	2,56 ± 1,47 ^a	2,72 ± 0,94 ^a	2,32 ± 1,03 ^a
KLKP 50/20	3,68 ± 0,75 ^b	2,44 ± 1,12 ^a	3,84 ± 0,69 ^b	3,16 ± 0,99 ^b
KLKP 45/25	4,20 ± 0,71 ^c	2,56 ± 1,08 ^a	3,84 ± 0,90 ^b	3,48 ± 1,05 ^b
KLKP 40/30	4,04 ± 1,24 ^c	3,48 ± 1,16 ^b	3,64 ± 1,00 ^b	3,64 ± 1,25 ^b

Keterangan:

*Kontrol : limbah roti 100%;

KLKP 50/20 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 50%, dan kulit kopi 20%;

KLKP 45/25 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 45%, dan kulit kopi 25%;

KLKP 40/30 : limbah roti 15%, ampas tahu 15%, ampas kelapa 40%, dan kulit kopi 30%.

**Hasil uji hedonik di atas berdasarkan pada skala penilaian 1 hingga 5 dengan (1) sangat tidak suka, (2) tidak suka, (3) cukup suka, (4) suka, dan (5) sangat suka (n = 25).

Hasil uji hedonik menggunakan skala 1-5 yakni sangat tidak suka hingga sangat suka. Parameter warna kuning pada perlakuan kontrol memiliki rata-rata penilaian 1,92 atau sangat tidak suka; diikuti oleh perlakuan KLKP 50/20 sebesar

3,68 atau cukup suka; KLKP 45/25 dan KLKP 40/30 masing-masing 4,20 dan 4,04 atau suka. Perlakuan kontrol menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan KLKP 50/20, 45/25, dan 40/30. Begitu pula dengan perlakuan KLKP 50/20 serta KLKP 45/25 berbeda nyata satu sama lain namun, perlakuan KLKP 45/25 tidak berbeda nyata dengan KLKP 40/30. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa minyak dengan warna kuning yang lebih cerah cenderung lebih disukai oleh panelis.

Hal tersebut sesuai dengan hasil visual warna bahwa perlakuan KLKP 50/20, 45/25, dan 40/30 berturut-turut memiliki warna kuning yang lebih cerah dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Penelitian yang dilakukan oleh Temelkovska *et al.* (2023) dan Ayustaningwarno *et al.* (2024) juga menyatakan bahwa minyak dengan warna kuning cerah keemasan seperti pada minyak kelapa sawit lebih diterima dan disukai oleh panelis dibandingkan minyak dengan warna yang jernih maupun minyak dengan warna lebih gelap hingga kecokelatan.

Parameter aroma gurih merujuk kepada persepsi aroma yang terkait dengan daging panggang atau goreng. Rata-rata penilaian hedonik parameter aroma gurih untuk perlakuan KLKP 40/30 memiliki penilaian tertinggi yaitu sebesar 3,48 atau cukup suka dengan signifikansi berbeda nyata dengan seluruh perlakuan. Perlakuan kontrol, KLKP 50/20, dan KLKP 45/25 tidak berbeda signifikan satu sama lain dengan masing-masing memiliki nilai sebesar 2,56; 2,44; dan 2,56 atau cenderung tidak disukai oleh panelis. Perlakuan KLKP 40/30 memiliki aroma gurih yang cenderung lebih disukai oleh panelis dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang memiliki aroma gurih lebih kuat atau menyengat berdasarkan hasil dari uji *ranking*

pada tabel 7. Hal ini sesuai dengan pendapat Chang *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa aroma yang begitu kuat pada BSFLO dapat menjadi hambatan sensoris dalam penerapan komersial BSFLO karena dianggap kurang menarik oleh konsumen terutama yang tidak terbiasa dengan produk berbasis serangga.

Perlakuan kontrol memiliki rata-rata penilaian kekentalan sebesar 2,72 atau cenderung tidak disukai oleh panelis dan berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya. Perlakuan KLKP 50/20, 45/25 serta 40/30 masing-masing memiliki rata-rata penilaian 3,84; 3,84, dan 3,64 atau cukup suka serta tidak berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan kontrol memiliki kekentalan paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya sehingga tidak disukai oleh panelis. Hal tersebut dikarenakan perlakuan kontrol memiliki kandungan SFA tertinggi dibandingkan sampel lainnya yang terdiri dari asam lemak rantai menengah hingga asam lemak rantai panjang (C12, C14, C16, dan C18) yang dapat memengaruhi kekentalan. Viskositas minyak akan meningkat jika memiliki tingkat kejenuhan asam lemak tinggi dengan dominasi asam lemak rantai panjang (Esipovich *et al.*, 2024).

