

**Pengaruh Pemberian Limbah Pakan Organik Tulang  
Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat  
Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.)**

**Skripsi**



**Eunike Dian Swastoko**

**31190276**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta**

**2023**

**Pengaruh Pemberian Limbah Pakan Organik Tulang  
Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat  
Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.)**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana



**Eunike Dian Swastoko**

**31190276**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta**

**2023**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eunike Dian Swastoko  
NIM : 31190276  
Program studi : Biologi  
Fakultas : Bioteknologi  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Pengaruh Pemberian Pakan Limbah Pakan Organik Tulang Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.)”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta  
Pada Tanggal : 1 Juli 2023

Yang menyatakan



(Eunike Dian Swastoko)  
31190276

## LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi dengan judul :

PENGARUH PEMBERIAN LIMBAH PAKAN ORGANIK TULANG AYAM  
DAN SISA NASI TERHADAP PERTUMBUHAN LARVA LALAT TENTARA  
HITAM (*Hermetia illucens* L.)

telah diajukan dan dipertahankan oleh :

**EUNIKE DIAN SWASTOKO**

**31190276**




dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Sains pada tanggal 21 Juni 2023

Nama Dosen	Tanda Tangan
1. Prof. Dr. Drs. Krismono, M.S. (Ketua Penguji/Dosen Pembimbing I)	
2. Kukuh Madyaningrana, S.Si., M.Biotech. (Dosen Penguji II/Dosen Pembimbing II)	
3. Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si. (Dosen Penguji III)	

Yogyakarta, 21 Juni 2023

Disahkan Oleh :

Dekan,



(Dr. Dhira Satwika, M.Sc.)

Ketua Program Studi,



(Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech.)

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Pengaruh Pemberian Limbah Pakan Organik Tulang Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.)

Nama Mahasiswa : Eunike Dian Swastoko

Nomor Induk Mahasiswa : 31190276

Hari/Tanggal Ujian : Rabu, 21 Juni 2023

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama



(Prof. Dr. Drs. Krismono, M.S.)

NIK : 224KE490

Pembimbing Pendamping,



(Kukuh Madyaningrang, S.Si., M.Biotech.)

NIK : 214E555

Ketua Program Studi/Wakil Dekan I



(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech.)

NIK : 214E556

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eunike Dian Swastoko

NIM : 31190276

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**“Pengaruh Pemberian Limbah Pakan Organik Tulang Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.)”**

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi Sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah yang sudah ada.

Yogyakarta, 16 Juni 2023



Eunike Dian Swastoko

31190276

## KATA PENGANTAR

Segala pujian dan syukur bagi Allah yang telah memberikan kasih karunia sehingga saya dapat menyusun skripsi ini yang berjudul Pengaruh Pemberian Limbah Pakan Organik Tulang Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*).

Skripsi ini saya susun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan guna memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana (UKDW) Yogyakarta.

Dalam kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bpk. Prof. Dr. Drs. Krismono, MS selaku Pembimbing Utama dalam penelitian dan penulisan skripsi ini yang dengan sabar memberikan bimbingan dan motivasi kepada saya sehingga penelitian dan penulisan skripsi berjalan lancar.
2. Bpk. Kukuh Madyaningrana, S.Si., M.Biotech. selaku Pembimbing Pendamping dalam penelitian dan penulisan skripsi ini yang terus mendampingi, membimbing dan memotivasi saya untuk menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Bioteknologi UKDW.
4. Kepala Laboratorium Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga yang telah membantu dalam analisis proksimat limbah pakan dan larva BSF.
5. Kepala Laboratorium Entomologi Universitas Gajah Mada yang telah membantu dalam determinasi BSF (*Black Soldier Fly*).
6. Restoran “Olive Fried Chicken” yang telah membantu dalam menyediakan limbah tulang ayam dan sisa nasi untuk bahan penelitian.
7. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung kepada saya sehingga penelitian dan penulisan skripsi berjalan lancar.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kelemahan, untuk itu segala kritikan dan saran yang membangun

sangat saya harapkan demi perbaikan dalam penelitian maupun penyusunan skripsi seperti ini.

Akhirnya semoga skripsi ini berguna bagi pembaca dan memotivasi bagi para peneliti yang berminat untuk meneliti permasalahan yang serupa. Tuhan memberkati.

