

**PENGARUH VARIASI BERAT TELUR PER *BIOPOND* DAN METODE
PENGERINGAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KUALITAS
MAGGOT *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens* L.)**

TESIS

OLEH:

FAIZA OCTAVIANA

NIM. 2120422009



PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI

DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG, 2025

**PENGARUH VARIASI BERAT TELUR PER *BIOPOND* DAN METODE
PENGERINGAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KUALITAS
MAGGOT *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens* L.)**

TESIS

UNIVERSITAS ANDALAS

OLEH:

FAIZA OCTAVIANA

NIM. 2120422009



*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister Sains Pada
Program Studi Pascasarjana Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Universitas Andalas*

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG, 2025**



HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Variasi Berat Telur Per Biopond dan Metode
Pengeringan Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Maggot
Black Soldier Fly (Hermetia illucens L.)

Nama Mahasiswa : Faiza Octaviana

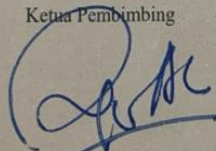
No. Buku Pokok : 2120422009

Program Studi : Magister Biologi

Tesis ini telah diuji dan dipertahankan dihadapan panitia Ujian Akhir Magister Sains pada
Program Pascasarjana Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Universitas Andalas dan Dinyatakan Lulus pada tanggal 30 Juli 2025.

Menyetujui,
Komisi Pembimbing:

Ketua Pembimbing



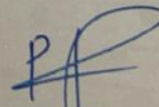
Dr. Resti Rahayu
NIP. 197402212005012001

Ketua Departemen Biologi
FMIPA Universitas Andalas



Prof. Dr. Henny Herwina
NIP. 197302262006042001

Anggota Pembimbing



Dr. Putra Santoso
NIP. 198206262008121002

Ketua Program Studi S2 Biologi
FMIPA Universitas Andalas



Prof. Dr. Syamsuardi
NIP. 196109101989011001

RIWAYAT HIDUP

Faiza Octaviana



Penulis dilahirkan di Mukomuko, Bengkulu pada tanggal 19 Oktober 1999. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Ayah Budiman, S.Pd., M.Pd. dan Ibu Sri Wedhaningsih, S.,Pd. Penulis memulai pendidikan di SDN 04 Air Manjuntio, SMPN 10 Mukomuko, dan SMAN 03 Mukomuko.

Pada tahun 2017– 2021 penulis melanjutkan pendidikan S1 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Kemudian pada tahun 2021, Penulis melanjutkan pendidikan S2 di Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

UNIVERSITAS ANDALAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faiza Octaviana

No. BP : 2120422009

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang ditulis dengan judul “Pengaruh Variasi Berat Telur Per *Biopond* dan Metode Pengeringan Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Maggot *Black Soldier Fly (Hermetia illucens. L)* ” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk gelar master baik di Universitas Andalas atau di lembaga pendidikan tinggi lainnya. Tesis dan penelitian ini adalah hasil karya atau kerja saya sendiri dan bukan ciplakan dari hasil karya atau kerja orang lain, kecuali kutipan yang sumbernya dicantumkan.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari terdapat kejanggalan atau ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan aturan yang berlaku.

Padang, Juli 2025
Yang menyatakan

ABSTRAK

Black Soldier Fly atau *Hermetia illucens* L. merupakan serangga yang efektif dalam biokonversi limbah organik menjadi produk bernilai ekonomi, seperti maggot kering dan minyak maggot. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi berat telur per biopond dan metode pengeringan terhadap pertumbuhan maggot BSF dan kualitas nutrisinya. Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama menguji lima variasi berat telur (3g, 4g, 5g, 6g, dan 7g) terhadap pertumbuhan maggot, efisiensi konsumsi pakan, dan indeks reduksi limbah. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan 3g/biopond dengan berat basah maggot $5.250 \pm 397,4$ g, berat kering $20,84 \pm 0,21$ g, efisiensi konsumsi pakan 92,3%, dan indeks reduksi limbah 5,40%. Tahap kedua mengevaluasi lima metode pengeringan: *microwave*, sangrai kopi, sangrai kompor (dengan dan tanpa pasir), dan matahari. Pengeringan dengan *microwave* menghasilkan maggot kering berkualitas terbaik dengan kadar air terendah (3,39%), warna cokelat keemasan, serta kandungan protein tinggi (28,51%) dan lemak (51,47%). Sebaliknya, metode penjemuran matahari menghasilkan kualitas paling rendah. Profil asam lemak menunjukkan dominasi asam laurat pada minyak maggot yang dikeringkan menggunakan *microwave*, menandakan potensi tinggi sebagai sumber nutrisi alternatif.

kata kunci: Berat telur, *Black Soldier Fly*. Maggot, minyak maggot, pengeringan.

ABSTRAK

The Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) is an insect highly effective in the bioconversion of organic waste into economically valuable products such as dried maggots and maggot oil. This study aimed to evaluate the effects of varying egg weights per biopond and different drying methods on BSF maggot growth and nutritional quality. The research was conducted in two stages. The first stage examined five egg weight variations (3g, 4g, 5g, 6g, and 7g) in relation to maggot growth, feed consumption efficiency, and waste reduction index. The best results were achieved with the 3g/biopond treatment, yielding a wet maggot weight of $5,250 \pm 397.4$ g, dry weight of 20.84 ± 0.21 g, feed conversion efficiency of 92.3%, and waste reduction index of 5.40%. The second stage evaluated five drying methods: microwave, coffee roasting, stove roasting (with and without sand), and sun drying. Microwave drying produced the highest quality dried maggots, characterized by the lowest moisture content (3,39%), golden brown color, and high levels of protein (28,51%), fat (51,47%). In contrast, sun drying resulted in the lowest quality. Fatty acid profile analysis revealed a high lauric acid content in maggot oil from the microwave drying method, indicating strong potential as an alternative nutritional source.

keywords: Black Soldier Fly, drying method, egg weight, maggot, maggot oil.

**Pengaruh Variasi Berat Telur Per Biopond dan Metode Pengeringan
Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Maggot *Black Soldier Fly* (*Hermetia
illucens* L.)**

Oleh: Faiza Octaviana(2120422009)

(Di bawah bimbingan Ibu Dr. Resti Rahayu dan Bapak Dr. Putra Santoso)

RINGKASAN

Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) mempunyai peran penting dalam agen biokonversi limbah organik menjadi biomassa bernilai ekonomi tinggi, seperti pakan ternak dan minyak. Budidaya maggot BSF menghadapi kendala terkait belum adanya standar berat telur optimal per *biopond* yang dapat mendukung pertumbuhan maggot secara maksimal. Selain itu, metode pengeringan yang digunakan peternak bervariasi dan berpotensi memengaruhi kualitas fisik serta kandungan nutrisi maggot kering. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan kombinasi berat telur per *biopond* dan metode pengeringan yang mampu menghasilkan maggot dengan kualitas terbaik.

Penelitian ini dilakukan di Sentra Budidaya Maggot BSF di Padang pada Maret–Juni 2025 dan analisis laboratorium dilakukan di PT Saraswanti Indo Genetech. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan dua tahap. Tahap pertama menganalisis pengaruh lima variasi berat telur per biopond (3g, 4g, 5g, 6g, dan 7g) terhadap pertumbuhan maggot BSF. Parameter yang diukur meliputi berat basah dan kering maggot per ekor, konsumsi pakan, indeks pengurangan sampah (WRI), serta produksi maggot segar. Tahap kedua mengevaluasi lima metode pengeringan (*microwave*, sangrai kopi, sangrai kompor dengan pasir, sangrai kompor tanpa pasir, dan jemur matahari) menggunakan maggot hasil perlakuan terbaik dari tahap pertama. Parameter yang diukur adalah karakteristik fisik maggot kering, profil proksimat tepung maggot (protein, lemak, serat kasar, abu, dan kadar air), serta kandungan asam lemak minyak maggot. Data dianalisis dengan ANOVA dan uji lanjut Duncan pada taraf signifikan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat telur 3–5 gram per *biopond* menghasilkan pertumbuhan maggot yang optimal. Berat telur 3 gram memberikan berat kering tertinggi, namun berat telur 4–5 gram memberikan hasil yang lebih stabil dan efisien secara biokonversi. Berat telur yang lebih tinggi (6–7 gram) menyebabkan kepadatan larva yang berlebihan sehingga menghambat pertumbuhan individu dan efisiensi konsumsi pakan. Nilai indeks pengurangan

sampah (WRI) tertinggi tercatat pada perlakuan 4 dan 5 gram. Pada tahap kedua, metode pengeringan menggunakan microwave menghasilkan maggot kering dengan kualitas fisik terbaik, berbentuk bulat, warna coklat keemasan, tidak kisut, dan kandungan nutrisi paling tinggi (protein 28,51%, lemak 51,47%). Metode sangrai kopi juga menghasilkan kualitas yang baik tetapi sedikit lebih rendah dibandingkan *microwave*. Sebaliknya, metode jemur matahari menghasilkan maggot dengan kualitas rendah, waktu pengeringan lama, dan rentan terhadap jamur.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah berat telur optimal untuk budidaya maggot BSF berada pada kisaran 4–5 gram per *biopond* untuk menghasilkan pertumbuhan dan efisiensi biokonversi terbaik. Sedangkan metode pengeringan *microwave* direkomendasikan sebagai teknik pengeringan paling efektif untuk menghasilkan maggot kering dengan kualitas fisik dan kandungan nutrisi yang tinggi. Penelitian ini memberikan kontribusi penting sebagai pedoman bagi peternak dan industri pakan dalam memproduksi maggot BSF berkualitas tinggi secara efisien.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'aalamiin, puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhaanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Magister di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW, teladan terbaik bagi manusia. Tesis ini disusun berdasarkan hasil penelitian dalam mata ajaran Fisiologi Hewan yang berjudul “Pengaruh Variasi Berat Telur Per *Biopond* dan Metode Pengeringan Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Maggot *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*. L)”.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kedua Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Ibu Dr. Resti Rahayu dan Bapak Dr. Putra Santoso selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, masukan, bantuan serta ilmunya kepada penulis sejak awal penyusunan proposal hingga terlaksananya ujian akhir. Selanjutnya, ucapan Terima kasih penulis tujukan kepada:

1. Ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.

2. Ketua Program Studi S2 departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
3. Ibu Dr. Resti Rahayu selaku dosen pembimbing akademik dan selaku dosen pembimbing tesis.
4. Bapak Dr. Putra santoso selaku dosen pembimbing tesis.
5. Bapak Prof. Dr. Dahelmi, Ms., Bapak Dr. Jabang Nurdin., dan Bapak Dr. Aadrean., selaku dosen penguji tesis.
6. Bapak dan Ibu Dosen staf pengajar Departemen Biologi, Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
7. Karyawan dan Karyawati di Lingkungan Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
8. Kepada pendanaan PTM 060/C3/DT.05.00/PL/2025 yang diketuai oleh Dr. Resti Rahayu yang telah mendanai penelitian ini.
9. Kepada Seluruh Pegiat maggot (KUBE Organik) dan bapak Defrianto (Minagot SUMBAR) yang banyak membantu pada saat proses penelitian berlangsung.
10. Seluruh keluarga Laboratorium Fisiologi Hewan, Universitas Andalas. Terimakasih untuk segala kebersamaan dan bantuan selama ini, melewati suka dan duka dibangku perkuliahan.
11. Kepada Ayah Budiman, S.Pd., M.Pd cinta pertamaku dan pintu surgaku Ibu Sri Wedhaningsih, S.Pd sebagai tanda bakti dan hormat serta terimakasih yang tiada terhingga, penulis persembahkan karya kecil ini kepada Ayah dan Ibu yang telah memberikan kasih sayang dan segala dukungan yang luar biasa. Sehat selalu dan panjang umur Ayah dan Ibu.
12. Kepada kakakku tersayang, Afiffa Tusshalihah, S.ikom., S.Pd., Gr. Dan Aak Hassan Abdurahman, S.Si. Terimakasih banyak atas segala motivasi dan

dukungannya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini.

13. Kepada adikku tersayang, Shofia Nabila yang saat ini sedang menjalani studi Farmasi. Terimakasih sudah menjadi teman cerita selama berada diperantauan. Terimakasih sudah menemani penulis selama proses penyusunan tesis ini.
14. Kepada keponakan tersayang Azriel Haidar Abdurahman. Terimakasih atas kelucuan-kelucuan yang menjadi obat lelah disaat proses pengerjaan tesis ini.
15. Kepada semua pihak yang sangat berperan dalam poses penyelesaian tesis ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
16. Terakhir kepada diri sendiri, Faiza Octaviana. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini. Terimakasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri dititik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang sedang diusahakan dan belum berhasil, namun terimakasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terimakasih karna memutuskan untuk tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan tesis ini. Ini merupakan suatu pencapaian yang luar biasa untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun kamu berada, Faiza. Adapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan berkontribusi dalam ilmu biologi secara umum. Semoga Allah senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua.

Padang, Juli 2025

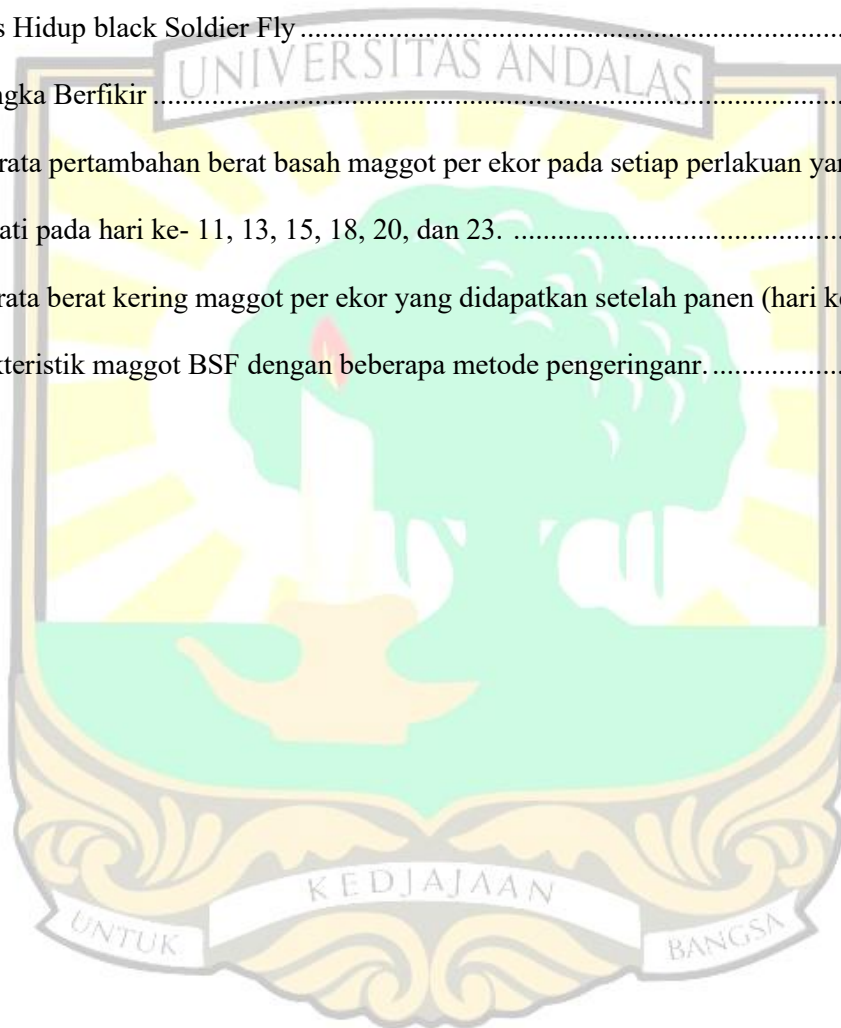
Faiza Octaviana

DAFTAR ISI	
UNIVERSITAS ANDALAS	
HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	ii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Hipotesis Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i> L.)	5
B. Media pembesaran maggot BSF	13
C. Metode pengeringan maggot BSF	14
BAB III. METODE PENELITIAN	17
A. Waktu dan Tempat Penelitian	17

B. Metode Penelitian.....	17
C. Alat dan Bahan	18
D. Prosedur Kerja.....	19
E. Analisis Data	26
F. Kerangka Berfikir.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Pertumbuhan Maggot <i>Black Soldier Fly</i> (<i>Hermetia illucens</i> L.) Berdasarkan Variasi Berat Telur per <i>Biopond</i>	28
B. Profil proksimat tepung maggot berdasarkan metode pengeringan berbeda	38
C. Karakteristik minyak maggot dan kandungan nutrisinya berdasarkan metode pengeringan berbeda.....	51
BAB V. PENUTUP.....	59
A. Kesimpulan.....	59
B. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Hermetia illucens</i> L.....	5
2. Morfologi BSF.....	6
3. Siklus Hidup black Soldier Fly.....	7
4. Kerangka Berfikir.....	27
5. Rata-rata pertambahan berat basah maggot per ekor pada setiap perlakuan yang diamati pada hari ke- 11, 13, 15, 18, 20, dan 23.	28
6. Rata-rata berat kering maggot per ekor yang didapatkan setelah panen (hari ke-23)	32
7. Karakteristik maggot BSF dengan beberapa metode pengeringanr.....	39



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Waktu pemberian pakan selama periode perlakuan (pembesaran) 7 hari setelah penetasan	20
Tabel 2. Rata-rata Perbandingan Berat Telur, Jumlah Pakan Terhadap Produksi Maggot Segar, Kasgot, Analisa Pakan Selama 23 Hari Pemeliharaan.....	34
Tabel 3. Rata-rata berat akhir maggot kering dengan berbagai metode pengeringan.....	42
Tabel 4. Rata-rata berat minyak, tepung dan rendemen maggot BSF yang dihasilkan dari 2 metode pengeringan.....	44
Tabel 5. Hasil analisa proksimat tepung maggot BSF dengan berbagai metode pengeringan	46
Tabel 6. Kondisi fisik minyak maggot BSF dari pengeringan menggunakan metode microwave dan sangrai kopi.....	51
Tabel 7. Perbedaan kandungan asam lemak minyak maggot berdasarkan metode pengeringan berbeda	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Penetasan telur lalat BSF.....	70
2. Media pakan pembesaran maggot BSF.....	70
3. Proses pemanenan maggot BSF.....	71
4. Proses panen dan pengeringan maggot BSF	71
5. Proses ekstraksi minyak maggot BSF	71



BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) adalah salah satu agen biokonversi yang dapat mendegradasi sampah organik dan mengubah sampah menjadi sesuatu yang bernilai. Produk dari biokonversi sampah organik berupa maggot BSF yang dapat digunakan untuk pakan ternak seperti ikan, ayam dan burung. Produk lainnya adalah prepupa yang dapat dikeringkan dan ditepungkan untuk campuran *pellet* ternak. Selain kandungan gizinya tinggi, maggot BSF juga ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan pengawet dalam pembiakannya. Maggot BSF mudah didapatkan dan proses pembuatannya *pellet* ternak relatif mudah, sehingga peternak bisa memproduksinya sendiri (Cicilia & Susila, 2018). Residu dari biokonversi sampah organik maggot BSF dapat dijadikan sebagai media tanam dalam budidaya tanaman (Zahroh, dkk., 2023).