Secara keseluruhan, hasil penilaian *overall* kesukaan pada keempat sampel menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memiliki nilai rata-rata terendah yaitu 2,32 dengan kriteria tidak suka dan signifikansi berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya. Sedangkan rata-rata penilaian dari perlakuan KLKP 50/20, 45/25, dan 40/30 masing-masing sebesar 3,16; 3,48; 3,64 dengan kriteria cukup suka dan memiliki signifikansi tidak berbeda nyata satu sama lain. Penilaian *overall* kesukaan ini diperoleh berdasarkan tingkat kesukaan dan penerimaan panelis terhadap seluruh atribut sensoris (Cavallo *et al.*, 2018).

Hasil penilaian *overall* kesukaan menunjukkan bahwa perlakuan KLKP dapat meningkatkan penerimaan produk BSFLO yang ditandai dengan tidak adanya perbedaan nyata antar perlakuan KLKP. Hal tersebut menunjukkan adanya kecenderungan penerimaan positif yang lebih baik oleh panelis terhadap sampel KLKP. Perlakuan KLKP diketahui memiliki warna kuning minyak yang lebih cerah, aroma gurih yang lebih minimal, dan kekentalan yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Karakteristik tersebut lebih disukai dan diterima oleh panelis untuk produk minyak sehingga meningkatkan *overall* kesukaan BSFLO dengan perlakuan KLKP.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Penggunaan ampas kelapa dan kulit kopi sebagai substrat pakan memengaruhi profil asam lemak, visual warna, viskositas, dan sensoris BSFLO. Perlakuan dengan ampas kelapa dan kulit kopi menghasilkan BSFLO dengan komposisi asam lemak jenuh yang lebih rendah dan asam lemak tak jenuh yang lebih tinggi sehingga menunjukkan adanya kecenderungan penerimaan yang lebih baik. BSFLO yang dihasilkan memiliki visual warna kuning cerah, viskositas yang mirip dengan minyak kelapa dan minyak sawit, serta penerimaan produk yang dapat diterima baik oleh panelis dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Perlakuan kontrol yang menggunakan limbah roti sepenuhnya memiliki asam lemak jenuh tertinggi yang dapat meningkatkan viskositas, visual warna kuning yang lebih gelap dan keruh, serta penerimaan produk BSFLO yang tidak disukai.

5.2 Saran

Perlunya dilakukan perlakuan awal berupa fermentasi dengan bahan tambahan seperti *effective microorganism* (EM4) agar dapat meningkatkan nilai nutrisi dan melunakkan substrat pakan sehingga lebih mudah untuk dicerna oleh BSFL. Variasi penggunaan limbah yang lebih beragam supaya dapat memenuhi kebutuhan nutrisi (protein, lemak, dan karbohidrat) yang lebih seimbang agar dapat

mendukung pertumbuhan *Black Soldier Fly Larvae* dengan baik sehingga dapat diperoleh produksi minyak lebih optimal. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menguji kekeruhan minyak, menganalisis senyawa minor seperti pigmen, senyawa volatil pembawa aroma, senyawa bioaktif dalam *Black Soldier Fly Larvae Oil* (BSFLO), dan pengujian keamanan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, Y., Rahayu, R., & Santoso, P. 2023. Fatty acid and hematology profile of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) maggot oil in wound healing. International Journal of Progressive Sciences and Technologies, 39(2), 429-433. doi:<http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v39.2.5523>.
- Agustin, S. R., Pinandoyo., & Herawati, V. E. 2017. Pengaruh waktu fermentasi limbah bahan organik (kotoran burung puyuh, roti afkir dan ampas tahu) sebagai pupuk untuk pertumbuhan dan kandungan lemak *Daphnia* sp. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan, 6(1), 653-668.
- Al-Qazzaz, M. F. A., Ismail, D., Akit, H., & Idris, L. H. 2016. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. Revista Brasileira de Zootecnia, 45(9), 518-523. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000900003>.
- AOAC. Analysis of Oil and Fat, Chapter 41. page 26-28, 2000.
- 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>.
- Ayu, G., Amini, H., dan Rohayat, A. 2023. Pengaruh media berbasis limbah organik terhadap pertumbuhan maggot (*Hermetia illucens*). Jurnal Life Science, 5(4): 25–31.
- Ayustaningwarno, F., Afifah, D.N., Anjani, G., Antika, R., Septiarini, D.R., Priciliya, A., Purwanti, R., Wijayanti, H.S., Razaq, A., Ayu, A.M., Katherinatama, A., dan Asikin, Y. 2024. Chemical and sensory quality of citrus-flavored vegetable oils. Discover Food <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00224-2>.