Yogyakarta, 16 Juni 2023

Eunike Dian Swastoko





## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL DEPAN .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL BAGIAN DALAM.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Manfaat Penelitian .....	3
1.4. Hipotesis .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Biologi Black Soldier Fly .....	4
2.1.1. Morfologi dan Klasifikasi BSF .....	4
2.1.2. Daerah Persebaran <i>Black Soldier Fly</i> .....	5
2.1.3. Siklus Hidup BSF .....	6
2.2. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan BSF.....	8

2.2.1. Kondisi Pakan.....	8
2.2.2. Suhu dan Kelembapan Lingkungan.....	10
2.2.3. Intensitas Cahaya.....	10
2.3. Pemanfaatan Larva <i>Black Soldier Fly</i> .....	11
2.4. Jenis Pakan yang Digunakan Untuk Budidaya BSF.....	11
2.4.1. Tulang Ayam .....	11
2.4.2. Sisa Nasi .....	12
2.4.3. Kulit Buah .....	12
2.4.4. Sisa Sayuran .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	14
3.3. Desain Penelitian .....	15
3.4. Pelaksanaan Tahapan Penelitian.....	15
3.4.1. Determinasi <i>Black Soldier Fly</i> .....	15
3.4.2. Penetasan Telur dan Pembesaran Larva BSF .....	16
3.4.3. Formulasi Pakan .....	16
3.4.4. Analisis Proksimat .....	17
3.4.5. Pengukuran Parameter Abiotik .....	17
3.4.6. Pengukuran Parameter Pertumbuhan Larva BSF .....	18
3.4.6.1. Biomassa Larva BSF.....	18
3.4.6.2. Indeks Pengurangan Limbah (WRI) .....	18
3.4.6.3. Efisiensi Konversi Umpan Tercerna (ECD) .....	20
3.4.6.4. Tingkat Ketahanan Hidup Larva BSF.....	20
3.4.7. Tahap Pengumpulan dan Analisis Data.....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1. Determinasi <i>Black Soldier Fly</i> .....	21
4.2. Nilai Nutrisi Pakan Untuk Menunjang Pertumbuhan Larva BSF .....	23
4.3. Biomassa Larva BSF yang Menunjang Pertumbuhan Larva BSF.....	25
4.4. Nilai Nutrisi Larva BSF Untuk Menunjang Pertumbuhan Larva BSF .....	28

4.5. <i>Survival Rate</i> Larva BSF yang Menunjang Pertumbuhan Larva BSF.....	32
4.6. <i>Substrat Reduction</i> Bagi Pertumbuhan Larva BSF .....	35
4.7. Nilai <i>Waste Reduction Index</i> Untuk Pertumbuhan Larva BSF.....	37
4.8. Efisiensi Konversi Umpan Tercerna (ECD) Bagi Pertumbuhan Larva BSF .....	39
4.9. Nilai Parameter Lingkungan yang Terukur Selama 12 Hari Penelitian .....	40
4.9.1. Suhu Pakan yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF.....	40
4.9.2. Suhu Udara yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF .....	42
4.9.3. Kelembapan Pakan yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF.....	43
4.9.4. Kelembapan Udara yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF.....	44
4.9.5. Nilai pH Pakan yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF.....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1. Simpulan.....	47
5.2. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Proksimat Pakan yang Digunakan Untuk Pertumbuhan Larva BSF .....	23
Tabel 2. Hasil Uji Duncan Perlakuan Terhadap Biomassa Larva BSF .....	26
Tabel 3. Hasil Proksimat Larva BSF ( <i>Black Soldier Fly</i> ) Sebelum dan Sesudah Diberi Perlakuan Pakan .....	28
Tabel 4. Hasil Uji Duncan Perlakuan Pakan Terhadap <i>Substrat Reduction</i> .....	36
Tabel 5. Hasil Uji Duncan Perlakuan Pakan Terhadap Hasil WRI ( <i>Waste Reduction Index</i> ).....	38