Maggot BSF memakan timbunan sampah organik untuk keberlangsungan hidupnya (Dewi *et al.*, 2021) dan dapat mengonsumsi pakan yang bervariasi dari jenis materi organik (Dortmans *et al.*, 2017). Menurut Sipayung (2015), maggot BSF mampu mendegradasi sampah organik berupa sampah sisa makanan dengan persentase reduksi sebesar 65% untuk frekuensi pemberian pakan 1×1 hari. Salah satu tantangan dalam budidaya maggot BSF adalah belum ada standar yang jelas mengenai berat telur optimal dalam 1 *biopond* untuk maggot BSF. Berat telur yang diberikan secara langsung akan mempengaruhi pertumbuhan maggot, kandungan nutrisi dan efisiensi konversi biomassa. Selain itu, kepadatan maggot

pada masing-masing *biopond* juga dapat mempengaruhi hasil akhir yang didapat. Menurut Diener., *et al.*, (2011), kepadatan maggot agar dapat berkembang optimum adalah minimal 5 ekor/cm², namun pengamatan di lapangan ditemukan sangat bervariasi. Pada penelitian Masir *et al.* 2020 menggunakan berat telur 2 gram/*biopond* namun untuk ukuran *biopond* tidak dijelaskan. Hingga saat ini khususnya di kota Padang, belum ada pedoman baku mengenai berat telur yang ideal dalam 1 *biopond* untuk mengoptimalkan dan menjaga kualitas maggot BSF yang seragam dan bernilai tinggi.

Selain aspek berat telur per *biopond*, metode pengeringan pada maggot BSF juga menjadi faktor penting yang dapat mempengaruhi karakteristik fisik dan nutrisi maggot kering. Pengeringan yang tidak tepat dapat mengurangi kadar nutrisi dan memperburuk kualitas produk akhir (Budiharjo *dkk*, 2022). Pemilihan metode pengeringan serta penggunaan suhu sangat penting karena kandungan protein maggot BSF dapat terdenaturasi pada suhu yang terlalu tinggi (Milania *et al.*, 2023). Selain itu, suhu pengeringan juga berpengaruh terhadap kadar lemak kasar dan kadar protein kasar (Namira, 2022). Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa metode yang digunakan berbeda-beda. Namun, sejauh ini belum ada data terhadap beragam metode tersebut sehingga perlu dilakukan penelitian guna menentukan metode terbaik untuk pengeringan maggot BSF.

Bertolak dari latar belakang tersebut, maka sangat perlu dilakukan pengujian beberapa variasi berat telur dengan proporsi yang baik untuk produksi maggot BSF terbaik dan jenis metode pengeringan yang tepat untuk memperoleh maggot BSF yang berkualitas.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan pada latar belakang, didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi berat telur per *biopond* terhadap pertumbuhan maggot BSF?
2. Bagaimana pengaruh metoda pengeringan terhadap profil proksimat (tepung) dan kualitas minyak (rendeman, warna dan kandungan asam lemak) maggot BSF?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh variasi berat telur per *biopond* terhadap pertumbuhan maggot BSF.
2. Menganalisis pengaruh metoda pengeringan terhadap profil proksimat (tepung) dan kualitas minyak (rendeman, warna dan kandungan asam lemak) maggot BSF

3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengaruh variasi berat telur per *biopond* terhadap pertumbuhan maggot BSF
(H0) = Tidak ada pengaruh variasi berat telur per *biopond* terhadap pertumbuhan maggot BSF.
(H1) = Adanya pengaruh variasi berat telur per *biopond* terhadap pertumbuhan maggot BSF.
2. Pengaruh metoda pengeringan terhadap profil proksimat (tepung) dan kualitas

minyak (rendeman, warna dan kandungan asam lemak) maggot BSF

(H0) = Tidak ada pengaruh metoda pengeringan terhadap profil proksimat (tepung) dan kualitas minyak (rendeman, warna dan kandungan asam lemak) maggot BSF

(H1) = Adanya pengaruh metoda pengeringan terhadap profil proksimat (tepung) dan kualitas minyak (rendeman, warna dan kandungan asam lemak) maggot BSF

3. Manfaat Penelitian

Sebagai informasi khususnya bagi peternak maggot BSF mengenai berat telur per *biopond* terhadap pertumbuhan maggot BSF agar mendapatkan maggot BSF yang baik dan berkualitas. Selanjutnya sebagai informasi penting mengenai metode pengeringan pada tepung maggot BSF terhadap kualitas profil proksimat dan kandungan asam lemak minyak maggot BSF serta menjadi landasan ilmiah bagi peneliti untuk menambah pengetahuan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.)

1. Klasifikasi BSF

Menurut Roy *et al.*, 2018, klasifikasi *Black Soldier Fly (Hermetia illucens L.)* sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Order	: Diptera
Family	: Stratiomyidae
Genus	: <i>Hermetia</i>
Spesies	: <i>Hermetia illucens</i> .



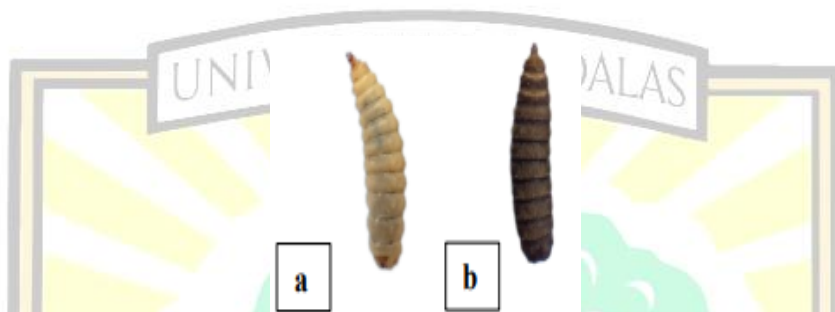
Gambar 1. *Hermetia illucens* L.
(Rahmawati, 2022).

Black Soldier Fly (BSF) termasuk dalam ordo *Diptera*, yang berasal dari bahasa Yunani, yaitu 'di' yang berarti dua dan 'ptera' yang berarti sayap. Dengan demikian, *Diptera* merujuk pada serangga yang memiliki sepasang sayap. Ordo *Diptera* adalah kelompok serangga yang memiliki kapasitas reproduksi paling besar, daur hidup paling singkat, kecepatan pertumbuhan yang tinggi serta konsumsi pakannya bervariasi dari berbagai jenis materi organik (Morales Ramos *et al.*, 2014).

2. Morfologi BSF

Larva BSF instar 1 umumnya berwarna putih kusam berukuran sekitar 2 mm, kemudian terus berkembang hingga 5 mm. Larva BSF dapat mencapai panjang

20-27 mm dengan lebar 8 mm dan berat 220 mg. Kemudian masuk ketahap selanjutnya yaitu tahap prepupa (Tomberlin *et al.*, 2009; Diclaro and Kaufman, 2012). Pada fase prepupa memiliki panjang rata-rata 16-18 mm dengan bobot sekitar 150-200 mikro gram, fase prepupa berwarna dengan kecoklatan dan pada fase pupa akan berubah menjadi hitam.



Gambar 2. Morfologi BSF: (a) larva, (b) pupa (Afriani, 2024).

BSF dewasa/imago berwarna hitam pada segmen basal abdomen berwarna sedikit transparan sehingga hampir mirip seperti tawon dengan panjang 15-20 mm (Makkar *et al.*, 2014). Lama hidup BSF dewasa berkisar antara 5-8 hari. Sayap tersusun padat terdiri dari dua pasang. Satu pasang berbentuk membran dengan venasi sayap dan satu pasang termodifikasi menjadi halter yang berfungsi sebagai penyeimbang saat lalat dewasa terbang. BSF dewasa hanya beraktivitas untuk kawin atau bereproduksi sepanjang hidupnya, sehingga lalat dewasa tidak memiliki bagian mulut yang fungsional. Imago jantan BSF ini lebih panjang daripada BSF betina (Ardiasani, 2021). Lalat dewasa memperoleh nutrisi pada saat fase larva yang disimpan dalam bentuk lemak pada saat fase pupa kemudian lalat dewasa akan mati ketika cadangan lemak tersebut telah habis. Ukuran tubuh lalat BSF betina lebih besar daripada lalat BSF jantan. Lalat BSF jantan memiliki warna abdomen biru-hitam, sedangkan lalat BSF betina memiliki warna abdomen

coklat (Makkar *et al.*, 2014).

3. Siklus Hidup BSF

Fase pada siklus hidup *black soldier fly* ini dimulai dari telur, maggot (larva), prepupa, pupa dan serangga dewasa (Fahmi, 2015). Menurut Tomberlin dan Sheppard (2002) lama siklus hidup *black soldier fly* tergantung pada media pakan dan kondisi lingkungan pada tempat hidupnya.



Gambar 3. Siklus Hidup *Black Soldier Fly*

a. Telur BSF

Lalat BSF betina meletakkan telur dalam rongga-rongga yang kecil, kering dan terlindung (Holmes *et al.*, 2012). Lalat betina meletakkan telurnya dekat dengan bahan organik yang membusuk, agar saat menetas sumber makanan dapat ditemukan dengan mudah oleh larva. Telur BSF berwarna putih dan berbentuk lonjong dengan panjang sekitar 1 mm terhimpun dalam bentuk koloni (Wardhana, 2016). Menurut Rahmawati (2022), seekor betina memerlukan waktu 20-30 menit

untuk bertelur dengan jumlah produksi telur 185-1235 butir dalam bentuk massa telur. Jumlah telur berbanding lurus dengan ukuran tubuh lalat dewasa. Lalat betina mempunyai ukuran tubuh lebih besar dengan ukuran sayap lebih lebar cenderung lebih subur dibandingkan dengan lalat jantan yang memiliki tubuh dan sayap kecil (Gobbi *et al.*, 2013). Waktu puncak bertelur terjadi sekitar pukul 14.00-15.00 WIB. Imago betina biasanya mati tidak lama setelah bertelur (Tomberlin and Sheppard, 2002).

b. Larva BSF

Larva yang baru menetas dari telur berukuran sangat kecil, sekitar 0.07 inci (1.8 mm) dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Tidak seperti lalat dewasa yang menyukai sinar matahari, larva BSF justru bersifat photofobia. Hal ini terlihat jelas ketika larva BSF sedang makan, dimana mereka lebih aktif dan lebih banyak berada di bagian yang sedikit terkena cahaya matahari. Larva BSF yang baru menetas optimum hidup pada suhu 28-35°C dengan kelembaban sekitar 60-70% (Holmes *et al.*, 2012).

Pada umur 1 (satu) minggu, larva BSF memiliki toleransi yang jauh lebih baik terhadap suhu yang lebih rendah. Ketika cadangan makanan yang tersedia cukup banyak, larva muda dapat hidup pada suhu kurang dari 20°C dan lebih tinggi daripada 45°C. Namun larva BSF lebih cepat tumbuh pada suhu 30-36°C. Larva yang baru menetas akan segera mencari tempat yang lembab dimana mereka dapat mulai memakan material organik yang membusuk. Pada tahap ini larva muda akan sangat rentan terhadap pengaruh faktor eksternal, di antaranya terhadap suhu, tekanan oksigen yang rendah, jamur, kandungan air, dan bahan

beracun. Ketahanannya terhadap faktor-faktor tersebut akan meningkat setelah berumur sekitar 1 minggu (berukuran sekitar 5-10 mg).

Setelah berumur 10 hari, larva-larva BSF akan mampu bersaing dengan lainnya yang lebih tua. Setelah menetas, mulai dari fase larva hingga mencapai tahap prepupa, BSF mampu mereduksi hingga kurang lebih 55% sampah yang diberikan (Diener, 2010).

c. Prepupa

Setelah larva BSF mengalami pergantian kulit, kemudian larva tersebut berkembang dan tumbuh lebih besar dengan panjang tubuh mencapai 2,0-2,5 cm dan selanjutnya masuk ke tahap prepupa. Pada tahapan prepupa, larva BSF tidak lagi melakukan aktivitas makan. Hal ini menyebabkan ada kecenderungan bobot tubuh prepupa menjadi sedikit berkurang. Secara alami prepupa akan meninggalkan media pakannya ke tempat yang kering kemudian membuat terowongan untuk menghindar dari predator. Pada saat masa prepupa berlangsung, struktur mulut larva akan berubah bentuk menjadi seperti kait dan berubah warna menjadi coklat tua hingga kehitaman. Bentuk kait pada mulut larva akan mempermudah prepupa untuk berpindah dan keluar dari sumber makanan ke lingkungan baru yang kering bertekstur seperti humus, teduh dan terlindungi dari predator. Tahap pupasi dimulai saat prepupa menemukan tempat yang cocok untuk berhenti beraktivitas dan menjadi kaku. Prepupa berlangsung sekitar dua sampai tiga minggu (Dortmans *et al.*, 2017).

d. Pupa

Setelah melalui fase telur hingga prepupa, larva akan memasuki fase pupa. Bobot

pupa betina rata-rata 13% lebih berat dibandingkan dengan bobot pupa jantan. Fase pupa ini memakan waktu 14 hari. Fase pupasi akan berakhir ditandai dengan keluarnya lalat dari dalam pupa. Proses keluarnya lalat ini berlangsung cukup singkat. Lalat dapat berhasil keluar dalam waktu 5 menit, kemudian lalat akan membuka bagian pupa yang dulunya merupakan bagian kepala kemudian merangkak keluar, mengeringkan sayapnya kemudian mengembangkannya dan terbang (Dortmans *et al.*, 2017).

e. BSF dewasa

Lalat *Black Soldier Fly* ini mempunyai siklus hidup dengan cara bermetamorfosa. Siklus hidup BSF sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan udara (humidity), intensitas cahaya, serta kualitas dan kuantitas makanan (Nguyen *et al.*, 2015).

Black Soldier Fly memiliki warna hitam dan pada bagian segmen basal abdomennya memiliki warna transparan sehingga agak mirip abdomen pada lebah. BSF memiliki panjang sekitar 15 hingga 20 mm serta memiliki waktu hidup 5 hingga 8 hari. BSF dewasa tidak mempunyai mulut yang berfungsi semestinya, sebab BSF dewasa beraktivitas hanya untuk kawin serta berkembangbiak selama fase hidupnya. Ketika BSF dewasa berkembang dari pupa, keadaan sayapnya masih melipat selanjutnya mulai mengembang dengan sempurna sampai bagian torak tertutupi. Berdasarkan dari jenis kelamin, BSF betina biasanya mempunyai daya tahan hidup yang lebih pendek dibanding dengan lalat jantan (Tomberlin *et al.*, 2009).

Kebutuhan nutrisi BSF dewasa dipengaruhi oleh beberapa faktor

diantaranya ialah kandungan lemak yang dicadangkan ketika tahap pupa. Kala cadangan lemaknya habis, maka BSF tersebut akan mati (Makkar *et al.*, 2014). Lama hidup BSF dewasa berada dikisaran 1 dan 2 minggu tergantung pada pakan larva dan pakan tambahan pada tahap dewasa. BSF dewasa yang diberikan air bisa lebih lama hidupnya dibandingkan dengan yang tidak diberikan air sama sekali (Tomberlin *et al.*, 2002).

4. Kandungan nutrisi BSF

Kandungan protein pada larva cukup tinggi yaitu 44,26% dan kandungan lemak mencapai 29,65%. Nilai asam amino, asam lemak dan mineral yang terkandung dalam maggot BSF tidak kalah dengan sumber-sumber protein lainnya sehingga maggot BSF dapat digunakan sebagai alternatif untuk pakan ternak (Fahmi *et al.*, 2007). Kadar bahan kering maggot BSF yaitu 26,61% pada umur lima hari menjadi 39,97% pada saat 25 hari. Pada komponen lemak kasar yaitu sekitar 13,37% pada umur lima hari dan meningkat menjadi 27,50% pada saat 25 hari.

Menurut Kantun *et al.* (2015) kadar air berlawanan dengan kadar lemak, apabila semakin tinggi kadar air yang terkandung maka semakin rendah kadar lemaknya.

5. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Maggot BSF

Menurut Fahmi (2015) ada beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan maggot BSF antara lain yaitu :

a) Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam siklus hidup

black soldier fly. Suhu optimal maggot BSF untuk dapat tumbuh dan berkembang adalah 30°C, namun pada suhu 36°C akan menyebabkan pupa tidak dapat mempertahankan hidupnya, sehingga tidak mampu menetas menjadi lalat dewasa (imago). Suhu yang hangat cenderung akan memicu telur menetas lebih cepat dibandingkan suhu yang rendah (Wardana, 2016).

Suhu media pertumbuhan pada maggot dapat berpengaruh pada produksi dan laju pertumbuhan maggot BSF. Maggot BSF yang dibudidayakan pada media dengan suhu 27°C pertumbuhannya akan lebih lambat, dibandingkan suhu 30°C dan jika suhu media mencapai 36°C tidak akan ada maggot BSF yang dapat bertahan hidup (Tomberlin, 2009). Berdasarkan hal tersebut, maka hasil penelitian suhu pada beberapa media pada pagi dan siang hari termasuk dalam kategori suhu yang cukup ideal karena berkisar 34-35 °C (Mudeng, 2018).

b). Kelembaban

Kelembaban juga dilaporkan berpengaruh terhadap proses bertelur lalat BSF. Sekitar 80% lalat betina akan bertelur pada kondisi kelembaban lebih dari 60% dan hanya 20% lalat betina yang bertelur ketika kondisi kelembaban kurang dari 60% (Wardana, 2016). Sumber makanan untuk BSF harus cukup lembab dengan kandungan air antara 60% sampai 90% supaya dapat dengan mudah dicerna (Diener, 2010). Larva maggot BSF tidak memiliki jam untuk istirahat, namun mereka juga tidak makan sepanjang waktu. Ketika kadar air sampah yang diberikan terlalu tinggi akan menyebabkan maggot keluar dari reaktor pembiakan, mencari tempat yang lebih kering. Namun, ketika kadar airnya juga kurang akan mengakibatkan konsumsi makanan yang kurang efisien pula.

Sementara suhu makanan yang diberikan optimum pada angka 27-33 °C, namun pada suhu yang lebih rendah maggot BSF tetap dapat bertahan karena adanya asupan panas dari sampah yang dimakannya (Alvarez, 2012).

c). PH

Kemampuan maggot BSF hidup dalam berbagai media terkait dengan karakteristiknya yang memiliki toleransi pH yang luas (Mangunwardoyo dkk., 2011). Selain itu, kemampuan maggot BSF dalam mengurai senyawa organik ini juga terkait dengan kandungan beberapa bakteri yang terdapat di dalam saluran pencernaannya (Li *et al.*, 2011). Pertumbuhan organisme sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan atau tempat hidup dan jumlah bahan makan yang tersedia Susanto (2002). Kemudian rakhmanda (2011) menyatakan bahwa tingginya bahan organik pada media akan meningkatkan jumlah bakteri dan jumlah partikel organik hasil dekomposisi oleh bakteri lainnya sehingga dapat meningkatkan jumlah bahan makanan pada media tersebut yang dapat mempengaruhi peningkatan populasi maggot tersebut.