- Badan Pusat Statistik Indonesia. (6 Maret 2026). *Luas Areal Tanaman Perkebunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman, 2024*. Diakses pada 3 April 2026, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjU2NSMy/luas-areal-tanaman-perkebunan-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman.html>.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (6 Maret 2026). *Produksi Perkebunan Besar Tahunan Menurut Jenis Tanaman, 2024*. Diakses pada 3 April 2026, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjU2NCMy/-produksi-perkebunan-besar-tahunan-menurut-jenis-tanaman.html>.
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & Van Loon, J. J. A. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insect as Food and Feed*. 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>.
- Bassey, A. 2024. Assessing the temperature-viscosity relationship in locally sourced vegetable oils. *Global Multidisciplinary Journal*. 1-4.
- Beskin, K. V., Holcomb, C. D., Cammack, J. A., Crippen, T. L., Knap, A. H., Sweet, S. T., & Tomberlin, J. K. 2018. Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) impacts associated volatile emissions. *Waste Management*, 74, 213-220. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29397276/>.
- Bessada, S.M.F., Alves, R.C., Costa, A.S.G., Nunes, M.A., dan Oliveira, M.B.P.P. 2018. *Coffea canephora* silverskin from different geographical origins: a comparative study. *Sci. Total Environ.* 645, 1021–1028. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.201>.
- Bobkova, A., Polakova, K., Demianova, A., Belej, L., Bobko, M., Jurcaga, L., Galik, B., Novotna, I., Iriundo-DeHond, A., Castillo, M.D.D. 2022. Comparative analysis of selected chemical parameters of *Coffea arabica*,

from cascara to silverskin. *Foods*. 11, 1082.
<https://doi.org/10.3390/foods11081082>.

Bocker, R.; Silva, E.K. 2022. Pulsed electric field assisted extraction of natural food pigments and colorings from plant matrices. *Food Chem. X* 2022, 15, 100398. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100398>.

Caligiani, A., Marseglia, A., Sorci, A., Bonzanini, F., Lolli, V., Maistrello, L., et al. 2019. Influence of the killing method of the black soldier fly on its lipid composition. *Food Res. Int.* 116, 276–282.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.033>.

Castro-Díaz, R., Silva-Beltrán, N. P., Gámez-Meza, N., & Calderón, K. 2025. The antimicrobial effects of coffee and by-products and their potential applications in healthcare and agricultural sectors: a state-of-art review. *Microorganisms*,13(2),215.<https://doi.org/10.3390/microorganisms13020215>.

Cattaneo, A., Meneguz, M., & Dabbou, S. 2023. The fatty acid composition of black soldier fly larvae: the influence of feed substrate and applications in the feed industry. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(4), 533-558.
<https://doi.org/10.1163/23524588-20230068>.

Cavallo, C., Caracciolo, F., Cicia, G., dan Del Giudice, T. 2018. Extra-virgin olive oil: are consumers provided with the sensory quality they want? a hedonic price model with sensory attributes. *J Sci Food Agric* 98, 1591–1598.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.8633>.

Chaity, F. S., Bakar, S. I. M. A., Bhattacharjee, S. C., & Uddin, M. S. 2021. Evaluating the physicochemical and antimicrobial properties of soybean oil in consort with spectral and heavy metal content available in Chattogram, Bangladesh. *International Journal of Chemical Sciences*. 19(6), 1-11.

- Chang, K. A., Leong, S. Y., Chew, L. Y., Lim, C. Q., Lim, M. J., Ong, Z., & Chan, S. W. 2025. Physicochemical and perceived olfactory changes in black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil under domestic cooking temperatures. *Foods*, 14(13), 2333. <https://doi.org/10.3390/foods14132333>.
- Chen, C., Yuan, J., Yu, H., Wang, B., Huang, J. Yuan, H., Xu, Z., Zhao, S., & Tian, H. 2022. Characterization of metabolic pathways for biosynthesis of the flavor compound 3-methylbutanal by *Lactococcus lactis*. *Journal of Dairy Science*, 105(1), 97-108. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20779>.
- Chew, S. C., & Ali, M. A. 2021. Recent advances in ultrasound technology applications of vegetable oil refining. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 468-479. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.001>.
- Chew, W. S., Chan, S. W., Yeo, S. K., Lim, T. X. R., Leong, S. Y., & Chew, L. Y. 2025. Physicochemical properties, rheological properties, and storage stability of black soldier fly larvae oil-substituted mayonnaise. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-12. <https://doi.org/10.1163/23524588-bja10302>.
- Cicilia, A. P., & Susila, N. 2018. Potensi ampas tahu terhadap produksi maggot (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein pakan ikan. *Anterior Jurnal*, 18(1), 40-47.
- Danzi, D., Thomas, M., Cremonesi, S., Sadeghian, F., Staniscia, G., Andreolli, M., ... & Vandelle, E. 2025. Essential oil-based emulsions reduce bacterial canker on kiwifruit plants acting as antimicrobial and antivirulence agents against *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40538-025-00743-9>.
- Delicato, C.; Schouteten, J.J.; Dewettinck, K.; Gellynk, X.; Tzompa-Sosa, D. Consumers' perception of bakery products with insect fat as partial butter

replacement. Food Qual. Prefer., 2020, 79103755.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103755>.