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi Larva, Pupa, dan Lalat Dewasa BSF .....	4
Gambar 2. Siklus Metamorfosis BSF .....	6
Gambar 3. Identifikasi Larva BSF Pada Bagian Toraks .....	21
Gambar 4. Identifikasi Imago <i>Black Soldier Fly</i> .....	21
Gambar 5. Biomassa Larva BSF dari H-0 hingga H-12 Pada Berbagai Perlakuan Pakan .....	25
Gambar 6. Laju Pertambahan Biomassa Larva BSF dengan Berbagai Perlakuan Pakan yang Diukur Setiap 3 Hari Sekali .....	27
Gambar 7. Sintasan Larva BSF Setelah 12 Hari Dengan Berbagai Perlakuan Pakan .....	33
Gambar 8. Tingkat Ketahanan Hidup Larva BSF Selama 12 Hari Pada Setiap Pemberian Pakan Berbeda .....	34
Gambar 9. Persentase <i>Substrat Reduction</i> Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari .....	35
Gambar 10. Nilai WRI Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari .....	37
Gambar 11. Tingkat Efisiensi Konversi Substrat Menjadi Nutrisi Larva BSF Pada Setiap Pemberian Pakan Berbeda .....	39
Gambar 12. Suhu Media Pakan yang Berbeda Selama 12 Hari .....	41
Gambar 13. Suhu Udara yang Diukur Setiap 2 Hari Sekali Selama 12 Hari.....	42
Gambar 14. Tingkat Kelembapan Media Pakan Berbeda yang Diukur Selama 12 Hari .....	43
Gambar 15. Tingkat Kelembapan Udara yang Diukur Setiap 2 Hari Sekali Selama 12 Hari .....	45
Gambar 16. Tingkat pH Media Pakan Berbeda yang Diukur Selama 12 Hari .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Determinasi Serangga <i>Black Soldier Fly</i> .....	54
Lampiran 2. Hasil Analisis Proksimat Pakan dan Larva Umur 12 Hari .....	54
Lampiran 3. Hasil Analisis Proksimat Larva BSF .....	55
Lampiran 4. Data Rerata Biomassa Larva BSF Selama 12 Hari .....	55
Lampiran 5. Data Biomassa Absolut Larva BSF .....	55
Lampiran 6. Data Rerata WRI Selama 12 Hari Pada Berbagai Perlakuan Pakan .....	56
Lampiran 7. Data Rerata ECD Selama 12 Hari Pada Berbagai Perlakuan Pakan .....	56
Lampiran 8. Data Rerata <i>Survival Rate</i> Larva BSF Selama 12 Hari Pada Berbagai Perlakuan Pakan .....	56
Lampiran 9. Data Rerata <i>Substrat Reduction</i> Selama 12 Hari Pada Berbagai Perlakuan Pakan .....	57
Lampiran 10. Data Suhu dan Kelembapan Udara Sebagai Faktor Pendukung Pertumbuhan Larva BSF Selama 12 Hari .....	57
Lampiran 11. Data Suhu Pakan Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari .....	57
Lampiran 12. Data Kelembapan Pakan Selama 12 Hari .....	58
Lampiran 13. Data pH Pakan Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari .....	58
Lampiran 14. Hasil Uji Anova Untuk Biomassa Larva BSF Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari .....	58
Lampiran 15. Hasil Uji Duncan Pada Biomassa Larva BSF Setelah Diberi Perlakuan Pakan .....	59
Lampiran 16. Hasil Uji Kruskal Wallis Pada <i>Survival Rate</i> Larva BSF Selama 12 Hari di Berbagai Perlakuan Pakan .....	59
Lampiran 17. Hasil Uji Anova Pada ECD di Berbagai Perlakuan Pakan .....	60
Lampiran 18. Hasil Uji Anova Untuk WRI Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari .....	60
Lampiran 19. Hasil Uji Duncan Pada WRI Hari ke-12 di Berbagai Perlakuan Pakan .....	61
Lampiran 20. Hasil Uji Anova Pada <i>Substrat Reduction</i> di Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari .....	61

Lampiran 21. Hasil Uji Duncan Pada <i>Substrat Reduction</i> Hari ke-12 di Berbagai Perlakuan Pakan .....	61
Lampiran 22. Hasil Uji Korelasi antara Nilai WRI dengan <i>Substrat Reduction</i> Pada Berbagai Perlakuan Pakan .....	62
Lampiran 23. Penetasan Telur BSF. ....	62
Lampiran 24. Tulang Ayam yang Dihaluskan Sebagai Pakan Larva BSF .....	63
Lampiran 25. Pemberian Media Pakan Berupa Tulang Ayam. ....	63
Lampiran 26. Pemberian Media Pakan (Pakan Babi T-51) Sebagai Kontrol .....	63
Lampiran 27. Pemberian Pakan (Kombinasi Sisa Nasi dan Tulang Ayam) .....	64
Lampiran 28. Pemberian Media Pakan (Sisa Nasi) .....	64
Lampiran 29. Larva BSF yang Telah Diberi Pakan Berupa Tulang Ayam. ....	65
Lampiran 30. Larva BSF yang Diberi Pakan Berupa Sisa Nasi .....	65
Lampiran 31. Larva BSF yang Diberi Pakan Kombinasi (Sisa Nasi dan Tulang Ayam).....	65
Lampiran 32. Larva BSF yang Diberi Pakan Berupa Pakan Babi T-51 (kontrol).....	66
Lampiran 33. Tulang Ayam dan Sisa Nasi dari Olive Fried Chicken Sebagai Media Pakan Untuk Larva BSF.....	66
Lampiran 34. Pengukuran Parameter Abiotik Pada Media Larva BSF .....	66
Lampiran 35. Penimbangan Berat Pakan dan Larva BSF.....	67