B. Media pembesaran maggot BSF

Telur BSF akan menetas pada hari ke-2 sampai hari ke-3 setelah peletakan telur. Maggot BSF yang telah menetas segera memasuki tahap pertumbuhan menjadi baby larva selama 6 sampai 7 hari didalam media tetas tersebut. Setelah 7 hari larva BSF dipindahkan ke media pembesaran untuk diberi pakan (Muhayyat *et al.*, 2016).

Maggot BSF memakan kotoran hewan, daging segar maupun yang sudah membusuk, buah-buahan, sampah restoran, sampah dapur dan sampah organik

lainnya (Alvarez, 2012). Kebutuhan nutrisi pada makanan untuk maggot BSF juga harus diperhatikan. Bahan yang kaya protein dan karbohidrat dapat menghasilkan pertumbuhan yang baik bagi maggot BSF (Diener *et al.*, 2011).

C. Metode pengeringan maggot BSF

Pengeringan pada dasarnya merupakan proses perpindahan energi yang digunakan untuk menguapkan air yang berada dalam bahan, sehingga mencapai kadar air tertentu agar kerusakan bahan pangan dapat diperlambat. Kelembapan udara pengering harus memenuhi syarat yaitu sebesar 55– 60% (Pinem, 2004). Menurut Huda (2008) Penguapan terjadi apabila air yang dikandung oleh suatu bahan teruap, yaitu apabila panas diberikan kepada bahan tersebut. Panas ini dapat diberikan melalui berbagai sumber, seperti kayu api, minyak dan gas, arang baru ataupun tenaga surya.

Adapun faktor-faktor pada pengeringan yang mempengaruhi mutu bahan adalah luas permukaan bahan pangan, suhu pengeringan, aliran udara, tekanan uap air, sumber energi yang digunakan dan jenis bahan yang akan dikeringkan. Pengeringan akan menyebabkan terjadinya perubahan warna, tekstur dan aroma bahan pangan. Pengeringan menyebabkan kadar air bahan pangan menjadi rendah yang juga akan menyebabkan zat-zat yang terdapat pada bahan pangan seperti protein, lemak, karbohidrat dan mineral akan lebih terkonsentrasi. Pada dasarnya, kadar air dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu pengeringan alami (*natural drying*) dan pengeringan buatan (*artificial drying*) atau pengeringan mekanis (*mechanical drying*) (Lidiasari dkk., 2006).

Teknik pengolahan fisik maggot BSF dengan cara pengeringan dapat

dilakukan dengan berbagai metode pengolahan di antara lain adalah teknik pengolahan maggot BSF dengan sinar matahari selama 2 hari (Aini dkk., 2018), maggot BSF dengan teknik pengolahan oven bersuhu 90 °C mampu menurunkan kadar air hingga <7,9 % dengan waktu pengeringan cepat (Afriansyah et al., 2023). Selain itu, Alpionita *et al.*, 2020 mengevaluasi oven tipe rak dengan suhu 60 °C efektif menurunkan kadar air maggot dari 66 % → 11 % dalam 12 jam. Kecepatan pengeringan mencapai 4,75 %/jam, efisien dan tidak merusak protein alami. Kemudian maggot BSF dengan teknik pengolahan sangrai selama 15 menit bersuhu 100 °C (Lestariningsih, 2021).

Adapun macam-macam pengeringan sebagai berikut:

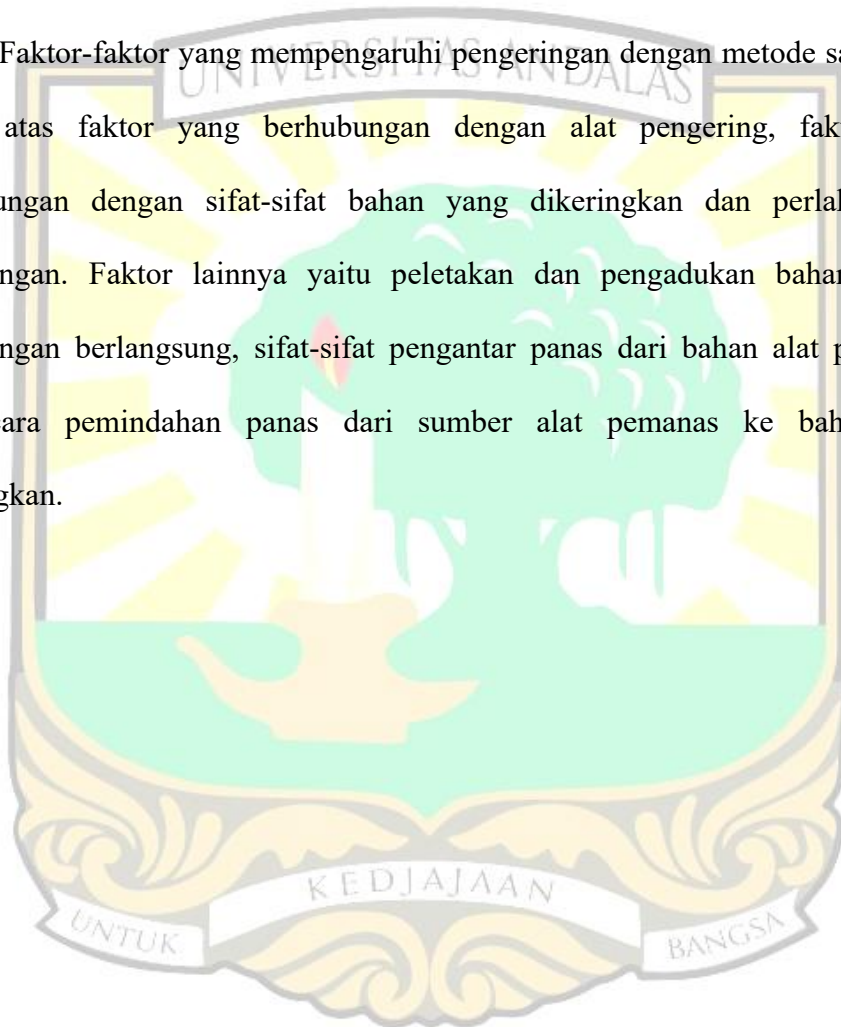
a. Microwave

Proses pengeringan maggot BSF menggunakan metode microwave 800 watt selama 25 menit (Purnamasari dkk., 2021). Pengeringan menggunakan oven pengering tipe rak sangat efisien karena tidak mengurangi atau merusak kadar protein pada larva BSF (Fadil, dkk., 2023). Selain itu lamanya waktu pengeringan maggot BSF menggunakan oven sangat berpengaruh pada hasil uji proksimat. Lama waktu pengeringan yang optimal adalah 1,5 jam menggunakan oven karena semua parameter kualitas pakan seperti kadar air, kadar abu, kadar lemak, dan kadar serat kasar sudah memenuhi SNI 01-4087-2006 diwaktu tersebut (Firstiano, 2023). Selain itu, Park *et al.*, 2021 menyatakan dalam penelitiannya bahwa pengeringan dengan microwave tidak merusak nilai nutrisi dan aman digunakan dalam industri pakan.

b. Sangrai

Penyangraian termasuk salah satu metode pengeringan isotermik. Muchtadi dan Sugiyono (2013) menyatakan bahwa pengeringan isotermik adalah pengeringan dengan bahan yang akan dikeringkan berhubungan langsung dengan lembaran (pelat) logam yang panas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan dengan metode sangrai ini terdiri atas faktor yang berhubungan dengan alat pengering, faktor yang berhubungan dengan sifat-sifat bahan yang dikeringkan dan perlakuan pra pengeringan. Faktor lainnya yaitu peletakan dan pengadukan bahan selama pengeringan berlangsung, sifat-sifat pengantar panas dari bahan alat pengering serta cara pemindahan panas dari sumber alat pemanas ke bahan yang dikeringkan.



BAB III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Maret sampai Juni 2025. Perlakuan dilaksanakan di Sentra Budidaya Maggot BSF dan proses pengeringan dilakukan di Rumah Minagot Sumbar Bukit Belimbing Indah, Kuranji. Analisis profil proksimat dan kandungan minyak dilakukan di PT Saraswanti Indo Genetech (SIG).

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana pada tahap pertama akan dilakukan perlakuan berupa variasi berat telur per biopond yang terdiri atas 5 macam variasi yaitu:

1. P1: 3 g telur/biopond
2. P2: 4 g telur/biopond
3. P3: 5 g telur /biopond
4. P4: 6 g telur/biopond
5. P5: 7 g telur/biopond

Tiap-tiap perlakuan terdiri atas 5 kali ulangan. Variasi berat telur didasarkan pada pertimbangan bahwa dalam praktek yang sudah dilakukan oleh peternak maggot BSF (Sentral Budidaya Maggot) biasanya menggunakan 5 gram telur per biopond. Selanjutnya, maggot hasil perlakuan terbaik dari eksperimen variasi berat telur tersebut dijadikan sampel untuk pengujian metode pengeringan terbaik. Adapun metode pengeringan yang digunakan terdiri atas:

1. M1: Pengeringan dengan microwave
2. M2: Pengeringan dengan sangrai kopi
3. M3: Pengeringan dengan sangrai kompor tanpa pasir
4. M4: Pengeringan dengan sangrai kompor dengan pasir
5. M5: Pengeringan dengan jemur matahari

C. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan alat-alat berupa 2 jenis biopond untuk media penetasan dan media pembesaran. Untuk media penetasan menggunakan *biopond* dengan ukuran 27,5cm × 21,5cm × 10cm sebanyak 25 buah dan untuk media pembesaran digunakan *biopond* dengan ukuran 123cm × 81,5cm × 10cm sebanyak 25 buah, timbangan analitik, microwave, wajan, kompor pengaduk, sangrai kopi, pasir, jaring pengayak, kertas label, timbangan ukuran lebih besar dan alat tulis, pipet tetes, tabu ukur 500 ml, erlenmeyer 250 ml, erlenmeyer 500 ml.

Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah telur BSF, pur ayam untuk media penetasan, air, 10ml filtrat, 25ml larutan luff, labu kjedahl, sendok, labu destilasi, kertas lakmus, labu soklet, kertas saring, teliti cawan porselen kosong, cawan penguap (*kruss*), *furnace*, alat kromatografi gas Shimadzu GC-2010, 200 ml HCl 3%, NaOH 4N, 10 ml larutan KI 30%, larutan Thio sulfat 0,1N, 10 ml larutan standar primer $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N, 5 ml KI 10 %, HCl pekat, 1 ml larutan amilum 1 %, selenium (9 g), 15 ml H_2SO_4 pekat, 15 ml NaOH 40%, 20 ml HCl 0,5N, 4 tetes indikator pp, NaOH 0,5 N, 20 ml HCl 0,5N, 50 ml larutan H_2SO_4

1,25%, 50 ml NaOH 3,25%, H₂SO₄ 1,25% panas, air panas dan etanol 96%, 15 ml H₂SO₄ 4N dan sampah organik dapur (SOD).

D. Prosedur Kerja

1. Persiapan media penetasan telur BSF

Pada wadah uji diletakkan pur ayam (merk) dengan berat 250 g dilarutkan dengan air 500 ml. Pur ayam digunakan sebagai media penetasan. Pada media penetasan diletakkan telur sesuai perlakuan dengan usia panen telur yang sama. Telur kemudian diletakkan di atas kawat pada sebuah tisu sedikit lebih tinggi dari permukaan media penetasan agar telur tidak terkena media yang dapat menyebabkan telur berjamur dan membusuk. selanjutnya pada hari ke 7 maggot BSF dipindahkan ke media pembesaran.

2. Persiapan media pembesaran maggot BSF

Media pakan pembesaran maggot BSF yang digunakan pada penelitian ini adalah sampah organik dapur (SOD) yang dikumpulkan dari dapur. Jumlah pemberian pakan ini berdasarkan studi pendahuluan yang sudah dilakukan. Jumlah pakan yang diberi pada maggot BSF ini dilakukan jika pakan didalam *biopond* sudah habis.

Waktu panen dilakukan jika maggot BSF sudah memenuhi kriteria panen yang ada. Untuk kriteria panen maggot BSF yang digunakan pada penelitian ini yaitu beberapa maggot yang sudah mulai berubah menjadi prepupa. Rincian pemberian pakan maggot BSF dilakukan seperti tabel berikut.

Tabel 1. Waktu pemberian pakan selama periode perlakuan (perbesaran) 7 hari setelah penetasan telur maggot BSF.

Hari Ke-	Perlakuan (variasi berat telur)					Keterangan
	P1 (3 gram)	P2 (4 gram)	P3 (5 gram)	P4 (6 gram)	P5 (7 gram)	
1	2 kg	2 kg	2 kg	2 kg	2 kg	-
2	-	-	-	-	-	-
3	2 kg	2 kg	2 kg	2 kg	2 kg	-
4	-	-	-	-	-	-
5	5 kg	5 kg	5 kg	5 kg	5 kg	-
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	7 kg	7 kg	7 kg	7 kg	7 kg	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	5 kg	5 kg	5 kg	5 kg	5 kg	-
12	-	-	-	-	-	-
13	5 kg	5 kg	5 kg	5 kg	5 kg	-
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	Panen

Untuk menilai kualitas pertumbuhan maggot hasil pemeliharaan dengan perlakuan yang berbeda-beda maka dilakukan observasi terhadap parameter-parameter berikut.

a. Berat maggot (g)

Pengukuran berat maggot BSF dilakukan dihari ke 11, 13, 15, 18, 20 dan panen terhitung sejak penetasan telur maggot BSF. Maggot BSF dihitung per 10 ekor dengan 3 ulangan. Kemudian Maggot BSF dilakukan perbandingan untuk melihat homogenitas. Berat rata-rata didapatkan dari total berat larva dibagi dengan jumlah larva (Diener *et al.*, 2009).

$$\text{Berat larva (g)} = \frac{\text{Total berat larva}}{\text{jumlah larva}}$$

b. Indeks pengurangan sampah (waste reduction index/WRI)

Indeks pengurangan sampah (*waste reduction index/WRI*) merupakan indeks pengurangan limbah oleh larva perhari. Nilai WRI yang tinggi memberi makna kemampuan larva dalam mereduksi sampah yang tinggi pula (Diener *et al.*, 2009).

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100 \% \qquad D = \frac{W-R}{W}$$

Keterangan:

WRI : Indeks reduksi sampah (WRI)

W : Jumlah sampah total (g)

t : Total waktu larva memakan sampah

R : Sisa sampah total setelah waktu tertentu (g)

D : Penurunan sampah total

c. Analisa konsumsi

Analisa konsumsi adalah jumlah sampah yang dikonsumsi larva dinyatakan dalam persenan selama pemeliharaan. Untuk menghitung konsumsi sampah, sisa sampah yang diberikan pada panen ditimbang lalu dibandingkan dengan berat sampah pada awal perlakuan (Diener *et al.*, 2009).

$$\text{Konsumsi sampah} = \frac{\text{Berat sampah awal} - \text{berat sampah akhir}}{\text{Berat sampah awal}} \times 100 \%$$

Selanjutnya, untuk menentukan kualitas maggot hasil pemeliharaan maka dilakukan analisis kualitas maggot berdasarkan profil proksimat tepung dan komposisi asam lemak dari minyaknya. Adapun rangkaian prosedur kerjanya adalah sebagai berikut.

3. Persiapan pemanenan maggot BSF

Proses pemanenan maggot dilakukan setelah maggot berumur 23 hari sejak penetasan. Pemanenan maggot dilakukan dengan cara terlebih dahulu maggot BSF dipisahkan dari media pakan menggunakan jaring pengayak. Setelah

terpisah, selanjutnya di matikan menggunakan air panas (80°C). Setelah disaring maggot dibilas menggunakan air bersih, kemudian maggot siap untuk proses selanjutnya yaitu proses sangrai atau oven (Rahayu, 2021).

4. Prosedur pengeringan maggot BSF

Metoda pengeringan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

a. Metode pengeringan *microwave*

Pengeringan menggunakan metode *microwave* dilakukan dengan tiga kali ulangan dengan berat awal sebanyak 50 gram. Suhu yang digunakan yaitu 200-250°C (Mid High) dan waktu yang digunakan adalah 7 menit.

b. Metode pengeringan sangrai kopi.

Pengeringan menggunakan metode sangrai kopi dilakukan dengan tiga kali ulangan dengan berat awal sebanyak 50 gram. Pada metode sangrai kopi, suhu yang digunakan mencapai di titik 170°C.

c. Metode pengeringan sangrai kompor tanpa pasir

Pengeringan menggunakan metode sangrai kompor tanpa ini dilakukan dengan tiga kali ulangan dengan berat awal sebanyak 50 gram.

d. Metode pengeringan sangrai kompor dengan pasir

Pengeringan menggunakan metode sangrai kompor dengan pasir sebagai media penghantar panas dilakukan dengan tiga kali ulangan dengan berat awal sebanyak 50 gram.

e. Metode pengeringan jemur matahari

Pengeringan dengan metode jemur matahari sangat bergantung dengan kondisi lingkungan pada saat penjemuran. Pengeringan menggunakan metode jemur matahari dilakukan dengan tiga kali ulangan dengan berat awal sebanyak 50 gram.

Kriteria maggot BSF kering yaitu maggot sampai kembang sempurna, berbentuk bulat-bulat dan tidak kempes saat sudah dingin dan berwarna coklat keemasan. Sebelum dilakukan analisis proksimat dan minyak, pada awalnya dilakukan pengukuran berat maggot BSF kering. Berat maggot BSF kering diukur dengan menghitung berapa banyak maggot BSF kering dalam berat 0,5 gram dengan 3 ulangan.

5. Prosedur pembuatan tepung maggot BSF

Maggot BSF yang telah dikeringkan, kemudian dihaluskan dengan menggunakan alat blender. Selanjutnya sampel diuji proksimat.