Dewi, R., Lamefa, D. Y., Laksono, B. J., Harimurti, S., & Yunistianti, R. 2025. Pengaruh pemberian kompos ampas kelapa (*Cocos Nucifera* L.) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Solanaum Lycopersium* L.) di *polybag*. Jurnal Riset Rumpun Ilmu Tanaman, 4(2), 75-84.
<https://doi.org/10.55606/jurrit.v4i2.6752>.

EFSA Scientific Committee. 2015. Scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA Journal, 13(10), 4257. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>.

Ekawandani, N., Riani, S., & Mustikasari, D. 2025. Pemanfaatan ampas kelapa sebagai pakan maggot *black soldier fly* (*Hermetia illucens*). Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi, 10(2).

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>.

Esipovich, A. L., Kanakov, E. A., Charykova, T. A., Otopkova, K. V., Smirnov, M. A., Mityukova, Y. A., & Belousov, A. S. 2024. A comprehensive study on physicochemical properties of fatty acid esters derived from different vegetable oils and alcohols and their potential application. Energies, 17(24), 6407. <https://doi.org/10.3390/en17246407>.

Esquivel, P., Viñas, M., Steingass, C.B., Gruschwitz, M., Guevara, E., Carle, R., Schweiggert, R.M., dan Jiménez, V.M. 2020. Coffee (*Coffea arabica* L.) by-products as a source of carotenoids and phenolic compounds—evaluation of varieties with different peel color. Front. Sustain. Food Syst. 2020, 4, 590597. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.590597>.

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.014>.
- Fonseca-Barragan, K. B., Dicke, M., & Van Loon, J. J. A. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>.
- Franco, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Schmitt, E., Russo, A., & Falabella, P. 2022. Lipids from insects in cosmetic and for personal care products. *Insects*, 13, 1-17. <https://doi.org/10.3390/insects13010041>.
- Gatlin, D. M., 3rd, Carvalho, P. L. P. F., Flint, C., Miranda, C., & Tomberlin, J. K. 2024. Evaluation of lauric acid enhancement of black soldier fly larvae from coconut. *Journal of economic entomology*, 117(4), 1235–1241. <https://doi.org/10.1093/jee/toae093>.
- Gharby, S. 2022. Refining vegetable oils: chemical and physical refining. *The Scientific World Journal*, 2022(1), 6627013. <https://doi.org/10.1155/2022/6627013>.
- Giaretta, D., Lima, V. A., & Carpes, S. T. 2017. Improvement of fatty acid profile in breads supplemented with Kinako flour and chia seed. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 49, 211-214. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.11.010>.
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrugg, C., & Mathys, A. 2018. Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: a review. *Waste Management*. 82, 302-318. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022>.

- Guliyev, N. G., Ibrahimov, H. J., Alekperov, J. A., Amirov, F. A., & Ibrahimova, Z. M. 2018. Investigation of activated carbon obtained from the liquid products of pyrolysis in sunflower oil bleaching process. *International Journal of Industrial Chemistry*, 9, 277-284. <https://doi.org/10.1007/S40090-018-01561/FIGURES/4>.
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. 2017. Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of cleaner production*, 156, 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017>.
- Hoc, B., Genva, M., Fauconnier, L., Lognay, G., Francis, F., & Megido, R. C. 2020. About lipid metabolism in *Hermetia illucens* (L.1758): on the origin of fatty acids in prepupae. *Scientific Reports*, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68784-8>.
- 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>.
- Huseynli, L., Parviainen, T., Kyllönen, T., Aisala, H., & Vene, K. 2023. Exploring the protein content and odor-active compounds of black soldier fly larvae for future food applications. *Future Foods*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100224>.
- Ilak Peršurić, A. S. 2020. Segmenting olive oil consumers based on consumption and preferences toward extrinsic, intrinsic and sensorial attributes of olive oil. *Sustainability*, 12(16), 6379. <https://doi.org/10.3390/SU12166379>.

- Insani, S. A., Suseno, S. H., & Jacob, A. M. 2017. Karakteristik squalene minyak hati ikan cucut hasil produksi industri rumah tangga, pelabuhan ratu. JPHPI, 20(3), 494-504.
- ISO 16958:2015. Milk, milk products, infant formula and adult nutritionals — Determination of fatty acids composition — Capillary gas chromatographic method.
- ISO 8587:2006. Sensory analysis - Methodology – Ranking.
- Jayanegara, A., Gustanti, R., Ridwan, R., & Widyastuti, Y. 2020. Fatty acid profiles of some insect oils and their effects on in vitro bovine rumen fermentation and methanogenesis. Italian Journal of Animal Science, 19(1), 1310-1317. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1841571>.
- Jung, S., Jung, J., Tsang, Y.F., Bhatnagar, A., Chen, W.H., Lin, K.A., & Kwon, E.E. 2022. Biodiesel production from black soldier fly larvae derived from food waste by non-catalytic transesterification. Energy, 238, 121700. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121700>.
- Khoo, H.E.; Azlan, A.; Tang, S.T.; Lim, S.M. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. Food Nutr. Res. 2017, 61, 1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>.
- Kierończyk, B., Sypniewski, J., Mikołajczak, Z., Rawski, M., Pruszyńska Oszmałek, E., Sassek, M., Kołodziejcki, P., 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. Anim Feed Sci Technol 286. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci>.