## ABSTRAK

### **Pengaruh Pemberian Limbah Pakan Organik Tulang Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.)**

EUNIKE DIAN SWASTOKO

Lalat tentara hitam (*Hermetia illucens* L.) adalah jenis serangga yang pada fase larvanya mengonsumsi berbagai sampah organik berupa sisa makanan, sisa sayuran, kotoran hewan dan manusia, sisa buah, dan lain sebagainya. Budidaya *Black Soldier Fly* dapat membantu tingkat perekonomian karena larva BSF mengandung protein yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak, ikan, unggas, dan manusia. Larva BSF atau dikenal dengan maggot berperan sebagai agen biokonversi yang mampu mereduksi sampah organik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pakan organik berupa tulang ayam, sisa nasi, serta kombinasi sisa nasi dan tulang ayam terhadap penambahan biomassa larva BSF, kandungan nutrisi larva BSF, ketahanan hidup larva BSF, efisiensi konversi umpan tercerna, *Waste Reduction Index*, dan *substrat reduction*. Penelitian dilakukan dari penetasan telur BSF, pembesaran larva BSF hingga menjadi prepupa. Pengumpulan data menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 1 kontrol, dengan 3 kali pengulangan. Perlakuan dengan jenis pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi dapat memberikan hasil pertumbuhan yang paling baik secara keseluruhan untuk larva BSF ditunjukkan dengan penambahan biomassa larva sebesar 0,75 gram, kandungan nutrisi larva BSF yang terdiri dari protein 9,48%; lemak 25,39%; karbohidrat 2,63%; kadar air 46,36%; kadar abu 2,63%, dan efisiensi konversi umpan tercerna sebesar 0,010, *waste reduction index* sebesar 0,034 g/hari, *substrat reduction* dengan nilai 51%, dan ketahanan hidup larva BSF dengan nilai persentase sebesar 98%. Parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan larva BSF berdasarkan pengamatan selama 12 hari penelitian adalah suhu pakan dengan rentang suhu sebesar 26-41°C, suhu udara dengan rentang suhu sebesar 31-42°C, kelembapan pakan sebesar 15-92%, kelembapan udara sebesar 26-73%, dan pH pakan dengan nilai 6-7.

**Kata kunci :** *Hermetia illucens*, tulang ayam, sisa nasi



## ABSTRACT

### *The Effect of Giving Organic Feed Waste Chicken Bones and Leftover Rice On The Growth of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae*

EUNIKE DIAN SWASTOKO

*Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) is a type of flies that in its larval phase consumes various organic wastes in the form of food scraps, vegetable scraps, animal and human waste, fruit scraps and so on. Cultivating Black Soldier Fly can help the economic level because BSF larvae contain high protein so that they can be used as alternative feed for livestock, fish, and poultry. BSF larvae or known as maggots act as bioconversion agents that are able to reduce organic waste. This research aims to study the effect of organic feed in the form of chicken bones, leftover rice, and a combination of leftover rice and chicken bones on the addition of BSF larvae biomass, nutrient content of BSF larvae, digestible feed conversion efficiency, waste reduction index, and substrate reduction. The research was carried out from hatching BSF eggs, enlargement of BSF larvae to becoming prepupae. Data collection used a completely randomized design (RAL) with 3 treatments and 1 control, with 3 repetitions. Treatment with this type of feed in the form of a combination of chicken bones and leftover rice could provide the best overall growth results for BSF larvae as indicated by an increase in larval biomass of 0,75 grams, BSF larvae nutritional content consisting of 9,48% protein; fat 25,39%; carbohydrates 2,63%; water content 46,36%; ash content of 2,63%, and digestible feed conversion efficiency of 0,010, waste reduction index of 0,034g/day, substrate reduction with a value of 51%, and BSF larval survival with a percentage value of 98%. Environmental parameters that affect the growth of BSF larvae based on observations during the 12 days of research are feed temperature with a temperature range of 26-41°C, air temperature with a temperature range of 31-42°C, feed humidity of 15-92%, air humidity of 26-73%, and feed pH with a value of 6-7.*