6. Uji proksimat tepung maggot BSF

Parameter dalam uji proksimat meliputi kadar karbohidrat, kadar protein, kadar lemak, kadar air, kadar abu dan serat kasar.

a. Penentuan kadar karbohidrat

Menghitung kadar karbohidrat diawali dengan melakukan uji kadar air sesuai dengan acuan dan jenis matriknya. Selanjutnya melakukan uji kadar abu sesuai dengan acuan dan jenis matriknya. Kemudian melakukan uji kadar protein sesuai dengan IK nomor 18-8-31/MU/SMM-SIG. Selanjutnya melakukan uji kadar

lemak (FAO,2003) sesuai dengan IK nomor 18-8-5/MU/SMM-SIG .

$$\text{Karbohidrat Total (\%)} = 100\% - (\% \text{ protein} + \% \text{ lemak} + \% \text{ air} + \% \text{ abu})$$

b. Penentuan kadar protein

Penentuan kadar protein dilakukan dengan cara terlebih dahulu menimbang porsi uji ke dalam kertas minyak atau perahu timbang. Selanjutnya melakukan destruksi. Kemudian memasang tabung Kjeldahl 300 ml yang berisi sampel hasil destruksi pada alat *distillation unit*. Kemudian memasang erlenmeyer 250 ml yang berisi larutan H_3BO_3 sebagai tampungan pada alat *distillation unit*. Setelah itu destilasi hingga volume destilat mencapai minimal 3x volume penampung awal. Setelah itu titrasi destilat dengan larutan HCL terstandar hingga akhir tercapai.

$$\text{Kadar protein\%} = \frac{(V_p - V_b) \times N \times 1.4007 \times F_k}{W_{\text{spl}} \text{ atau } V_{\text{spl}}}$$

Keterangan:

- V_p : Volume HCl yang diperlukan untuk titrasi sampel (mL)
 V_b : Volume HCl yang diperlukan untuk titrasi blanko (mL)
 N : Normalitas larutan HCl (N)
 W_{spl} : Bobot penimbangan porsi uji (g)
 V_{spl} : Volume pemipetan porsi uji (mL) (AOAC,2001).

c. Penentuan kadar lemak

Penentuan kadar lemak pada uji proksimat diawali dengan menimbang porsi uji (bobot disesuaikan dengan bentuk dan jenis matriknya) kedalam gelas piala 100 ml. Kemudian melakukan ekstraksi lemak dengan metode ekstraksi langsung secara sokhlet. Hidrolisis metode weibull atau perforator sesuai matrik sampel. Selanjutnya mendistilasi ekstrak kemudian keringkan dengan perakuan panas hingga diperoleh residu lemak. Setelah itu mendinginkan residu lemak hingga mencapai suhu ruang. Kemudian

menimbang hingga diperoleh bobot tetap.

$$\text{Kadar lemak}\% = \frac{(C-A)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A : bobot labu lemak kosong (g)

B : bobot porsi uji (g)

C : bobot tetap labu lemak + porsi uji setelah pemanasan (g) (SNI,1992)

d. Penentuan kadar air

Langkah awal yang dilakukan dalam penentuan kadar air adalah menimbang porsi uji ke dalam kotak timbang yang telah diketahui bobotnya. Kemudian mengeringkan ke dalam oven. Setelah itu mendinginkan ke dalam desikator. Selanjutnya menimbang dan mengulangi pengeringan hingga diperoleh bobot tetap.

$$\text{Kadar air} = \frac{((A+B)-C)}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Bobot wadah kosong (g)

B : Bobot porsi uji (g)

C : Bobot tetap wadah + porsi uji setelah pemanasan (g) (SNI, 1992).

e. Penentuan kadar abu

Penentuan kadar abu dilakukan dengan cara terlebih dahulu menimbang 2-6 gram sampel porsi uji ke dalam cawan porselen yang telah diketahui bobotnya. Kemudian melakukan proses pengarangan hingga asap hilang. Setelah itu, mengabukan dalam tanur pada suhu 550 °C hingga pengabuan sempurna (4 jam). Kemudian mendinginkan dalam desikator. Setelah itu menimbang hingga diperoleh bobot tetap.

$$\text{Kadar abu} = \frac{C-A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Bobot cawan kosong (g)

B : Bobot porsi (g)

C : Bobot tetap cawan + porsi uji setelah pemijaran (g) (SNI,1992).

7. Prosedur pembuatan minyak maggot BSF

Maggot BSF yang telah dikeringkan, kemudian dipress menggunakan alat press minyak. Pengepressan dilakukan dengan memasukkan maggot kering kedalam alat press dengan berat masing masing 100 g per perlakuan pada metode pengeringan. Pada pengepresan minyak ini dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Kemudian sampel dikirim untuk diuji asam lemaknya. Minyak yang diuji hanya minyak yang berasal dari metode pengeringan microwave dan sangrai kopi saja.

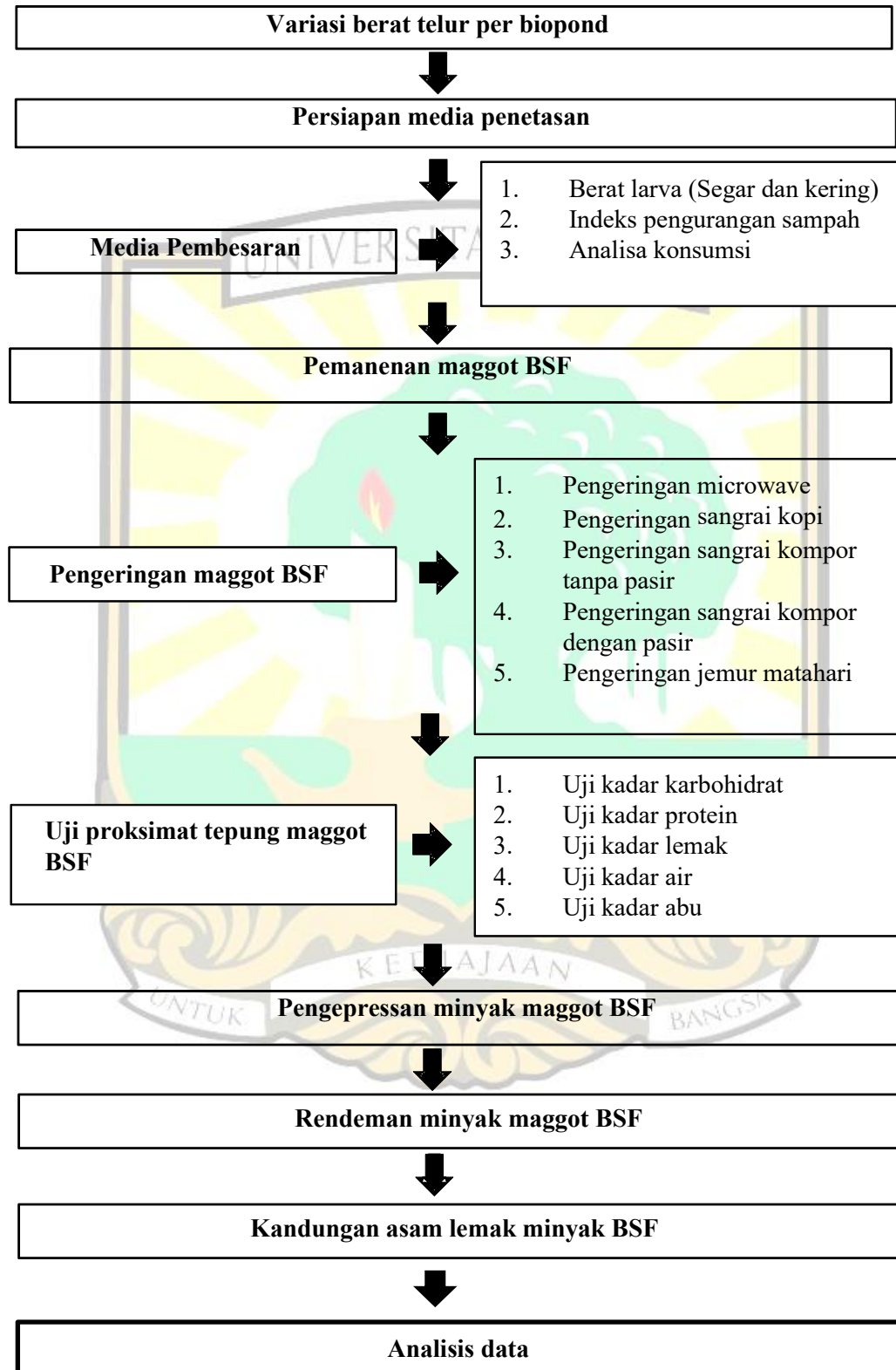
8. Analisis Kandungan Asam Lemak Minyak Larva Black Soldier Fly

Kandungan asam lemak dianalisis di PT *Saraswati Indo Genetech* (SIG), Bogor. Metode analisis menggunakan GC-FID. Teknik GC FID digunakan dalam analisis profil dan kuantifikasi asam lemak dalam bentuk metil ester (*fatty acid methyl esters*, FAMES).

E. Analisis Data

Data-data kuantitatif dianalisis secara statistik menggunakan program IMB SPSS Statistik 19. Data diuji normalitas dan distribusinya lalu dilanjutkan dengan analisis sidik ragam (ANOVA). Kemudian jika terdapat perbedaan signifikan maka dilakukan uji lanjut *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%.

F. Bagan alir penelitian



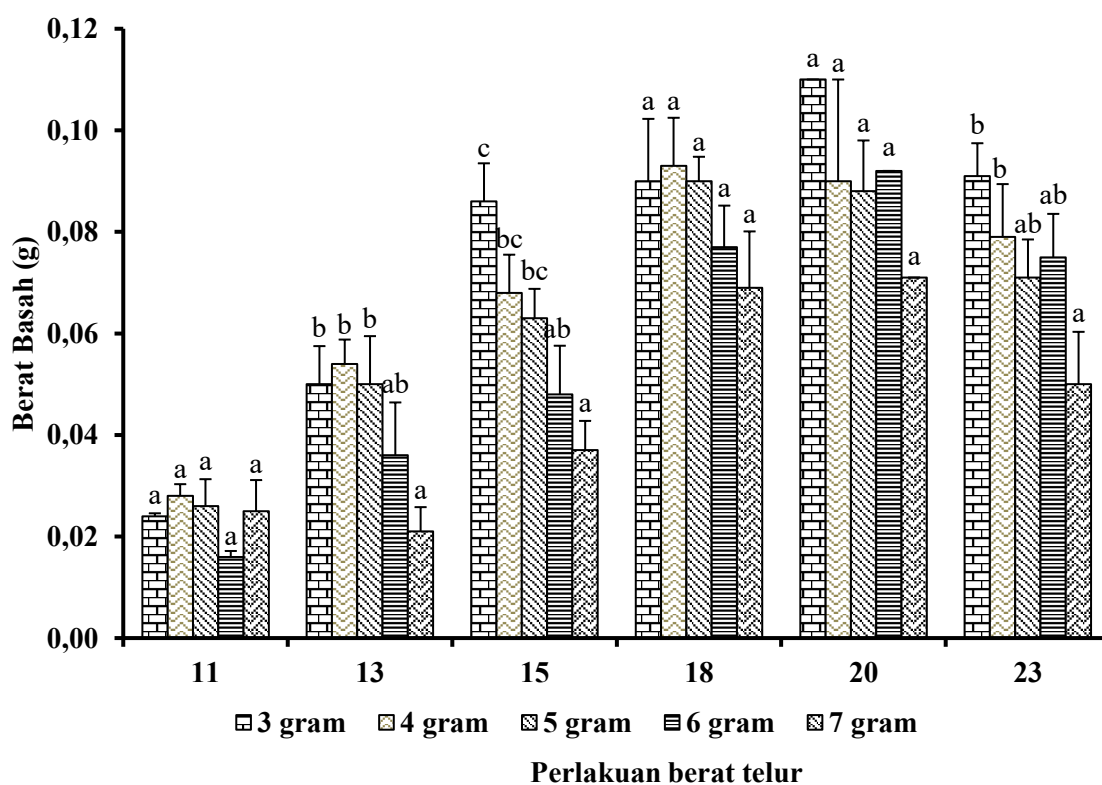
Gambar 4. Bagan alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan Maggot *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens* L.) Berdasarkan Variasi Berat Telur per Biopond

1. Berat Basah dan Berat Kering Maggot per Ekor Pada Setiap Perlakuan

Pertumbuhan maggot diamati dengan melihat pertumbuhan berat maggot. Berat maggot ditimbang dalam kondisi maggot masih hidup (basah). Pertumbuhan berat basah maggot ditimbang pada hari ke-11, 13, 15, 18, 20 dan 23 (panen). Setelah panen, maggot dikeringkan berdasarkan berbagai metode pengeringan yang dilakukan. Kemudian, berat maggot kering ditimbang.



Gambar 4. Rata-rata pertumbuhan berat basah maggot per ekor pada setiap perlakuan yang diamati pada umur ke- 11, 13, 15, 18, 20, dan 23. Huruf kecil yang berbeda pada kelompok hari pengamatan yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Berdasarkan hasil penelitian, pada hari ke-11 seluruh perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap berat basah maggot per ekor. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada fase awal pemeliharaan, pertumbuhan maggot belum secara nyata dipengaruhi oleh variasi berat telur yang ditebar. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses adaptasi awal maggot terhadap lingkungan budidaya dan substrat pakan. Memasuki hari ke-13, mulai terlihat pengaruh berat telur terhadap pertumbuhan berat basah maggot. Terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan, di mana pertumbuhan tertinggi secara berurutan dicapai oleh perlakuan 4 gram, 3 gram, dan 5 gram. Sementara itu, perlakuan 7 gram menunjukkan pertumbuhan paling rendah. Meskipun perlakuan 6 gram menghasilkan berat yang lebih tinggi dibandingkan 7 gram, secara statistik perbedaannya tidak signifikan. Pola ini mulai menggambarkan bahwa kepadatan maggot akibat berat telur yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan efisiensi pertumbuhan. Pada hari ke-15, tren pertumbuhan berat maggot semakin jelas menunjukkan bahwa berat telur yang lebih sedikit cenderung menghasilkan bobot individu yang lebih tinggi. Perlakuan 3 gram menghasilkan berat basah tertinggi secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan 6 dan 7 gram, yang kembali menunjukkan bahwa tingkat kepadatan rendah mendukung pertumbuhan individu secara optimal yang berkaitan dengan akses nutrisi yang merata dan ruang gerak yang cukup.

Pertumbuhan berat maggot terus mengalami peningkatan hingga hari ke-18 dan ke-20. Namun, pada kedua titik waktu tersebut tidak ditemukan perbedaan signifikan antar perlakuan. Hal ini dapat disebabkan karena maggot pada seluruh

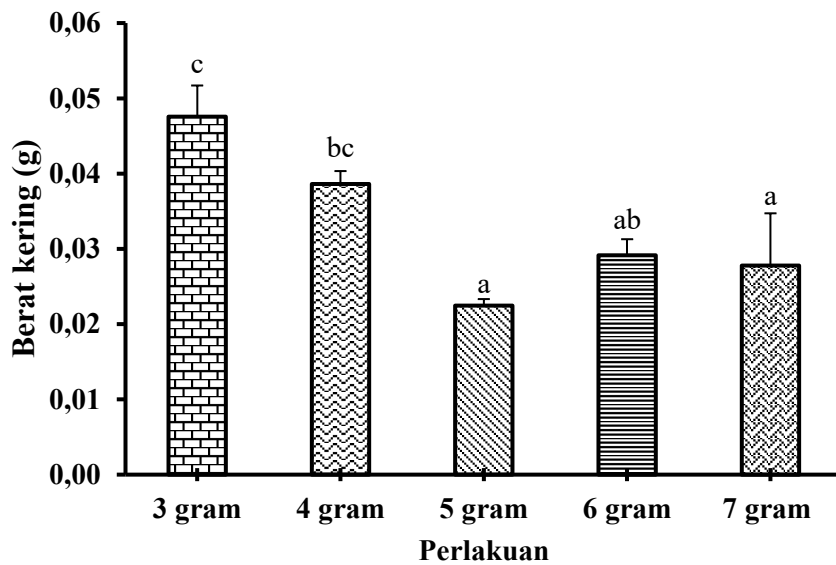
perlakuan telah mencapai fase akhir yang relatif seragam. Meskipun demikian, perlakuan 7 gram tetap menunjukkan berat terendah dan mengindikasikan bahwa kepadatan maggot tinggi tidak menguntungkan dalam penambahan biomassa. Menjelang hari ke-23, yang merupakan waktu panen, perbedaan berat maggot kembali terlihat. Perlakuan 7 gram secara signifikan menghasilkan berat terendah dibandingkan perlakuan lainnya. Sementara itu, perlakuan 3 gram menunjukkan berat tertinggi, meskipun secara statistik tidak berbeda signifikan dengan perlakuan 4, 5, dan 6 gram. Penurunan laju pertumbuhan pada hari ini diperkirakan berkaitan dengan transisi maggot menuju fase prepupa, yang ditandai dengan menurunnya aktivitas makan.

Menurut Rachmawati *et al.* (2010), nilai produksi maggot dipengaruhi oleh jenis dan ketersediaan pakan yang diberikan sehingga menyebabkan perbedaan nilai pertumbuhan maggot. Hal ini berkaitan dengan asupan jumlah pakan yang dapat dikonsumsi oleh maggot dalam masing-masing perlakuan berat telur yang berbeda, sehingga zat-zat makanan yang digunakan untuk membentuk jaringan-jaringan tubuh juga berbeda. Hal inilah yang mempengaruhi berat akhir maggot, karena persaingan dalam memperoleh pakan di masing-masing perlakuan berbeda. Menurut Tran *et al.* (2014), perbedaan berat yang dihasilkan antar perlakuan juga dapat disebabkan oleh perbedaan kandungan air dalam media pakan. Dalam membudidayakan maggot kadar air media harus rendah, karena maggot tidak dapat berkembang baik bahkan tidak dapat tumbuh pada media dengan kadar air tinggi.

Hem *et al.* (2008) juga menyatakan bahwa umumnya zat gizi yang cukup

dan terpenuhi dalam pertumbuhan dan perkembangan maggot dapat diukur melalui berat maggot yang dihasilkan. Jika jumlah makanan yang diberikan lebih sedikit dari kebutuhan maggot, maka akan memperlambat metabolisme maggot sehingga reduksi sampah akan terhambat. Namun apabila jumlah makanan yang diberikan terlalu banyak, maka kemampuan maggot dalam mengolah sampah akan berkurang dan maggot cenderung mengalami obesitas (Hartono *et al.*, 2021). Selain itu, pertumbuhan maggot juga dipengaruhi oleh faktor lainnya seperti internal dan eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan yaitu keturunan, jenis kelamin, parasit dan penyakit, sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan yaitu ketersediaan pakan dan suhu lingkungan. Tekanan lingkungan seperti suhu tinggi diatas 36°C dan kelembapan rendah dibawah 60% yang dapat menyebabkan pengkerutan tubuh maggot dan bahkan kematian maggot sehingga sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup maggot (Monita, 2017).

Menurut Booth dan Sheppard (1984), suhu yang lebih hangat yaitu diatas 30°C dapat menyebabkan maggot BSF lebih aktif dan produktif. Penelitian yang pernah dilakukan Tomberlin *et al.* (2009) melaporkan bahwa suhu yang optimal untuk perkembangan maggot BSF sekitar 30°C dan hampir tidak ada pupa yang bertahan hidup pada suhu 36°C. Rahmawati (2021) menyatakan bahwa penurunan berat maggot pada fase akhir dapat disebabkan karena maggot BSF tidak lagi memakan sampah atau pakan yang diberikan dan mencari tempat yang kering untuk migrasi ke fase pupa.



Gambar 5. Rata-rata berat kering maggot per ekor yang didapatkan setelah panen (hari ke-23). Huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Berdasarkan hasil penelitian terhadap berat kering maggot tersebut, dengan pemberian pakan yang sama dapat dilihat bahwa telur 3 gram menunjukkan hasil berat kering tertinggi dan disusul dengan telur 4 gram. Kedua perlakuan ini memberikan hasil yang signifikan dibandingkan dengan telur 5 gram, 6 gram, dan 7 gram. Semakin banyak berat telur BSF yang dipelihara dalam satu biopond maka semakin kecil berat maggot per ekor yang dihasilkan tetapi pada berat maggot keseluruhan pada setiap perlakuan yang dihasilkan tidak berbeda nyata. Perlakuan dengan telur 5 gram memberikan hasil yang lebih rendah meskipun tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan dengan telur 6 gram dan 7 gram. Tren ini menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata antara jumlah telur dan berat kering yang dihasilkan karena perlakuan 5 gram justru menjadi titik terendah. Ketidakefisienan ini bisa diakibatkan oleh kepadatan maggot yang tidak seimbang terhadap jumlah pakan, yang dapat

menurunkan penyerapan nutrisi per individu.