- Kim, Y. B., Kim, D. H., Jeong, S. B., Lee, J. W., Kim, T. H., Lee, H. G., & Lee, K. W. 2020. Black soldier fly larvae oil as an alternative fat source in broiler nutrition. *Poultry Science*, 99(6), 3133–3143. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.018>.
- Kröncke N, Benning R. 2023. Influence of dietary protein content on the nutritional composition of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*. 14:261. <https://doi.org/10.3390/insects14030261>.
- Łaska-Zieja, B., Golimowski, W., Marcinkowski, D., Niedbała, G., dan Wojciechowska, E. 2020. Low-cost investment with high quality performance bleaching earths for phosphorus reduction in the low-temperature bleaching process of rapeseed oil. *Foods* 9. <https://doi.org/10.3390/foods9050603>.
- Lestari, W., Hasballah, K., Listiawan, M. Y., & Sofia, S. 2022. Metabolite signature of fresh and long-term stored coffee pulp and husk. *Makara Journal of Science*, 26(3), 217-226. <https://doi.org/10.7454/mss.v26i3.1354>.
- Lim, J. J., Liew, C. S., Raksasat, R., Merican, Z. M. A., Kiatkittipong, K., Abdelfattah, E. A., Mohamad, M., Bashir, M. J. K., Ntwampe, S. K. O., & Lim, J. W. 2022. Cellulase pretreated palm decanter cake for feeding of black soldier fly larvae in triggering bioaccumulation of protein and lipid into biodiesel productions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53. <https://doi-org.proxy.undip.ac.id/10.1016/j.seta.2022.102485>.
- Li X, Dong Y, Sun Q, Tan X, You C, Huang Y, et al. 2022. Growth and fatty acid composition of black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae are influenced by dietary fat sources and levels. *Animals*. 12:486. <https://doi.org/10.3390/ani12040486>.

- Luthfiyah, U., & Huda, T. 2020. Identifikasi asam lemak dari ekstrak ampas kelapa menggunakan *gass chromatography mass spectrometry* (GC-MS). *Khazanah: Jurnal Mahasiswa*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.20885/1812016>.
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. 2018. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: rearing substrate effects on performance and nutritional composition of black soldier fly. *J. Sci. Food Agric.* 98. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9127>.
- Mai, H.C.; Dao, N.D.; Lam, T.D.; Nguyen, B.V.; Nguyen, D.C.; Bach, L.G. 2019. Purification process, physicochemical properties, and fatty acid composition of black soldier fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) larvae oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 96, 1303–1311. <https://doi.org/10.1002/aocs.12263>.
- Masir, U., Fausiah, A., & Sagita, S. 2020. Produksi maggot *black soldier fly* (BSF) (*Hermetia illucens*) pada media ampas tahu dan feses ayam. *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(2), 87-90. <http://dx.doi.org/10.35329/agrovital.v5i2.1746>.
- Maulana, M., Nurmeiliasari, N., & Fenita, Y. 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. <https://doi.org/10.31186/bpt.2.2.149-157>.
- Maulinda, L., Za, N., & Nurbaity. 2017. Hidrolisis asam lemak dari sawit sisa sortiran. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 1-15. <https://doi.org/10.29103/jtku.v6i2.471>.
- Mehari, B., Redi-Abshiro, M., Chandravanshi, B.S., et al. 2019. GC-MS profiling of fatty acids in green coffee (*Coffea arabica* L.) beans and chemometric

- modeling for tracing geographical origins from Ethiopia. *J. Sci. Food Agric.* 99(8): 3811–3823. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9603>.
- Mertenat, A., Diener, S., & Zurbrügg, C. 2019. Black Soldier Fly biowaste treatment–Assessment of global warming potential. *Waste management*, 84, 173-181. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.040>.
- Michishita, R., Shimoda, M., Furukawa, S., & Uehara, T. 2023. Inoculation with black soldier fly larvae alters the microbiome and volatile organic compound profile of decomposing food waste. *Scientific Reports*, 13(1), 4297. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31388-z>.
- Mojir, Z.Y., Yousefi, Z., Supervisor, M., dan Mørkøre, T. 2023. Assessment of black soldier fly larvae meal as an alternative feed ingredient for atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): a study on physical, chemical, and sensory quality.
- Moreira, M.D., Melo, M.M., Coimbra, J.M., dos Reis, K.C., Schwan, R.F., Silva, C.F. 2018. Solid coffee waste as alternative to produce carotenoids with antioxidant and antimicrobial activities. *Waste Manag.* 82, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.017>.
- Muangrat, R., & Pannasai, S. 2024. Exploring the potential of black soldier fly larvae oil: supercritical CO₂ extraction, physicochemical analysis, antioxidant properties, shelf life, and keratinocyte growth inhibition. *Journal of Agriculture and Food Research.* 15, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101008>.
- Muhayyat., Mahfudl, S., Ahmad, T. Y., & Agus, P. 2016. Pengaruh jenis limbah dan rasio umpan pada biokonversi limbah domestik menggunakan larva *black soldier fly* (*Hermetia illucens*). *Jurnal Rekayasa Proses*, 10(1), 23-29. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.34424>.

- Mukasa-Tebandeke, I. Z., Wasajja-Navayojo, Z. H., Ssebuwufu, P. J. M., Wasswa, J., Nankinga, R., Lugolobi, F., & Schumann, A. 2017. How variation of turbidity of bleached oils characterizes purity oil and bleaching processes. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science*, 4(5), 36-65. <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0403.0405005>.
- Ngamwonglumlert, L.; Devahastin, S.; Chiewchan, N. 2017. Natural colorants: pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57, 3243–3259. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1109498>.
- Oliveira, F., Doelle, K., Smith, R.P. 2016. External morphology of *Hermetia illucens* *Stratiomyidae: Diptera* (L.1758) based on electron microscopy. *BJAST* 9, 356–360. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/16536>.
- Pakpahan, E. H., Fadilla, A., & Rahma, A. 2024. Cara pengelolaan limbah kopi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 743-750. <https://doi.org/10.47467/elmujtama.v4i2.4337>.
- Patterson, P. H., Acar, N., Ferguson, A. D., Trimble, L. D., Sciubba, H. B., & Koutsos, E. A. 2021. The impact of dietary black soldier fly larvae oil and meal on laying hen performance and egg quality. *Poultry Science*, 100(8), 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101272>.
- Permana, A. D., & Ramadhani Eka Putra, J. E. N. 2018, November. Growth of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fed on spent coffee ground. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 187, No. 1, p. 012070). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/187/1/012070>.
- Petrović, Z., Mihajlović, J., Botić, T., Lazić, D., Fazlić, A., dan Ćebić, A. 2023. Possibility of bleaching sunflower oil with synthetic zeolite. *Technologica acta* 15, 25–31. <https://doi.org/10.51558/2232-7568.2022.15.2.25>.

- Phongpradist, R., Semmarath, W., Kiattisin, K., Jiaranaikulwanitch, J., Chaiyana, W., Chaichit, S., Phimolsiripol, Y., Dejkriengkraikul, P., & Ampasavate, C. 2023. The in vitro effects of black soldier fly larvae (*Hermitia illucens*) oil as a high-functional active ingredient for inhibiting hyaluronidase, anti-oxidation benefits, whitening, and UVB protection. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1243961>.
- Pongsiriyakul, K., Wongsurakul, P., Kiatkittipong, W., Premashthira, A., Kuldilok, K., Najdanovic-Visak, V., ... & Assabumrungrat, S. 2024. Upcycling coffee waste: key industrial activities for advancing circular economy and overcoming commercialization challenges. *Processes*, 12(12), 2851. <https://doi.org/10.3390/pr12122851>.
- Purba, F. F., Johan, T. I., & Hasby, M. 2022. Pengaruh pemberian kombinasi ampas tahu dan limbah roti afkir yang difermentasi sebagai nutrisi terhadap pertumbuhan dan produksi maggot (*Hermetia illucens*). *Jurnal Dinamika Pertanian*, 38(2), 243-250.
- Putri, I.W., dan Zaenudin. 2019. Pemanfaatan ampas kelapa sebagai bahan bahan lokal di kabupaten Tolitoli dalam meningkatkan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Tolis Ilmiah; Jurnal Penelitian*, 1(1): 13–20. <https://doi.org/10.56630/jti.v1i1.3>.
- Putri, M. K., Asshaumi, R. U., Rahmadani, N. F., Kurnia, S. I., Mayasari, S., Martatino, R., ... & Dewi, N. M. 2024. Analisis nilai kecepatan terhadap viskositas pada fluida. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 89-96. <https://doi.org/10.37478/optika.v8i1.3488>.
- Rabani, V., Cheatsazan, H., and Davani, S. 2019. Proteomics and lipidomics of black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) and blow fly (*Diptera: Calliphoridae*) larvae. *J. Insect Sci.* 19, 29. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez050>.