Perbedaan berat kering yang dihasilkan dapat terjadi karena jumlah konsumsi media pakan dalam masing-masing perlakuan berbeda, sehingga zat-zat makanan yang digunakan untuk membentuk jaringan-jaringan tubuh juga berbeda sehingga mempengaruhi berat produksi (berat segar). Berat yang diperoleh dari berat kering lebih sedikit dibandingkan dengan berat basah/segar karena pada proses pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan, meskipun demikian hasil yang diperoleh disebut juga sebagai berat bahan kering (Eawag Aquatic Research, 2017).

Faktor lainnya yang mempengaruhi produksi berat kering adalah kelembapan. Pengendalian kelembapan dan kurangnya aerasi pada substrat dapat mempengaruhi jumlah maggot yang dihasilkan (Calver *et al.*, 1971). Ketika maggot BSF terpapar pada kondisi yang kering, substrat limbah akan mengeras sehingga menyulitkan larva BSF untuk menggali dan mengonsumsi substrat tersebut. Akibatnya, larva BSF mungkin berhenti makan dan mengalami perpanjangan waktu perkembangan pada tahap ini. Kadar air substrat juga merupakan variabel penting dalam proses biokonversi oleh BSF. Substrat pakan dengan kadar air antara 50% hingga 80% dianggap ideal untuk pertumbuhan maggot, berat akhir, efisiensi konversi pakan, dan produksi biomassa. Aniebo *et al.* (2008) juga melaporkan bahwa tingginya kepadatan di dalam substrat dapat menurunkan kondisi aerobik yang pada akhirnya berdampak pada perkembangan hidup telur dan maggot yang ada.

2. Efektivitas Biokonversi Sampah Organik Pada Setiap Perlakuan

Tabel 2 berikut menunjukkan hasil analisis konsumsi pakan maggot BSF dengan variasi peletakan telur dari 3 gram hingga 7 gram. Seluruh perlakuan diberi jumlah pakan dan durasi pemberian pakan yang sama yaitu 26 kg selama 17 hari, sehingga variasi data yang terlihat mencerminkan pengaruh dari berat telur yang ditebarkan.

Perlakuan	Jumlah pakan (kg)	Waktu pemberian pakan (hari)	Rata-rata \pm SE			WRI (%)
			Produksi Maggot Segar (kg)	Sisa pakan / kasgot (kg)	Analisa konsumsi (%)	
3 gram	26	17	5.250 \pm 397,4 ^a	2.125 \pm 225,9 ^a	92,3 \pm 0,68 ^a	5,40 \pm 0,05 ^a
4 gram	26	17	5.338 \pm 313,2 ^a	1.913 \pm 128,1 ^a	92,6 \pm 0,51 ^a	5,45 \pm 0,03 ^a
5 gram	26	17	5.513 \pm 405,4 ^a	1.925 \pm 101 ^a	92,6 \pm 0,39 ^a	5,45 \pm 0,02 ^a
6 gram	26	17	5.183 \pm 220,2 ^a	2.255 \pm 63,4 ^a	90,7 \pm 0,45 ^a	5,37 \pm 0,01 ^a
7 gram	26	17	5.450 \pm 517,6 ^a	2.463 \pm 248,6 ^a	93,2 \pm 2,44 ^a	5,33 \pm 0,06 ^a

Tabel 2. Rata-rata Perbandingan Berat Telur, Jumlah Pakan terhadap Produksi Maggot Segar, Sisa Pakan/Kasgot dan Analisa Pakan Selama 23 Hari Pemeliharaan.

Keterangan: Huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$).

Berdasarkan hasil yang diamati, produksi maggot segar cenderung meningkat seiring bertambahnya berat telur yang ditebarkan dengan produksi tertinggi pada perlakuan 5 gram meskipun tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik. Tren ini menunjukkan bahwa peningkatan berat telur hingga 5-7 gram dapat mendorong peningkatan hasil panen maggot segar. Namun, perlakuan 6 gram justru menghasilkan produksi yang lebih rendah dibandingkan perlakuan 5 gram, yang dapat disebabkan oleh kepadatan larva yang terlalu tinggi

sehingga terjadi kompetisi pakan lebih intensif. Kemudian, sisa pakan (kasgot) tertinggi tercatat pada perlakuan 7 gram diikuti oleh 6 gram, dan terendah pada perlakuan 4 gram. Hal ini menunjukkan bahwa pada peletakan telur yang lebih tinggi (6-7 gram), konsumsi pakan per maggot mungkin kurang optimal, kemungkinan akibat tingginya kepadatan maggot dalam ruang yang terbatas, sehingga terjadi keterbatasan akses terhadap pakan. Rata-rata sisa pakan (kasgot) yang dihasilkan pada semua perlakuan berkisar diantara 10-13% dari total pakan yang diberikan.

Persentase konsumsi pakan tertinggi terdapat pada perlakuan 7 gram diikuti oleh 5 gram dan 4 gram. Sementara konsumsi terendah terjadi pada perlakuan 6 gram. Meski nilai-nilai ini secara statistik tidak berbeda signifikan, pola tersebut memperlihatkan bahwa efisiensi konsumsi pakan cenderung stabil pada peletakan telur 3-5 gram, dan mulai menunjukkan fluktuasi pada peletakan telur yang lebih tinggi. Nilai WRI mencerminkan efisiensi biokonversi limbah oleh maggot, dalam penelitian ini nilai tertinggi terdapat pada perlakuan 4 dan 5, serta terendah pada perlakuan 7 gram. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun konsumsi pakan tampak lebih tinggi pada peletakan telur 7 gram, kemampuan maggot dalam mengubah pakan menjadi biomassa justru sedikit menurun. Artinya, kepadatan telur yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi biokonversi. Secara keseluruhan, variasi peletakan telur memengaruhi tren produksi maggot, sisa pakan, efisiensi konsumsi, dan WRI. Peletakan telur pada kisaran 4-5 gram menunjukkan hasil yang paling seimbang antara produksi maggot, rendahnya sisa pakan, dan efisiensi biokonversi yang tinggi. Sementara

peningkatan hingga 6-7 gram menunjukkan adanya titik jenuh biologis, di mana peningkatan jumlah larva tidak serta merta menghasilkan peningkatan efisiensi konsumsi dan konversi pakan menjadi biomassa.

Maggot BSF memiliki kemampuan dalam mengurai limbah selama 24 jam yaitu 2 hingga 5 kali dari bobot badannya. Maggot BSF dipilih dalam pengelolaan limbah organik karena dapat dengan mudah mendekomposisi limbah organik sehingga menghasilkan kasgot yang bermanfaat untuk tanaman (Henry *et al.*, 2015; De Smet *et al.*, 2018; Gold *et al.*, 2018). Biokonversi sampah organik menghasilkan entropi berupa kasgot yang juga menjadi produk akhir dalam budidaya maggot. Umumnya, kasgot dihasilkan sebanyak 10,00% dari jumlah total sampah organik yang dikonsumsi oleh maggot (Sari *et al.*, 2022). Pada penelitian ini kasgot yang dihasilkan 8% dari jumlah total sampah yang diberikan pada maggot.

Salah satu yang mempengaruhi proses makan maggot adalah kepadatan substrat. Holmes *et al.* (2013) menyatakan bahwa substrat dengan kepadatan tinggi lebih sulit ditembus, sehingga memengaruhi proses makan maggot. Dalam kondisi yang tidak menguntungkan, seperti pada feeding rate 2,00 g/larva/hari dengan kepadatan yang tinggi, maggot akan makan sebentar dan segera bermigrasi keluar setelah memperoleh energi minimum yang diperlukan untuk berkembang menjadi pupa (Diener *et al.*, 2009), sehingga waktu perkembangan menjadi lebih cepat.

Nilai WRI ini berbanding lurus dengan nilai konsumsi pakan. Jika tingkat degradasi tinggi maka nilai WRI juga tinggi. Cara larva BSF mengurangi jumlah

sampah tergantung pada dua faktor, yaitu sejauh mana sampah terdegradasi dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi sampah tersebut. Pada perlakuan pakan dengan jumlah lebih tinggi maka nilai WRI cenderung turun. Hal ini dimungkinkan larva sudah tidak mampu lagi mengkonsumsi pakan yang diberikan sebab pakan terlalu banyak sehingga nilai persentase pakan yang dikonsumsi terhadap total umpan menjadi lebih rendah (Nursaid *et al.*, 2019). Hal ini disebabkan maggot BSF tidak mampu mengkonsumsi pakan yang terlalu banyak sehingga nilai persentase pakan yang dikonsumsi lebih rendah (Buana dan Alfiah, 2021). Tingginya tingkat reduksi dikarenakan pembusukan secara alami dapat membantu peningkatan reduksi sampah. Sedangkan pemberian dengan frekuensi sekali sehari menggunakan sampah segar akan mengurangi kemampuan maggot dalam mendekomposisi pakannya, sehingga pemberian makan yang tidak setiap hari akan memaksimalkan kemampuan maggot dalam dekomposisi sampah organik atau pakannya (Renca *et al.*, 2024).

Menurut Harahap (2020) bahwa BSF mampu mencerna limbah organik terutama yang bertekstur lunak, semakin lunak teksturnya maka semakin cepat proses dekomposisi pakan. Pada penelitian ini, pakan yang digunakan adalah sampah organik dapur (SOD). Selama pemberian pakan, pakan selalu diaduk terlebih dahulu supaya meminimalisir ketidakrataan gizi yang diserap oleh maggot. Selain itu kadar air juga harus diperhatikan, karena proses reduksi sampah oleh maggot BSF dapat dipengaruhi oleh kadar air. Kadar air optimal untuk makanan *maggot* BSF berkisar 60-90% (Joly, 2018). Kadar air yang terlalu tinggi akan membuat kondisi *biopond* (tempat perkembangan maggot) menjadi

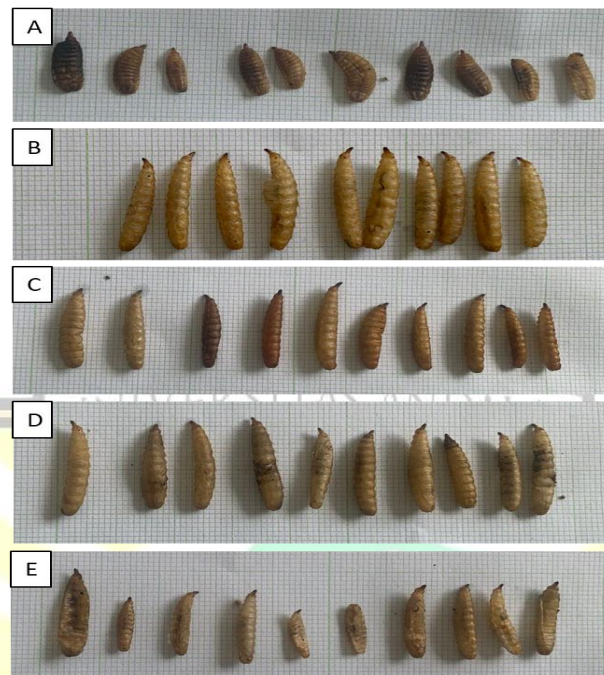
anaerobik, hal ini disebabkan karena kadar air yang terlalu tinggi akan mengurangi ketersediaan oksigen, kondisi ini akan menyebabkan kondisi maggot terganggu sehingga reduksi sampah tidak optimal. Sedangkan kadar air yang rendah akan memperlambat maggot mereduksi sampah karena substrat yang terlalu kering (Jatmiko, 2021).

Pengaruh variasi berat telur terhadap nilai WRI menunjukkan kemampuan maggot BSF dalam mengkonsumsi pakan dengan mempertimbangkan waktu pemberian pakan. Nilai WRI yang tinggi memberi makna kemampuan maggot dalam mereduksi pakan yang tinggi pula. Nilai WRI mengindikasikan efisiensi maggot dalam mereduksi substrat yang diberikan, serta menunjukkan efektivitas waktu yang diperlukan untuk mereduksi substrat tersebut (Supriyatna, 2017). Semakin tinggi nilai indeks pengurangan sampah maka semakin baik efisiensi reduksi substrat yang dihasilkan oleh maggot BSF (Diener *et al*, 2011).

B. Profil proksimat tepung maggot berdasarkan metode pengeringan berbeda

1. Pengaruh Metode Pengeringan yang berbeda terhadap karakteristik, berat dan kandungan nutrisi maggot BSF

Pengeringan maggot BSF dilakukan dengan menggunakan telur perlakuan 6 gram, yang merupakan hasil terbaik dari variasi berat telur yang diuji. Selanjutnya, maggot dikeringkan menggunakan lima metode pengeringan yang berbeda.



Gambar 6. Karakteristik maggot BSF dengan beberapa metode pengeringan. A) Jemur matahari, B) microwave, C) Sangrai kopi, D) Sangrai kompor dengan pasir, E) Sangrai kompor tanpa pasir.

Berdasarkan hasil pengujian, metode pengeringan dengan jemur matahari menghasilkan maggot dengan karakteristik fisik yang kurang baik, yaitu bentuknya kisut, pendek, tidak mengembang, serta warnanya pucat kecokelatan dan kurang menarik. Waktu pengeringan relatif lama, yaitu sekitar empat hari tergantung intensitas sinar matahari. Selain itu, kandungan air tidak berkurang secara maksimal sehingga maggot menjadi rentan berjamur dan tidak cocok untuk penyimpanan jangka panjang. Hasil pengeringan yang tidak seragam juga menjadi kelemahan utama dari metode ini. Menurut Prasetya *et al.*, (2024) pengeringan dengan sinar matahari sangat bergantung pada kondisi cuaca. Saat musim pancaroba atau hujan, intensitas sinar matahari menjadi tidak stabil, yang dapat memperpanjang waktu pengeringan atau bahkan menyebabkan pengeringan yang

tidak merata. Kondisi ini tidak hanya memperlambat proses produksi tetapi juga meningkatkan risiko kontaminasi bakteri dan jamur pada maggot yang tidak kering sempurna. Konopatzki *et al.*, (2022) juga menyatakan bahwa pengeringan dengan sinar matahari lebih hemat biaya dan ramah lingkungan karena input energinya yang rendah, namun produk yang dihasilkan memiliki warna tidak seragam, kontaminasi mikroba, dan paparan kontaminan lingkungan

Pengeringan menggunakan microwave dengan daya 450W selama 7 menit menghasilkan maggot dengan kualitas fisik terbaik dibandingkan metode pengeringan lainnya. Maggot yang dikeringkan memiliki bentuk bulat dan panjang, tidak kisut, mengembang sempurna, serta berwarna coklat keemasan. Proses pengeringan microwave dengan mengirim energi pemanasan langsung ke produk melalui interaksi molekuler dengan medan elektromagnetik, sehingga dapat memberikan hasil dalam beberapa menit (Moses *et al.*, 2014). Selain itu, pengeringan menggunakan microwave dapat mempercepat waktu pengeringan dan meningkatkan efisiensi, mencegah pengeringan berlebih pada permukaan, menghasilkan pemanasan yang merata, mengurangi kerutan (Zirjani dan Tavakolipour, 2010; Zhang *et al.*, 2006; Nawirska *et al.*, 2009).

Karakteristik maggot yang dihasilkan dari pengeringan menggunakan microwave pada penelitian ini menunjukkan ciri-ciri indikator mutu pengeringan yang baik (Minagot, 2024). Keunggulan utama dari metode ini terletak pada kemampuan pengaturan suhu dan waktu pemanasan secara presisi, sehingga proses dapat dikendalikan dengan optimal (Novita *et al.*, 2022).

Pengeringan menggunakan metode sangrai kopi dengan suhu 150°C

selama ± 25 menit menunjukkan hasil fisik maggot yang cukup baik dibandingkan dengan pengeringan jemur matahari. Maggot berbentuk bulat dan panjang, mengembang, memiliki warna yang cokelat sedikit mencolok namun tidak seragam. Karakteristik maggot yang dihasilkan dari pengeringan sangrai kopi lebih menarik dibandingkan sangrai kompor dengan media pasir. Pada pengeringan menggunakan metode sangrai kopi, harus memperhatikan suhu yang digunakan serta angin disekitar, karena proses metode sangrai kopi mudah hangus dan jika terlalu banyak terkena angin, maggot yang dihasilkan akan kisut atau kurang kering, yang nantinya berdampak pada penyimpanan yang tidak tahan lama. Pada penelitian ini suhu yang digunakan berdasarkan SOP Minagot yang sudah digunakan untuk mengeringkan maggot BSF (Minagot, 2024). Apabila suhu ditinggikan maka maggot yang dihasilkan akan memberikan warna coklat kehitaman. Menurut Agustina *et al.*, (2019) selama tahap penyangraian, faktor yang harus diutamakan yaitu suhu, durasi penyangraian, dan pengadukan yang dilakukan hingga tahap akhir. Hal ini bertujuan agar panas dapat terdistribusi secara merata.

Selain itu, pengeringan menggunakan metode sangrai kompor dengan media pasir menunjukkan maggot yang dihasilkan berbentuk bulat dan panjang, mengembang dan memiliki warna kecokelatan. Pengeringan dengan metode sangrai kompor dengan pasir dilakukan dengan menggunakan pasir pantai yang halus dan dalam keadaan sudah dipanaskan terlebih dahulu. Pasir sebagai media penghantar panas mencegah maggot bersentuhan langsung dengan wajan, sehingga mengurangi risiko gosong dan kerusakan protein. Penggunaan pasir

pantai sebagai media sangrai dapat membantu dalam proses penghantaran panas sehingga maggot yang dihasilkan lebih seragam namun mempengaruhi warna produk yang dihasilkan (Hamidi, *et al*, 2022).

Terakhir metode pengeringan sangrai kompor tanpa pasir menunjukkan hasil maggot yang dihasilkan berbentuk kisut, tidak mengembang, dan tidak kering seragam. Selain itu warna maggot yang dihasilkan juga tidak mencolok (pucat) dibandingkan pada pengeringan menggunakan metode sangria kompor dengan media pasir. Warna maggot yang dihasilkan berwarna relatif pucat atau pudar. Hal ini dikarenakan tanpa adanya media penghantar seperti pasir, maggot bersentuhan langsung dengan permukaan wajan, sehingga panas yang diterima tidak menyebar secara merata

Proses pengeringan menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dan suhu serta durasi proses sangat berpengaruh terhadap hasil akhir (Ramdani *et al.*, 2023). Tingkat kematangan maggot yang dihasilkan seringkali kurang seragam karena pengendalian suhu dan distribusi panas yang terbatas. Proses sangrai dilakukan hingga warna maggot berubah menjadi kecoklatan (Wildana *et al.* 2024). Pengeringan menggunakan sangrai kompor tanpa pasir tidak direkomendasikan untuk disimpan dalam jangka waktu lama karena maggot BSF mudah berjamur. Hasil dari pengeringan yang berbeda ini akan menunjukkan efek yang berbeda pada komposisi nutrisi, yang disebabkan oleh perubahan kimia dan fisik yang disebabkan oleh paparan pemanasan (Chukwu, 2009).