- Rachmawati, D. O., Suswandi, I., & Risha, N. 2022. The value of viscosity coefficient of cooking oil resulted by purification based on active charcoal temperature with the falling ball method. *Indonesian Physical Review*, 5(1), 57-63.
- Ramadani, S., Adelina, T., dan Elviriadi 2024. Kualitas nutrisi wafer yang mengandung bahan dasar maggot (*Hermetia Illucens*) dengan level yang berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Pertanian dan Perternakan*, 2(1): 175 184.
- Ramesh, S. V., Pandiselvam, R., Shameena Beegum, P. P., Shil, S., Sugatha, P., Sharanya, K., ... & Kumar, P. 2024. Valorization of coconut (*Cocos nucifera* L.) testa as a biocolourant. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1382214. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1382214>.
- Ramon, E., Zain, B., & Putranto, H. D. 2021. Potensi dan strategi pemanfaatan limbah kulit kopi sebagai pakan ternak sapi potong di Kabupaten Rejang Lebong. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(1), 73-87. <https://doi.org/10.31186/naturalis.10.1.18154>.
- Ramos-Escudero, F., González-Miret, M.L., Viñas-Ospino, A., dan Ramos Escudero, M. 2019. Quality, stability, carotenoids and chromatic parameters of commercial Sacha inchi oil originating from Peruvian cultivars. *Journal of Food Science and Technology* 2019 56:11 56, 4901–4910. <https://doi.org/10.1007/S13197-019-03960-X>.
- Ratnayake WMN, Hansen SL, Kennedy MP. 2006. Evaluation of the CP-Sil. 88 and SP 2560 GC columns used in the recent approval of AOCS Official Method Ce 1h-05: determination of cis-, trans-, saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids in vegetable or non-ruminant animal oils and fats by capillary GLC method. *J Am Oil Chem Soc*, 83(6): 475–488. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-1230-y>.

- Redondo-Cuevas, L., Castellano, G., Torrens, F., dan Raikos, V. 2018. Revealing the relationship between vegetable oil composition and oxidative stability: a multifactorial approach. *Journal of Food Composition and Analysis* 66, 221-229. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2017.12.027>.
- Rismayani, D., Aulia, A., Nopiyanti, T., Rahayu, R., & Idris, M. 2024. Biology of black soldier fly (*Hermetia illucens*) and utilization of its waste (maggot frass) for plant growth: a literature review. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(3), 273-291. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i3.7226>.
- Rumengan, O. F., Montong, P. R. R. I., Podung, A. J., Lapian, M. Th. R., & Onibala, J. S. I. T. 2022. Pengaruh substitusi pakan komplit dengan limbah kulit kopi terhadap dimensi tubuh ternak babi finisher. *Zootec.* 42(1), 261-270.
- Sangduan, C. Skincare Product Containing *Hermetia illucens* Extract. U.S. Patent Application No 15/981,689, 13 September 2018.
- Saraswati, L. D., Herawati, V. E., Arfan, M., & Ananto, G. P. 2020. Penguatan komoditi unggulan masyarakat melalui diversifikasi produk olahan kopi di kecamatan tretep kabupaten temanggung. *Jurnal Pasopati*, 2(1). <https://doi.org/10.14710/pasopati.2020.5850>.
- Saripudin, A., Nurpauza, S., Ayuningsih, B., Hernaman, I., & 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>.
- Scala, A., Cammack, J.A., Salvia, R., Scieuzo, C., Franco, A., Bufo, S.A., Tomberlin, J.K. and Falabella, P. 2020. Rearing substrate impact on growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale. *Sci. Rep.*, 10(1):19448. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76571-8>.

- Schiavone, A., S. Dabbou, M. De Marco, M. Cullere, I. Biasato, E. Biasibetti, M. T. Capucchio, S. Bergagna, D. Dezzutto, M. Meneguz, F. Gai, A. Dalle Zotte, and L. Gasco. 2018. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. *Animal* 12:2032–2039. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003743>.
- Selimi, J., Langschwager, F., Tuna, P., Hulteberg, C. P., & Abdelaziz, O. Y. 2025. Purification of lipid oil using ion exchange resins. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 15, 5525-5531. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05388-6>.
- Seyedalmoosavi, M. M., Mielenz, M., Veldkamp, T., Daş, G., & Metges, C. C. 2022. Growth efficiency, intestinal biology, and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00682-7>.
- Shabira, A. R., Fadiah, L. H., & Umami, M. 2025. Analisis senyawa fitokimia dari ekstrak maggot *black soldier fly* (*Hermetia illucens*). *Jurnal Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 3(2), 51-63. <https://doi.org/10.62951/zoologi.v3i2.202>.
- Sholahuddin S, Wijayanti R, Supriyadi S & Subagiya S. 2021. Potensi maggot (*Black Soldier Fly*) sebagai pakan ternak di desa Miri kecamatan Kismantoro Wonogiri. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 5(2) : 161. <https://doi.org/10.20961/prima.v5i2.45033>.
- Siswantoro, J. 2019. Application of color and size measurement in food products inspection. *Indonesia Journal of Information System*, 1(2), 90-107. <http://repository.ubaya.ac.id/id/eprint/41581>.
- SNI 2346:2011. Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori pada Produk Perikanan.

- Sukowati, Siski. A., Moh. Sahid. I., & Aziz. Husain. A. 2021. Analisis produksi biodiesel dan kitosan berbasis *larvae black soldier fly (Hermetia illucens)* dengan memanfaatkan sampah organik. Jurnal Indonesia Sosial Teknologi, 2(4), 667-678. <https://doi.org/10.36418/jist.v2i4.132>.
- Sunartaty, R., & Nurman, S. 2021. Peningkatan nilai tambah limbah padat menjadi tepung ampas tahu pada industri tahu di Desa Lamteumen Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 4(1), 47-50. <https://doi.org/10.31970/abditani.v4i1.67>.
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., Van Huis, A., Cammack, J. A., Heckman, L. H. L., & Khanal, S. K. 2020. Rethinking organic wastes bioconversion: evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L)) (*Diptera: Stratiomyidae*) (BSF). Waste Management. 117, 58-80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>.
- Temelkovska, K., Pavlovska, G., Pavlova, V., dan Stamatovska, V. 2023. Sensory characteristics of cold pressed sunflower oil with the addition of 59 aromatic herbs. Journal of Agriculture and Plant Sciences 21, 79–88. <https://doi.org/10.46763/JAPS23212079T>.
- Tiranissa, V., Firanti, A. N., Anggraini, A. P., Rachma, M., Razak, A., & Pratama, S. F. (2024). The effect of tofu pulp and coconut pulp media on black soldier fly (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) development. Journal of Microbiology and Biotechnology Tropics, 2(1), 13-19.
- Tucki, K., Mruk, R., Gruz, L., Nowakowski, T., & Kulpa, K. 2025. Dynamic viscosity analysis of fuels and their blends with bio-additives as a function of temperature. Applied Sciences, 15(24), 1-29. <https://doi.org/10.3390/app152413210>.

- Ushakova, N. A., A. E. Dontsov, N. L. Sakina, E. S. Brodsky, I. A. Ratnikova, N. N. Gavrilova, A. I. Bastrakov, A. A. Kozlova and R. V. Nekrasov. 2017. Melanin properties at the different stages towards life cycle of the fly *Hermetia illucens*. Ukrainian Jr. Ecology 7:424-431. https://doi.org/10.15421/2017_137.
- Vázquez, L., Hurtado-Ribeira, R., López de Haro, C.S., dan Martin, D. 2024. *Hermetia illucens* larvae fat vs coconut oil to obtain free lauric acid-rich products by chemical or enzymatic hydrolysis. J Insects Food Feed 10, 1583-1593. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001162>.
- Verheyen, G. R., Theunis, M., Vreysen, S., Naessens, T., Noyens, I., Ooms, T., et al. 2020. Comparison of glycine-acyl surfactants prepared from black soldier fly fats, coconut oil and palm kernel oil. Current Green Chemistry. 7, 239-248. <https://doi.org/10.2174/2213346107999200424084626>.
- Veronika, N., & Sihotang, A. J. 2023. Pengaruh konsentrasi *bleaching earth* pada proses pembuatan minyak goreng sawit (*palm olein*). Jurnal Sains dan Ilmu Terapan, 6(1), 36-42.
- Visali, K., Rubavathi, A., Jayasri, S., Vimali, E., & Murugan, A. 2024. Palmitic acid synthesis from coconut oil cake waste using probiotic bacteria of marine fishes. Journal of Pure & Applied Microbiology, 18(2). <https://doi.org/10.22207/JPAM.18.2.58>.
- Wahyudi., Wardana, I. N. G., Widodo, A., & Wijayanti, W. 2018. Improving vegetable oil properties by transforming fatty acid chain length in jatropha oil and coconut oil blends. Energies, 11(2). <https://doi.org/10.3390/en11020394>.
- Wahyuni, D., Darlina, I., Srimulyaningsih, R., Purwanto, A., & Tan, I. 2023. Pemanfaatan limbah kulit kopi sebagai pupuk kompos di kelompok tani

LMDH Campaka Bentang Desa Loa Majalaya. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(2), 255-269. <https://doi.org/10.31943/abdi.v5i2.124>.

Wardhana, A. H. 2016. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak. Wartazoa, 26(2), 069-078. <http://dx.doi.org/10.14334/wartazoa.v26i2.1218>.

Xiong, J., Mao, J., Wang, T., Feng, W., Wang, W., Yang, C., Miao, X., & Wang, C. 2020. Refining and sulfurization of oil from black soldier fly and its application as biodegradable lubricant additive. Journal American Oil Chemist Society, 97(11), 1243-1251. <https://doi.org/10.1002/aocs.12403>.