2. Hasil Produksi Berbagai Produk BSF dengan metode pengeringan yang berbeda

Tabel 3. Rata-rata berat akhir maggot kering dengan berbagai metode

pengeringan

No	Metode Pengeringan	Rata-rata berat (gram) \pm SE		
		Maggot basah	Maggot kering	Waktu dan suhu
1	Jemur matahari	50 ^a \pm 0,00	20,84 ^{ab} \pm 0,21	2 hari
2	Microwave	50 ^a \pm 0,00	20,57 ^{ab} \pm 0,66	7 menit
				MidHigh
3	Sangrai Kopi	50 ^a \pm 0,00	20,09 ^a \pm 0,96	45 menit
				150°C
4	Sangrai kompor dengan pasir	50 ^a \pm 0,00	22,50 ^b \pm 0,38	5-7 menit
5	Sangrai kompor tanpa pasir	50 ^a \pm 0,00	23,04 ^b \pm 0,55	7-12 menit

Berdasarkan perhitungan rata-rata berat kering yang dihasilkan dengan berbagai metode pengeringan (Tabel 3) menunjukkan hasil bahwa dengan berat maggot basah yang sama yaitu 50 gram menghasilkan pengurangan kadar air tertinggi yaitu dengan pengeringan sangrai kopi yang menunjukkan berat maggot kering paling kecil dibandingkan metode lainnya yaitu sebesar 20,09 gram. Ini menunjukkan bahwa sangrai kopi mampu mengeluarkan lebih banyak air dari tubuh maggot dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh paparan panas langsung dan suhu tinggi yang mendorong penguapan air secara intensif.

Meski demikian, hasil ini tidak berbeda nyata jauh dari metode pengeringan microwave dan jemur matahari, yang juga menghasilkan berat kering yang relatif mendekati angka tersebut. Metode microwave, meskipun menggunakan suhu terkontrol, memungkinkan penetrasi panas hingga ke bagian dalam maggot, sehingga dapat menurunkan kadar air dengan efisien tanpa menyebabkan perubahan fisik ekstrem. Hal ini sejalan dengan temuan Vandeweyer *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa pengeringan dengan microwave efektif digunakan untuk mengeringkan serangga yang dapat

dikonsumsi. Dalam proses ini, gelombang mikro menembus jaringan serangga dan dikonversi menjadi panas, yang kemudian menguapkan air dan menghasilkan kadar air akhir yang lebih rendah.

Di sisi lain, penjemuran matahari memberikan hasil mendekati meskipun prosesnya membutuhkan waktu lebih lama, serta lebih rentan terhadap ketidakteraturan pengeringan akibat fluktuasi cuaca. Metode dengan hasil berat kering tertinggi yaitu 23,04 gram, diperoleh melalui pengeringan sangrai kompor tanpa pasir. Berat akhir yang lebih besar mengindikasikan kadar air yang masih tinggi, sehingga metode ini dianggap kurang efektif dalam mengeringkan maggot. Kemungkinan penyebabnya adalah panas yang tidak merata dan tidak adanya media penghantar panas seperti pasir, yang menyebabkan permukaan maggot tidak semua terkena panas secara langsung dan efisien. Akibatnya, kadar air tidak sepenuhnya keluar dari tubuh maggot, dan hasil pengeringan menjadi kurang optimal baik dari segi kadar air maupun homogenitas warna dan bentuk.

Tabel 4. Rata-rata berat minyak, tepung dan rendemen maggot BSF yang dihasilkan dari 2 metode pengeringan

No	Metode Pengeringan	Berat (gram)			Rendemen (%)
		Berat maggot kering	Minyak maggot \pm SE	Tepung maggot \pm SE	
1	Microwave	100	44,76 ^a \pm 2,52	49,39 ^a \pm 1,62	44,76 ^a
2	Sangrai Kopi	100	50,85 ^a \pm 0,85	49,33 ^a \pm 0,20	50,85 ^a

Berdasarkan perhitungan rata-rata berat minyak, tepung dan rendemen yang dihasilkan dari 2 metode pengeringan (Tabel 2) menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan terhadap minyak maggot yang dihasilkan. Metode sangrai kopi menghasilkan berat minyak tertinggi yaitu sebesar 50,85 gram, serta rendemen minyak sebesar 50,85% dari berat maggot kering awal. Angka ini menunjukkan bahwa metode sangrai kopi lebih efektif dalam memecah sel dan

melepaskan kandungan lemak maggot. Suhu tinggi dalam waktu singkat mampu merusak dinding sel lipid dan melepaskan kandungan minyak secara maksimal tetapi berpotensi menurunkan kualitas minyak jika suhu tidak dikendalikan dengan baik.

Sebaliknya, pada metode microwave, berat minyak yang diperoleh sebesar 44,76 gram, dengan rendemen sebesar 44,76% dari berat maggot kering awal. Meskipun lebih rendah dibanding sangrai kopi, metode microwave tetap menunjukkan kinerja ekstraksi minyak yang cukup tinggi dan relatif stabil. Menurut (Selaledi & Mabelebele, 2022; Hao *et al.*, 2021) kelebihan metode ini adalah microwave dapat mempertahankan komponen bioaktif seperti asam lemak tak jenuh dan vitamin E lebih baik dibanding metode konvensional.

Sementara itu, untuk berat tepung, kedua metode menunjukkan nilai yang hampir sama. Metode microwave menghasilkan 49,39 gram, sedangkan sangrai kopi menghasilkan 49,33 gram. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh metode pengeringan terhadap residu padat (tepung) relatif tidak signifikan, dan sebagian besar perbedaan hanya terjadi pada bagian minyak atau fraksi lipid yang terpisah. Hal ini sejalan dengan penelitian Rukhanova *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa tepung mealworm menunjukkan bahwa setelah pengeringan menggunakan microwave dan oven konvensional (konveksi), komposisi proksimat (protein, lemak, abu) serta kadar air tepung tidak berbeda signifikan pada massa tepung total. Artinya, meskipun metode pengeringan berbeda, jumlah residu padat yang dihasilkan (tepung) tetap konsisten.

3. Kandungan Nutrisi Tepung Maggot *Black Soldier Fly*

Pengujian analisa proksimat dipilih berdasarkan hasil yang terbaik dari perlakuan variasi berat telur yaitu 6 gram dengan semua metode pengeringan maggot BSF. Berdasarkan hasil pengujian kandungan nutrisi larva BSF dapat dilihat pada (Tabel 3). Perlakuan yang di ujikan yaitu pengeringan menggunakan jemur matahari, microwave, sangrai kopi, sangrai kompor dengan pasir dan sangrai kompor tanpa pasir.

Tabel 5. Hasil analisa proksimat tepung maggot BSF dengan berbagai metode pengeringan

Analisis Proksimat	Metode Pengeringan				
	Jemur matahari	Microwave	Sangrai kopi	Sangrai Kompor dengan pasir	Sangrai kompor tanpa pasir
Kadar abu (%)	4,85	4,72	4,65	19,39	4,45
Energi dari lemak (Kcal/100 g)	448,11	463,23	463,18	374,85	445,36
Kadar lemak total (%)	49,79	51,47	51,46	41,65	49,48
Kadar Air (%)	4,38	3,39	4,18	4,64	8,10
Karbohidrat (%)	12,90	14,19	11,19	9,09	11,49
Protein (%)	28,07	26,22	28,51	25,22	26,47
Energi total (Kcal/100 g)	612,01	624,89	622,00	512,11	597,22

Hasil uji proksimat tepung maggot BSF dari berbagai metode pengeringan pada (Tabel 5) menunjukkan metode pengeringan memengaruhi secara nyata kandungan nutrisi tepung maggot BSF. Parameter yang menunjukkan variasi mencolok adalah analisis kadar abu, terutama pada metode pengeringan sangrai kompor dengan pasir, yang mencapai 19,39%, jauh lebih tinggi dibandingkan metode lainnya yang berkisar antara 4,45–4,85%. Nilai kadar abu yang tinggi ini disebabkan oleh kontaminasi mineral dari pasir selama proses sangrai. Penggunaan pasir sebagai media penghantar panas tanpa pemisahan yang sempurna setelah proses pengeringan dapat menyebabkan sebagian pasir halus ikut tercampur dalam sampel. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan pasir perlu dimodifikasi, baik dari segi jenis pasir, teknik pengadukan, maupun

penyaringan hasil akhir. Sementara itu, metode lain seperti microwave, sangrai kopi, dan jemur matahari menunjukkan kadar abu dalam batas normal, yang mencerminkan proses pengeringan yang lebih bersih dan minim kontaminasi (Van Huis *et al.*, 2021; Tzompa-Sosa *et al.*, 2014).

Hasil analisis kadar lemak total, tertinggi diperoleh dari pengeringan microwave 51,47% dan sangrai kopi 51,46%, yang secara konsisten juga memberikan nilai energi dari lemak tertinggi masing-masing 463,23 dan 463,18 Kkal/100g. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode ini mampu menjaga dan melepaskan fraksi lipid secara optimal. Pengeringan menggunakan microwave, memungkinkan pemanasan merata dan cepat dengan suhu yang dapat dikontrol, sehingga oksidasi lemak dapat diminimalkan dan kualitas lemak tetap terjaga (Selaledi & Mabelebele, 2022; Bawa *et al.*, 2020). Sebaliknya, metode sangrai kompor dengan pasir menghasilkan kadar lemak yang jauh lebih rendah 41,65% dan energi dari lemak sebesar 374,85 Kkal/100g, yang disebabkan oleh degradasi termal atau oksidasi lemak akibat suhu tinggi yang tidak terkontrol selama proses sangrai dan diserap oleh pasir.

Hasil analisis kadar air menunjukkan nilai terendah ditemukan pada metode microwave 3,39%, yang menunjukkan efisiensi tinggi dalam mengurangi kadar air. Kadar air rendah sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroba dan memperpanjang umur simpan produk. Hal ini sejalan dengan pendapat Histifarina (2004) yang menyatakan bahwa meningkatnya suhu udara pengeringan yang digunakan maka semakin besar kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaan begitu pula semakin rendah suhu pengeringan maka semakin

banyak air yang terikat didalam bahan sehingga kadar air yang dihasilkan semakin rendah. Sebaliknya, pengeringan menggunakan sangrai kompor tanpa pasir menghasilkan kadar air tertinggi 8,10%, yang menunjukkan bahwa metode ini kurang efektif dalam menguapkan air, kemungkinan karena distribusi panas yang tidak merata atau kurangnya kontrol suhu selama proses (Trukhanova *et al.*, 2022).

Hasil analisis kadar protein menunjukkan variasi yang lebih kecil antar metode, dengan nilai tertinggi ditemukan pada sangrai kopi 28,51%, diikuti oleh jemur matahari 28,07% dan sangrai kompor tanpa pasir 26,47%. Pengeringan dengan microwave menghasilkan kadar protein yang sedikit lebih rendah 26,22%, kemungkinan akibat pemanasan cepat yang memicu denaturasi protein, walaupun tetap dalam kisaran yang baik. Hal ini sejalan dengan pendapat Shorstkii *et al.*, 2020 bahwa pengeringan dengan oven dan microwave dapat mendenaturasi protein dan berdampak pada sifat fungsional bahan turunannya. Pengaruh pengeringan terhadap protein tergantung pada suhu. jika suhu terlalu tinggi atau tidak merata, denaturasi protein dapat terjadi dan menyebabkan penurunan kualitas maupun kandungan protein (Kroncke *et al.*, 2019).

Selanjutnya hasil analisis karbohidrat menunjukkan metode microwave memberikan hasil tertinggi 14,19%, diikuti oleh jemur matahari 12,90 dan sangrai kopi 11,19%. Kandungan karbohidrat ini merupakan nilai relatif, karena dihitung dari sisa komponen setelah kadar air, abu, protein, dan lemak dikurangkan. Perbedaan kecil ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan efisiensi pengeringan, serta reaksi kimia seperti reaksi Maillard pada suhu tinggi yang

dapat menurunkan kandungan karbohidrat terukur (Tzompa-Sosa *et al.*, 2014).

Terakhir, energi total tertinggi diperoleh dari metode microwave sebesar 624,89 Kkal/100g, diikuti oleh metode sangrai kopi sebesar 622,00 Kkal/100g. Nilai energi yang tinggi ini mencerminkan tingginya kandungan lemak dan protein yang masih terjaga selama proses pengeringan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Zhang *et al.* (2006) bahwa pengeringan dengan microwave mampu mempertahankan kualitas nutrisi dan kandungan energi produk karena waktu pengeringan yang singkat dan transfer panas yang cepat, sehingga kehilangan nutrisi lebih sedikit. Di sisi lain, metode sangrai kompor dengan pasir menghasilkan energi total terendah sebesar 512,11 Kkal/100g. Rendahnya nilai ini dapat dikaitkan dengan hilangnya sebagian lemak akibat panas berlebih atau penyerapan oleh pasir, serta kemungkinan terjadinya kontaminasi abu dari pasir, yang menyebabkan meningkatnya kadar abu namun tidak memberikan kontribusi terhadap nilai kalori. Kinyuru *et al.* (2010) menjelaskan bahwa proses sangrai dengan pasir dapat menyebabkan degradasi termal dan penyerapan lemak oleh media pasir, sehingga kandungan lemak berkurang signifikan. Rumpold & Schlüter (2013) juga menegaskan bahwa tingginya kandungan protein dan lemak pada tepung serangga sangat berkontribusi terhadap nilai energi total, dan metode pengeringan yang tidak merusak kedua komponen ini akan menghasilkan nilai energi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, metode microwave dan sangrai kopi dapat dikatakan lebih efisien dalam mempertahankan kandungan gizi yang berkontribusi terhadap nilai energi dibandingkan metode sangrai dengan pasir.

Berdasarkan hasil analisis proksimat terhadap tepung maggot BSF yang

dikeringkan menggunakan lima metode berbeda, yaitu jemur matahari, microwave, sangrai kopi, sangrai kompor dengan pasir, dan sangrai kompor tanpa pasir, diketahui bahwa metode pengeringan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan nutrisi dan kualitas akhir produk. Metode pengeringan microwave menunjukkan hasil paling optimal, dengan kadar lemak tertinggi (51,47%), kadar air terendah (3,39%), energi total tertinggi (624,89 Kkal/100g), serta kadar abu dan karbohidrat yang stabil. Hal ini menandakan bahwa pengeringan microwave mampu menjaga kandungan nutrisi sekaligus menghasilkan tepung dengan daya simpan yang lebih baik. Sementara itu, metode sangrai kopi juga menunjukkan hasil baik, terutama dalam mempertahankan kadar protein tertinggi (28,51%) dan lemak tinggi (51,46%), meskipun membutuhkan pengawasan suhu yang ketat untuk mencegah kerusakan nutrisi akibat pemanasan berlebih. Di sisi lain, metode sangrai kompor dengan pasir menghasilkan kadar abu yang sangat tinggi (19,39%) akibat kemungkinan kontaminasi dari media pasir, serta energi dan lemak yang lebih rendah, sehingga kurang direkomendasikan untuk produksi tepung berkualitas. Metode jemur matahari dan sangrai kompor tanpa pasir menunjukkan hasil yang kurang optimal karena kadar air relatif tinggi dan nilai energi lebih rendah, yang dapat berdampak negatif terhadap umur simpan dan nilai gizi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengeringan microwave merupakan metode terbaik untuk menghasilkan tepung maggot BSF dengan kualitas nutrisi tinggi, kestabilan yang baik, dan potensi penyimpanan jangka panjang.

C. Karakteristik minyak maggot dan kandungan nutrisinya berdasarkan metode pengeringan berbeda

1. Kondisi fisik minyak maggot berdasarkan metode pengeringan berbeda

Kondisi fisik minyak merupakan parameter awal yang penting dalam menilai mutu dan kestabilan produk minyak, terutama yang diperoleh dari proses ekstraksi bahan biologis seperti maggot BSF. Warna, kejernihan, serta jumlah endapan yang terbentuk menjadi indikator visual terhadap kualitas minyak yang dihasilkan.

Tabel 6. Kondisi fisik minyak maggot BSF dari pengeringan menggunakan metode microwave dan sangrai kopi.

No	Metode Pengeringan	Kondisi Fisik Minyak	Deskripsi
1.	<i>Microwave</i>		Hasil rendemen berwarna lebih cerah dan tidak terlalu banyak endapan dibandingkan metode sangrai kopi.
2.	Sangrai kopi		Hasil rendemen berwarna lebih gelap dan memiliki endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan metode <i>microwave</i> .

Berdasarkan hasil pengamatan, perbedaan metode pengeringan mempengaruhi kondisi fisik minyak maggot, terutama pada warna, kejernihan, dan jumlah endapan. Hal ini berkaitan dengan perbedaan suhu dan lama pemanasan yang digunakan. Pengeringan dengan microwave memberikan pemanasan yang cepat dan merata, sehingga kerusakan zat-zat dalam minyak seperti protein dan lemak bisa diminimalkan. Akibatnya, minyak yang dihasilkan

lebih jernih, berwarna cerah, dan memiliki endapan lebih sedikit. Sebaliknya, metode sangrai kopi menggunakan suhu yang lebih tinggi dalam waktu lebih lama. Hal ini menyebabkan minyak lebih mudah rusak, sehingga menghasilkan warna yang lebih gelap dan banyak endapan.

Minyak maggot masih memerlukan pemurnian karena warnanya yang gelap dan banyaknya kotoran, seperti asam lemak bebas, sisa produk oksidasi minyak, dan senyawa berbau tidak sedap. Muhammad *et al.*, (2020) menyatakan bahwa salah satu teknik pemurnian minyak maggot adalah dengan menggunakan adsorben. Pemurnian minyak menggunakan adsorben merupakan proses yang sederhana dan efisien (Adam, 2017). Untuk mendapatkan minyak yang mendekati syarat mutu, minyak juga dapat dimurnikan atau dijernihkan. Penggabungan adsorben alami dan sintetis juga dapat meningkatkan mutu minyak (Girsang *et al.*, 2015).

Penggunaan adsorben merupakan salah satu cara untuk meningkatkan mutu minyak. Karena adanya kesinambungan dan tarik-menarik antara atom atau molekul pada permukaan benda padat, adsorben merupakan zat yang mengumpulkan molekul suatu zat pada permukaan bahan lain (Alamsyah *et al.*, 2017). Telah dilakukan upaya untuk menyingkap minyak dengan mengadsorpsi komponen-komponennya menggunakan adsorben yang terbuat dari bahan alami, seperti arang aktif, tanah pemutih, karbon aktif, magnesium silikat, kalsium silikat, bentonit, zeolit, dan kitosan (Rahayu *et al.*, 2014). Adsorben alami yang biasa digunakan meliputi arang aktif, zeolit, dan bentonit. Arang aktif merupakan salah satu jenis karbon yang memiliki sifat adsorpsi terhadap uap atau polutan,

sehingga bermanfaat sebagai penghilang warna, penyerap gas atau racun, serta penjernih larutan (Fathurrahmaniah *et al.*, 2022).

Selain itu, zeolit memiliki kemampuan untuk mengikat bakteri *E. Coli*. Laju filtrasi dan rasio volume mempengaruhi kemampuannya. Penggunaan zeolit aktif alami merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah ini dalam pengolahan minyak. Zeolit alam akan menyerap asam lemak bebas selama proses pengolahan, sehingga meningkatkan kualitas minyak (Alamsyah *et al.*, 2017). Karena strukturnya yang berlapis-lapis dan kemampuannya untuk mengembang, bentonit merupakan adsorben yang dapat membantu menggantikan arang dalam proses adsorpsi. Menurut Dewi *et al.*, (2012), bentonit merupakan salah satu jenis mineral lempung yang memiliki luas permukaan yang luas, kation yang dapat dipertukarkan, dan kemampuan mengembang yang mudah.

2. Kandungan asam lemak minyak maggot berdasarkan metode pengeringan yang berbeda

Asam lemak merupakan komponen penting dalam minyak maggot yang memegang peranan utama dalam nilai gizi, fungsi fisiologis, serta potensi terapeutik minyak tersebut. Penelitian ini membandingkan dua metode pengeringan yaitu *microwave* dan sangrai kopi, untuk melihat pengaruhnya terhadap profil asam lemak minyak maggot yang dianalisis menggunakan metode *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* (GC-FID).

Tabel 7. Perbedaan kandungan asam lemak minyak maggot berdasarkan metode pengeringan berbeda

No	Komposisi Asam Lemak	Kadar Asam Lemak (%) & (Mean \pm SE)	
		Microwave	Sangrai Kopi
A	Asam Lemak Jenuh		
1	Arachidonic (AA)	0.12 \pm 0,00 ^b	0.10 \pm 0,00 ^a
2	C 20:0 (Asam Arakidat)	0.08 \pm 0,00 ^b	0.07 \pm 0,00 ^a
3	C 14:0 (Asam Miristat)	10.21 \pm 0,01 ^a	10.20 \pm 0,00 ^a
4	C 8:0 (Asam Kaprilat)	0.02 \pm 0,00 ^a	0.04 \pm 0,00 ^b
5	C 17:0 (Asam Heptadecanoat)	0.05 \pm 0,00 ^b	0.04 \pm 0,00 ^a
6	C 16:0 (Asam Palmitat)	19.33 \pm 0,00 ^b	18.18 \pm 0,05 ^a
7	C 18:0 (Asam Stearat)	2.64 \pm 0,00 ^b	2.37 \pm 0,01 ^a
8	C 12:0 (Asam Laurat)	38.25 \pm 0,00 ^a	41.25 \pm 0,00 ^b
9	C 11:0 (Asam Undekanoat)	0.01 \pm 0,00 ^a	0.01 \pm 0,01 ^a
10	C 10:0 (Asam Kaprat)	0.90 \pm 0,00 ^a	0.95 \pm 0,00 ^b
	Asam Lemak Tak jenuh Tunggal		
1	C 14:1 (Asam Mirisroleat)	0.28 \pm 0,00 ^b	0.27 \pm 0,01 ^a
2	C 15:0 (Asam Pentadekanoat)	0.04 \pm 0,00 ^a	0.04 \pm 0,00 ^a
3	C 15:1 (Asam Pentadekenoat)	0.00 \pm 0,00 ^a	0.01 \pm 0,00 ^b
4	C 16:1 (Asam Palmitoleat)	3.52 \pm 0,00 ^b	3.28 \pm 0,01 ^a
5	C 18:1 W9C (C-Asam Oleat)	17.88 \pm 0,00 ^a	16.58 \pm 0,08 ^a
	Asam Lemak Tak Jenuh Ganda		
1	C 18:2 W6 (Asam Linoleat / W6)	5.79 \pm 0,00 ^a	5.79 \pm 0,03 ^a
2	C 18:2 W6C (C-Asam Linoleat)	5.79 \pm 0,00 ^a	5.79 \pm 0,03 ^b
3	C 18:3 W3 (Asam Linolenat / W3)	0.35 \pm 0,00 ^a	0.35 \pm 0,00 ^a
4	C 18:3 W6 (Asam Linolenat / W6)	0.01 \pm 0,00 ^b	0.01 \pm 0,00 ^a
5	C 20:1 (Asam Eikosenoat)	0.03 \pm 0,00 ^a	0.03 \pm 0,00 ^a
6	C 20:4 W6 (Asam Arakidonat)	0.12 \pm 0,00 ^b	0.10 \pm 0,00 ^a
7	C 20:5 W3 (Asam Eikosapentaenoat)	0.14 \pm 0,00 ^a	0.13 \pm 0,00 ^a
8	C 22:6 W3 (Asam Dokosaheksanoat)	0.02 \pm 0,00 ^a	0.03 \pm 0,00 ^a
9	DHA (Docosahexaenoic Acid)	0.02 \pm 0,00 ^a	0.03 \pm 0,00 ^a
10	EPA (Eicosapentaenoic Acid)	0.14 \pm 0,00 ^a	0.13 \pm 0,00 ^b
11	Asam Linoleat	5.79 \pm 0,00 ^a	5.79 \pm 0,03 ^a
12	Asam Linolenat	0.35 \pm 0,00 ^a	0.36 \pm 0,00 ^a
13	Asam Lemak Omega 3	0.51 \pm 0,00 ^a	0.51 \pm 0,00 ^a
14	Asam Lemak Omega 6	5.92 \pm 0,00 ^a	5.90 \pm 0,03 ^a
15	Asam Lemak Omega 9	17.88 \pm 0,00 ^a	16.58 \pm 0,08 ^a
16	Jumlah Asam Lemak Jenuh	71.53 \pm 0,00 ^a	73.16 \pm 0,11 ^a
17	Jumlah Asam Lemak Tak Jenuh	28.14 \pm 0,00 ^a	26.57 \pm 0,11 ^a
18	Jumlah Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal	21.72 \pm 0,00 ^b	20.16 \pm 0,08 ^a
19	Jumlah Asam Lemak Tak Jenuh Ganda	6.42 \pm 0,00 ^b	6.41 \pm 0,03 ^a

Keterangan : Huruf kecil yang beda pada baris menunjukkan ada perbedaan yang nyata antar perlakuan ($P < 0,05$) berdasarkan uji DNMR.

Salah satu temuan utama dari penelitian ini adalah dominasi asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acids*, SFA) dalam komposisi total lemak minyak maggot

pada kedua metode pengeringan. Metode *microwave* menghasilkan kandungan lemak jenuh sebesar 73,16%, sementara metode sangrai kopi sedikit lebih rendah, yaitu 71,53%. Penurunan ini berkaitan dengan kemungkinan degradasi termal, khususnya pada asam laurat (C12:0) sebagai komponen jenuh terbesar, yang menurun dari 41,25% menjadi 38,25%. Sebaliknya, asam lemak tak jenuh (*Unsaturated Fatty Acids*, UFA) justru menunjukkan peningkatan pada metode sangrai, dari 26,57% menjadi 28,14%. Peningkatan ini didominasi oleh lemak tak jenuh tunggal (MUFA), terutama asam oleat (C18:1) dan asam palmitoleat (C16:1), yang menandakan bahwa metode sangrai tidak merusak MUFA secara signifikan.

Untuk asam lemak esensial, kandungan omega-3 dan omega-6 relatif stabil pada kedua perlakuan, menunjukkan bahwa PUFA seperti asam linoleat (C18:2) dan asam linolenat (C18:3) cukup tahan terhadap pemanasan. Sementara itu, terdapat sedikit peningkatan omega-9 (C18:1) pada metode sangrai. Meskipun DHA (C22:6 W3) dan EPA (C20:5 W3) ditemukan dalam jumlah kecil, keberadaannya tetap menunjukkan potensi minyak maggot sebagai sumber omega-3 alami. Di sisi lain, asam kaprilat (C8:0) dan kaprat (C10:0) cenderung menurun pada metode sangrai, kemungkinan akibat volatilitasnya pada suhu tinggi.

Pengeringan menggunakan metode sangrai kopi, suhu yang digunakan sangat tinggi yaitu diatas 150-180°C. Hal ini dapat menyebabkan lemak dalam maggot, khususnya asam lemak tak jenuh (PUFA) mudah teroksidasi dan rusak. Yang dapat memicu peningkatan asam lemak bebas (FFA) (tanda kerusakan

minyak). Selain itu, Lemak jenuh (seperti asam laurat/C12:0) lebih stabil, tetapi lemak tak jenuh akan lebih cepat rusak pada suhu tinggi (Yi *et al.*, 2013). Sedangkan pengeringan maggot menggunakan microwave menghasilkan pemanasan lebih cepat dan merata pada suhu sedang dengan waktu pemanasan lebih singkat dan minim oksidasi yang dapat mempertahankan kestabilan lemak. Beberapa studi menunjukkan bahwa kandungan asam laurat, miristat dan palmitat tetap stabil. Pengeringan dengan gelombang mikro (pengeringan *microwave*) menjaga kualitas lipid lebih baik daripada pemanggangan konvensional dengan meminimalkan oksidasi termal (Kröncke *et al.*, 2019).

Profil asam lemak tidak jenuh terdiri dari asam lemak tidak jenuh tunggal dan asam lemak tidak jenuh ganda. Asam lemak tidak jenuh tunggal adalah asam lemak yang hanya memiliki satu rantai rangkap pada rantai atom karbon. Sedangkan asam lemak tidak jenuh ganda adalah asam lemak dua atau lebih ikatan rangkap (Nurkholidza *et al.*, 2025). Asam laurat memiliki bioaktivitas dalam melawan radikal bebas yang kuat, yang secara efektif menetralkan spesies oksigen reaktif yang berbahaya. Kapasitas antioksidan berperan penting dalam mengurangi stres oksidatif (Ushakova *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2020). Sifat antioksidan asam laurat berhubungan dengan kemampuannya untuk memodulasi aktivitas enzim antioksidan seluler, seperti superoksida dismutase dan katalase (Sandhya *et al.*, 2016). Asam laurat dari maggot lalat tentara hitam juga menjadi salah satu sumber biosurfaktan yang menjanjikan dan diketahui mempunyai sifat antimikroba yang kuat (Li *et al.*, 2016).

Menurut Hartanto dan Silitonga (2018) asam miristat merupakan asam

lemak jenuh yang memiliki kelarutan kecil dalam air, asam miristat banyak digunakan untuk bahan kosmetik karena bersifat melembabkan. Asam miristat termasuk dalam asam lemak jenuh yang meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular karena meningkatkan rataan kolesterol plasma. Abdullah *et al.* (2013), asam stearat dapat menyebabkan pembekuan darah, hipertensi, kanker, dan obesitas. Menurut Agostoni *et al.* (2016), asam palmitat memiliki efek buruk pada orang dewasa karena menyebabkan penyakit kronis.

Menurut Frigolet dan Anguilar (2017), asam palmitoleat memiliki manfaat untuk menurunkan resiko penyakit *Non Alcoholic Fatty Liver Disease* (NAFLD), menurunkan kolesterol *Low Density Lipoprotein* (LDL), dan mampu meningkatkan kadar *High Density Lipoprotein* (HDL) dalam darah. Asam oleat memiliki manfaat untuk jantung. Menurut Aritzah *et al.* (2024) asam oleat memiliki manfaat untuk menurunkan profil lipid seperti kolesterol, LDL, dan Trigliserida.

Menurut Malvin *et al.* (2017), tingginya kandungan EPA dan DHA dapat berpengaruh menurunkan kadar kolesterol. Menurut Toni *et al.* (2017), omega 3 dan omega 6 termasuk dalam asam lemak esensial yang dapat meningkatkan kekebalan tubuh. Diana (2013) menyatakan asam lemak omega-9 merupakan asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) yang berfungsi dalam mengurangi peradangan dalam tubuh serta membantu menurunkan kadar lipoprotein densitas sangat rendah (VLDL). Omega-9 juga berperan dalam menurunkan kadar kolesterol, trigliserida, tekanan darah, serta mengurangi risiko penyakit jantung. Selain itu, omega-9 turut berperan dalam pembentukan membran mielin di otak.

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah telur yang lebih sedikit menyebabkan rendahnya kepadatan populasi yang cenderung menghasilkan pertumbuhan berat basah dan berat kering maggot yang lebih tinggi. Berat telur 3g menghasilkan berat kering maggot tertinggi, sedangkan berat telur 4–5g memberikan hasil pertumbuhan dan efisiensi biokonversi yang lebih stabil dan optimal. Berat telur yang terlalu tinggi (6–7g) menyebabkan kepadatan larva yang berlebih, sehingga menurunkan efisiensi konsumsi pakan dan pertumbuhan individu.
2. Metode pengeringan berpengaruh signifikan terhadap kualitas fisik dan kandungan nutrisi maggot kering. Pengeringan menggunakan *microwave* terbukti sebagai metode paling efektif, menghasilkan maggot kering dengan bentuk mengembang, warna cokelat keemasan, kadar air rendah ($\pm 6,83\%$), dan kandungan nutrisi tinggi (protein $\pm 43,12\%$, lemak $\pm 29,58\%$, dan serat kasar $\pm 12,75\%$). Sebaliknya, pengeringan dengan sinar matahari menghasilkan kualitas maggot yang paling rendah.
3. Pengeringan menggunakan metode *microwave* dan sangrai kopi memengaruhi karakteristik fisik minyak maggot (warna), namun tidak menyebabkan perbedaan yang signifikan pada profil asam lemak.
4. Kombinasi perlakuan terbaik untuk produksi maggot BSF berkualitas tinggi adalah berat telur 4–5 gram per biopond dan metode pengeringan *microwave*.

Kombinasi ini menghasilkan keseimbangan antara pertumbuhan maggot, efisiensi konsumsi pakan, dan kualitas nutrisi produk akhir

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan sebagai berikut:

1. Untuk budidaya maggot BSF yang efisien, disarankan agar praktisi atau pelaku usaha menggunakan jumlah peletakan telur dalam kisaran 4-5g per unit media. Jumlah ini terbukti memberikan hasil yang seimbang antara kuantitas produksi, efisiensi biokonversi, serta minimalisasi sisa pakan. Penelitian lanjutan dapat mengkaji variasi kondisi lingkungan dan substrat untuk memperkuat rekomendasi ini di berbagai skala produksi.
2. Dalam proses produksi tepung maggot, disarankan untuk menggunakan metode pengeringan *microwave* atau sangrai kopi. Kedua metode ini terbukti efektif dalam menjaga kualitas nutrisi produk akhir, terutama kadar protein, lemak, serta energi total. Namun, perlu juga dilakukan analisis keekonomian untuk menentukan metode yang paling layak secara finansial pada skala industri atau UMKM.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Nurjanah, Hidayat, T., & Yusefi, Y. (2013). Profil asam amino dan asam lemak kerang bulu (*Anadara antiquata*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 16(2), 159–167.
- Adam, D. H. (2017). Kemampuan tandan kosong kelapa sawit sebagai adsorben untuk meregenerasi minyak jelantah. *Jurnal Edu Science*, 4(1), 8–11.
- 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 Science and Technologies (IJPSAT)*, 39(2), 429–433.
- Agostoni, C., Moreno, L., & Shamir, R. (2016). Palmitic acid and health: Introduction. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(12), 1941–1942.
- Agustina, R., Nurba, D., Antono, W., & Septiana, R. (2019). Pengaruh suhu dan lama penyangraian terhadap sifat fisik-kimia kopi Arabika dan kopi Robusta. *Inovasi Teknologi untuk Masyarakat*, 285–299. Banda Aceh.
- Aini, L. N., Ahmad, F., & Saratunsara, H. (2018). Budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai bahan pembuatan tepung maggot pada media dedak. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(3), 1–4.
- Alamsyah, M., Kalla, R., & Ifa, L. (2017). Pemurnian minyak jelantah dengan proses adsorpsi. *Journal of Chemical Process Engineering*, 2(2), 2303–3401.
- Alvarez, L. (2012). The role of *black soldier fly*, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in sustainable management in northern climates (Disertasi). University of Windsor.
- Aniebo, A. O., Erondy, E. S., & Owen, O. J. (2008). Proximate composition of housefly larva (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. *Livestock Research for Rural Development*, 20(12), 1–5.
- AOAC. (2005). Protein (crude) in animal feed, forage (plant tissue), grain, and oilseeds: Block digestion method using copper catalyst and steam distillation into boric acid (AOAC 2001.11). *Association of Official Analytical Chemists*.

- Ardiasani, S. (2021). Pengaruh pakan tambahan terhadap lama hidup dan keperidian imago Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) (*Skripsi*). Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Aritzah, N., Palloge, S. A., & Abdullah, R. P. I. (2024). Pengaruh pemberian minyak zaitun extra virgin terhadap profil lipid pasien hiperkolesterolemia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(3), 4868–4886.
- Association of Official Analytical Chemists. (2006). Official methods of analysis of AOAC International (18th ed.). *AOAC International*.
- Bawa, M., Songsermpong, S., Kaewtapee, C., & Chanput, W. (2020). *Effects of microwave and hot air oven drying on the nutritional, microbiological load, and color parameters of the house crickets (Acheta domesticus)*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(5).
- Booth, D. C., & Sheppard, C. (1984). Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, masses, timing, and site characteristics. *Environmental Entomology*, 13, 421–423.
- Buana, S. M., & Alfiah, T. (2021). Biokonversi kotoran ternak sapi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*). In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IX 2021* (pp. 406–412). Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Budiharjo, A., Nuhriawangsa, A. M. P., Kartikasari, L. R., & Hertanto, B. S. (2022). Aplikasi teknologi floating catfish pellet sebagai solusi pemanfaatan larva black soldier fly di mitra usaha Mazgot BSF Boyolali. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 6(1), 14–24.
- Calvert, C. C., Martins, R. D., & Eby, H. J. (1971). Housefly pupae as food for poultry. *Journal of Economic Entomology*, 62(1), 939.
- Chukwu, O. (2009). Influences of drying methods on nutritional properties of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 5, 256–258.
- 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.
- Dewi, M. T. I., & Hidajati, N. (2012). Peningkatan mutu minyak goreng curah menggunakan adsorben bentonit teraktivasi. *UNESA. Journal of Chemistry*, 1(2).

- Dewi, R. K., Ardiansyah, F., Fadhlil, R. C., & Wahyuni. (2021). Maggot BSF: Kualitas fisik dan kimianya. *Litbang Pemas*, Universitas Islam Lamongan (Unisla).
- Diana, F. M. (2013). Omega 3 dan kecerdasan anak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7, 82–88.
- Diclaro, J. W., & Kaufman, P. E. (2012). *Black soldier fly Hermetia illucens Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). IFAS Extension*.
- Diener, S. (2010). Valorisation of organic solid waste using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, in low and middle-income countries [Disertasi, ETH Zurich].
- Diener, S., Gutiérrez, F. R., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Are larvae of the *black soldier fly (Hermetia illucens)* a financially viable option for organic waste management in... [Incomplete reference].
- Diener, S., Solano, N. M. S., Gutiérrez, F. R., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using *black soldier fly* larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2, 357–363.
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by *black soldier fly* larvae establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27, 603–610.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. (2017). Black soldier fly biowaste processing – A step-by-step guide. *Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology*.
- Eawag Aquatic Research. (2017). *Black soldier fly biowaste processing: A step-by-step guide. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology*.
- Fahmi, M. R. (2015). Optimalisasi proses biokonversi dengan menggunakan mini-larva *Hermetia illucens* untuk memenuhi kebutuhan pakan ikan. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (Vol. 1, No. 1, pp. 139–144).
- Fahmi, M. R., Hem, S., & Subamia, I. W. (2007). Potensi maggot sebagai salah satu sumber protein pakan ikan. In *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXVII*. Puslitbangnak.
- Fathurrahmaniah, F., Ewisahrani, E., & Nursa'ban, E. (2022). Potensi arang tempurung kelapa sebagai adsorben pemurnian minyak goreng bekas. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA)*, 3(1), 19–23.

- Fatimatuz Zahroh, Riono, S. B., Sucipto, H., & Wahana, A. N. P. D. (2023). Peran pemuda dalam pengenalan dan pengembangan teknologi biokonversi sampah organik sebagai pakan maggot BSF melalui mesin ekstruder. *Journal of Science, Engineering and Information Systems Research*, 1(1), Maret.
- Firstiano, A. (2023). Pengaruh jenis tepung nabati dan waktu pengeringan maggot terhadap kandungan pakan ikan lele berbahan dasar maggot (*Hermetia illucens*). *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 9(3), 318–329. <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i3.3750>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2003). Food energy – Methods of analysis and conversion factors. *FAO Food and Nutrition Paper*, No. 77
- Frigolet, M. E., & Anguilar, R. G. (2017). The role of the novel lipokine palmitoleic acid in health and disease. *Advances in Nutrition*, 8(1), 173S–181S.
- Girsang, E., Kiswandono, A. A., Aziz, H., Chaidir, Z., & Zein, R. (2015). Serbuk biji salak (*Salacca zalacca*) sebagai biosorben dalam memperbaiki kualitas minyak goreng bekas. *Artikel*.
- Gobbi, P., Martínez-Sánchez, A., & Rojo, S. (2013). The effects of larval diet on adult life-history traits of the *Black Soldier Fly*, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology*, 110, 461–468.
- Hao, N., et al. (2021). Microwave-assisted lipid extraction from *Black Soldier Fly* larvae. *E3S Web of Conferences*, 244, 02015.
- Hartanto, E. S., & Silitonga, R. F. (2018). Ekstraksi asam miristat asal biji pala (*Myristica fragrans* Houtt) dan limbah industri olahannya. *Journal of Agro-based Industry*, 35(1), 38–45.
- Hem, S., Toure, S., Sagbla, C., & Legendre, M. (2008). Bioconversion of palm kernel meal for aquaculture: Experience from the forest region (Republic of Guinea). *African Journal of Biotechnology*, 7(8), 1192–1198.
- Histifarina, D., Musaddad, D., & Murtiningsih, E. (2004). Teknik pengeringan dalam oven. *Jurnal SAGU*, 14, 107–112.
- Holmes, L., Vanlaerhoven, S., & Tomberlin, J. (2012). Relative humidity effects on the life history of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*, 41(4), 971–978.

- Huda, S. (2008). Meraup untung dari cupang. Dinas Kelautan dan Perikanan Banten. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*. (n.d.). Madidihang (*Thunnus albacares*) untuk bahan baku produk diversifikasi, 18(3), 303–314.
- Kantun, W., Malik, A. A., & Harianti. (2015). Kelayakan Limbah Padat Tuna Loin Madidihang *Thunnus albacares* untuk Bahan Baku Produk Diversifikasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(3), 303–314
- Kinyuru, J. N., Kenji, G. M., Muhoho, S. N., & Ayieko, M. (2010). Nutritional potential of longhorn grasshopper (*Ruspolia differens*) consumed in Siaya district, Kenya. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 10(5), 2574–2588.
- Konopatzki, E. A., Christ, D., Coelho, S. R. M., Demito, A., Werncke, I., & Rafaela, R. G. (2022). Coffee dryer with dehydrated air: A technical and economic viability analysis. *Engenharia Agrícola*, 42, e20210003.
- Kroncke, N., Grebenteuch, S., Keil, C., Demtröder, S., Kroh, L., Thünemann, A. F., Benning, R., & Haase, H. (2019). Effect of different drying methods on nutrient quality of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 10(84). <https://doi.org/10.3390/insects10030084>
- Kube. (2025). SOP: Sentral budidaya maggot BSF [Unpublished data].
- Lestariningsih. (2021). The chemical quality of maggot flour uses sangrai method processing. *Journal of Development Research*, 5(1), 28–33.
- Li, Q., Zheng, L., Cai, H., Garza, E., Yu, Z., & Zhou, S. (2011). From organic waste to biodiesel: *Black soldier fly, Hermetia illucens*, makes it feasible. *Fuel*, 90(4), 1545–1548.
- Lidiasari, E., Merynda, I. S., & Friska, S. (2006). Pengaruh perbedaan suhu pengeringan tepung tapai ubi kayu terhadap mutu fisik dan kimia yang dihasilkan. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 8(2), 141–146.
- Lidiasari, E., Merynda, I. S., & Friska, S. (2006). Pengaruh perbedaan suhu pengeringan tepung tapai ubi kayu terhadap mutu fisik dan kimia yang dihasilkan. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 8(2), 141–146. <http://www.bdpunib.org/jipi/artikeljipi/2006/141.PDF>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuze, V., & Ankreas, P. (2014). State of the art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197(1), 1–33.

- Mangunwardoyo, W. A. (2011). Penggunaan bungkil inti kelapa sawit hasil biokonversi sebagai substrat pertumbuhan larva *Hermetia illucens* (maggot) [Unpublished undergraduate thesis].
- Milania, N. I., Hermanto, M. B., & Hawa, L. C. H. (2023). Analisis perbandingan metode pengeringan udara panas, microwave, dan sangrai terhadap hasil maggot *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* kering. Tesis. Universitas Brawijaya.
- Minagot. (2025). Standar operasional: Metode pengeringan maggot. Sumatera Barat [Unpublished data].
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., & Shapiro-Ilan, D. I. (2014). Mass production of beneficial organisms: *Invertebrates and entomopathogens*. Cambridge, MA: Academic Press.
- Moses, J. A., Alagusundaram, K., & Tiwari, B. K. (2014). Novel drying techniques for the food industry. *Food Engineering Reviews*, 6(1), 43–55.
- Muchtadi, T. R., & Sugiyono. (2013). *Prinsip proses dan teknologi pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Mudeng, N. E. G., Mokolensang, J. F., Kalesaran, O. J., Pangkey, H., & Lantu, S. (2018). Budidaya maggot (*Hermetia illucens*) dengan menggunakan beberapa media. *E-Journal Budidaya Perairan*, 6(3), 1–6.
- Muhammad, H. N., Nikmah, F., Hidayah, N. U., & Haqiqi, A. K. (2020). Arang aktif kayu *Leucaena leucocephala* sebagai adsorben minyak goreng bekas pakai (minyak jelantah). *Physics Education Research Journal*, 2(2), 123–130.
- Muhayyat, M. S., Yuliansyah, A. T., & Prasetya, A. (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.
- Namira, A. A., Mulyadi, A. F., & Hidayat, N. (2022). Optimasi penggunaan suhu dan lama waktu pengeringan larva *black soldier fly (Hermetia illucens)* terhadap potensi bahan baku minyak hewani. Tesis. Universitas Brawijaya.
- Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, K., Sokół-Łętowska, K., & Biesiada, A. (2009). Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*, 94, 14–20.

- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of *black soldier fly* (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology*, 44(2), 406–410.
- Novita Sari, E. K., Hermanuadi, D., & Brilliantina, A. (2022). *Analisis Pindah Panas pada Pengeringan Kulit Biji Kopi (Cascara) dengan Menggunakan Mesin Pengering Tipe Flash Dryer-Cum UV*. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 17(1), 9-15.
- Nursaid, Y., Yuriandala, & Maziya, F. B. (2019). Analisis laju penguraian dan hasil kompos pada pengolahan sampah buah dengan larva *black soldier fly* (*Hermetia illucens*). *Tesis*. Universitas Islam Indonesia.
- Pinem. (2004). Rancang bangun alat pengeringan ikan teri kapasitas 12 kg/jam. *Jurnal Teknik SIMETRIKA*, 3(3), 249–253.
- Prasetiya, E. H., Maulidina, M., Puspitasari, M. D., & Suwardono, A. (2024). Pengering maggot berbasis IoT (POTbIoT) untuk mengatasi keterbatasan pakan ternak. *Nusantara of Engineering*, 7(2), 187–194.
- Purnamasari, D. K., Ariyanti, J. M., Syamsuhaidi, & Sumiati. (2021). Potensi sampah organik sebagai media tumbuh maggot lalat *black soldier fly* (*Hermetia illucens*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia*, 7(2), 95–106.
- Rachmawati, Buchori, D., Hidayat, P., Hem, S., & Fahmi, M. R. (2010). Perkembangan dan kandungan nutrisi larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada bungkil kelapa sawit. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7, 28–41.
- Rahayu, L. H., Purnavita, S., & Sriyana, H. Y. (2014). Potensi sabut dan tempurung kelapa sebagai adsorben untuk meregenerasi minyak jelantah. *Jurnal Momentum*, 10(1), 47–53.
- Rahayu, R. (2021, Mei 23). Webinar budidaya maggot BSF mengolah sampah menjadi  berkah. Universitas Andalas. <http://biologi.fmipa.unand.ac.id/berita/item/267-biokonversi-maggot-black-soldier-fly-bsf-solusi-dalam-penyelesaianmasalah-organik>
- Rakhmanda. (2011). Estimasi populasi gastropoda di Sungai Tambak Bayan. *Jurnal Ekologi Perairan*, Yogyakarta. Rahmawati, R. (2022). Preferensi oviposisi dan biologi lalat tentara hitam (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) pada media pakan berbeda. *Tesis*. Universitas Andalas.
- Renca, G. A., Mufti, A. A., Alam, F. C., Zurfi, A., & Lisafitri, Y. (2024). Efektivitas biokonversi sampah organik di Institut Teknologi Sumatera menggunakan larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Serambi*

Engineering, 9(4).

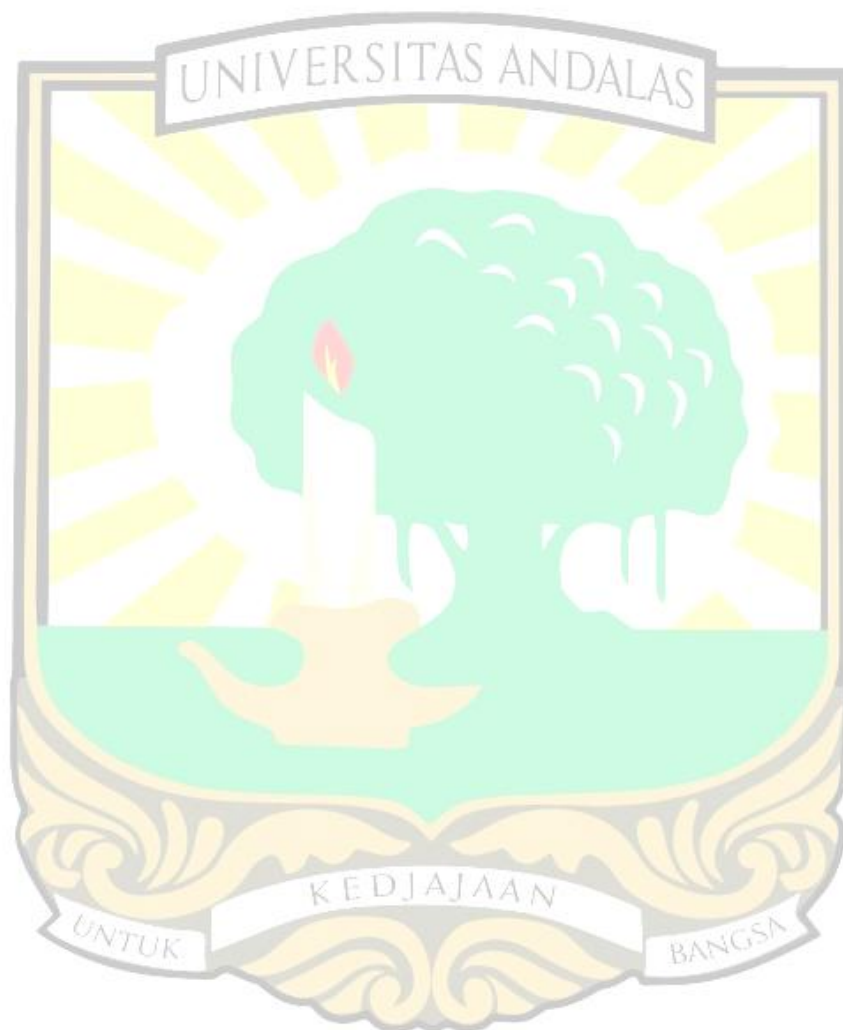
- Roy, S., Chakraborty, S. K., Parui, P., & Mitra, B. (2018). Taxonomy of soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) of Sunderban Biosphere Reserve, India. *Proceedings of the Zoological Society*, 71(2), 121–126.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802–823.
- Sandhya, S., Talukdar, J., & Bhaishya, D. (2016). Chemical and biological properties of lauric acid: A review. *International Journal of Advanced Research*, 4, 1123–1128.
- Sebayang, Warnisyah, N. U., Sipayung, A. M., Ayu, P. C., & Sinamo, K. N. (2022). Empowerment of farmer group in bioconversion of organic waste management with utilization of *Black Soldier Fly* larvae become organic fertilizer 'kasgot'. Abdimas Talenta: *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 274–283.
- Selaledi, J., & Mabelebele, M. (2022). Nutrient retention and oxidative stability of mealworm flours under different drying methods. *Food Research International*.
- Shorstkii, I., Comiotto Alles, M., Parniakov, O., Smetana, S., Aganovic, K., Sosnin, M., Toepfl, S., & Heinz, V. (2020). Optimization of pulsed electric field assisted drying process of *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* larvae. *Drying Technology*, 1–9.
- Sipayung, P. Y. (2015). Pemanfaatan larva *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* sebagai salah satu teknologi reduksi sampah di daerah perkotaan (Skripsi Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- SNI 01-2891-1992. Cara uji makanan dan minuman (Butir 5.1, 6.1, dan 8).
- Susanto, R. (2002). Penerapan pertanian organik dalam sistem budidaya tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan Organik*, 25(1), 27–34.
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of *black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae)* in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37, 345–352.
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H., & Myers, H. M. (2009). Development of the *black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae)*. *Environmental Entomology*, 38(3), 930–934.
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H., & Myers, H. M. (2009). Development of the *black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae)* in relation to temperature.

Environmental Entomology, 38(3), 930–934.

- Toni, M., Mirzah, & Montesqrit. (2017). Pengaruh pemberian mikrokapsul minyak ikan terhadap lemak abdomen dan kadar kolesterol daging broiler. *Jurnal Penelitian Lumbung*, 16(2).
- Tran, G., Gnaedinger, C., & Melin, C. (2014). *Black soldier fly* larvae (*Hermetia illucens*). *Feedipedia*.
- Trukhanova, K. A., Mechtaeva, E. V., Novikova, M. V., Sorokoumov, P. N., & Ryabukhin, D. S. (2022). Influence of drying and pretreatment methods on certain parameters of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Theory and Practice of Meat Processing*, 7, 247–257.
- Tzompa-Sosa, D. A., Yi, L., van Valenberg, H. J. F., van Boekel, M. A. J. S., & Lakemond, C. M. M. (2014). Effect of drying methods on lipid extraction and composition of edible insects. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 1–12. .
- Ushakova, N., Dontsov, A., Sakina, N., Bastrakov, A., & Ostrovsky, M. (2019). Antioxidative properties of melanins and ommochromes from *black soldier fly* *Hermetia illucens*. *Biomolecules*, 9(9), 408.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2021). Edible insects: Future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper No. 171*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Vandeweyer, D., Crauwels, S., Lievens, B., & Van Campenhout, L. (2017). Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllobates sigillatus*) from different rearing companies and different production batches. *International Journal of Food Microbiology*, 242, 13–18.
- Wardhana, A. H. (2016). *Black soldier fly* (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak. *WARTAZOA*, 26(2), 69–78.
- Wiset, L., Poomsa-Ad, N., & Onsaard, W. (2021). Drying characteristics and quality evaluation in microwave-assisted hot air drying of cherry tomato. *Engineering and Applied Science Research*, 48(6), 724–731.
- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 524–534.
- Zhu, D., Huang, X., Tu, F., Wang, C., & Yang, F. (2020). Preparation, antioxidant

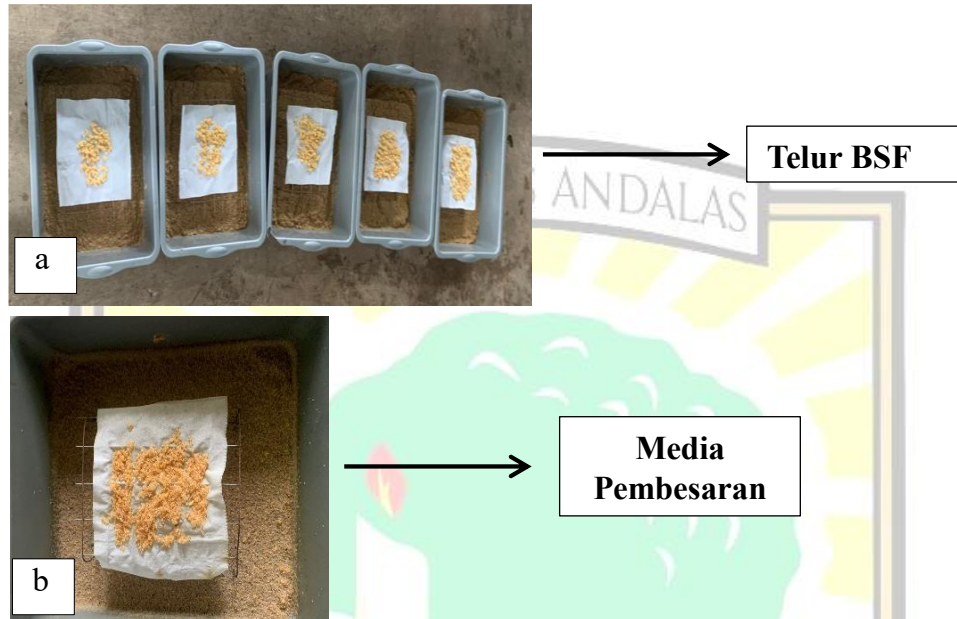
activity evaluation, and identification of antioxidant peptide from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae. *Journal of Food Biochemistry*, 44(5), e13186.

Zirjani, L., & Tavakolipour, H. (2010). Study the feasibility of a banana leaf with a combination of hot air and microwave drying methods. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(1), 58–67.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Penetasan telur lalat BSF



Lampiran 2. Media pakan pembesaran maggot BSF



Keterangan: (a) Wadah uji media pembesaran, (b) Wadah uji media pembesaran pada saat pemberian pakan.

Lampiran 3. Proses pemanenan maggot BSF.



Lampiran 4. Proses panen dan pengeringan maggot BSF



Lampiran 5. Proses ekstraksi minyak maggot BSF