**Keywords :** *Hermetia illucens, chicken bone, leftover rice*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sampah atau limbah di Indonesia menjadi suatu permasalahan yang masih timbul di masyarakat. Puluhan ton sampah menumpuk tiap harinya dan belum bisa diolah dengan baik sehingga bisa menjadi sumber pencemaran bagi lingkungan sekitar (Yunita *et al.*, 2021). Berdasarkan data yang dirilis oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia pada tahun 2022 menyebutkan bahwa timbulan sampah di Indonesia telah mencapai 18,89 juta ton per tahun dan komposisi sampah yang paling banyak yaitu dari sampah organik berupa sisa makanan sebanyak 41,45% (Anonim, 2022). Sampah organik adalah sampah yang terdiri dari kulit buah, sisa makanan, sampah dapur dan memiliki sifat yang mudah terurai. Sampah organik menimbulkan bau busuk jika tidak diolah dengan baik serta bisa mengganggu kesehatan masyarakat sehingga hal tersebut menjadi dampak negatif yang perlu diperhatikan dan harapannya tidak berlanjut mencemari lingkungan (Mabruroh *et al.*, 2022; Salman *et al.*, 2020; Satori *et al.*, 2018).

Sampah atau limbah organik biasa ditemukan di perumahan, pabrik, dan tempat perdagangan komersial. Contoh sampah organik yang ada di perdagangan komersial yaitu tulang ayam, kulit ayam, sisa nasi, dan lain sebagainya. Sampah organik tersebut memiliki kandungan nutrisi cukup tinggi seperti karbohidrat, lemak, protein yang masih bisa diolah kembali dan menjadi komposisi nutrisi untuk pakan hewan. Salah satu cara untuk mengatasi pengolahan sampah organik adalah dengan dilakukan budidaya *maggot* atau larva BSF (*Black Soldier Fly*) karena *maggot* berperan sebagai agen biokonversi yang mampu mereduksi limbah organik dan membuat massa sampah menjadi berkurang sekitar 52-56% (Salman *et al.*, 2020).

*Black Soldier Fly* merupakan jenis lalat dari kelompok ordo Diptera yang tidak menimbulkan penyakit sehingga aman untuk dibudidayakan. Larva BSF dapat mengonsumsi sampah organik berupa sisa sayuran, sisa makanan, kotoran

hewan, dan tahan untuk hidup di cuaca yang cukup ekstrim. Namun, pertumbuhan larva BSF bisa terhambat karena dipengaruhi kondisi lingkungan yang tidak ideal seperti suhu lingkungan dan kelembapan udara yang tidak optimal, serta rendahnya kandungan nutrisi pada pakan yang dikonsumsi. Larva BSF memiliki kandungan protein yang tinggi sebesar 45-50% dan kandungan lemak yang tinggi sebesar 24-30% sehingga bermanfaat sebagai pakan ikan, unggas, dan ternak (Fahmi *et al.*, 2007; Salman *et al.*, 2020). Larva BSF yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan adalah 75 kg larva untuk 400 bibit ikan yang berukuran 3-5 cm (Erwin *et al.*, 2018; Fauzi & Sari, 2018).

Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui komposisi nutrisi pada limbah pakan organik berupa sisa nasi dan tulang ayam dalam bentuk tunggal maupun kombinasi yang mempengaruhi pertumbuhan larva BSF.

## **1.2. Rumusan Masalah**

- 1.2.1. Bagaimana pengaruh pemberian sampah organik berupa tulang ayam, sisa nasi, serta kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam terhadap pertumbuhan biomassa larva BSF, kandungan nutrisi larva BSF, dan sintasan larva BSF?
- 1.2.2. Bagaimana pengaruh pemberian sampah organik berupa tulang ayam, sisa nasi, serta kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam terhadap indeks reduksi sampah (WRI), *substrat reduction*, dan efisiensi konversi umpan tercerna (ECD) pada pertumbuhan larva BSF?
- 1.2.3. Bagaimana pengaruh parameter lingkungan terhadap pertumbuhan larva BSF (*Black Soldier Fly*)?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

- 1.3.1. Mengetahui dan mempelajari pengaruh sampah organik berupa tulang ayam, sisa nasi, serta kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam terhadap pertumbuhan biomassa larva BSF, kandungan nutrisi larva BSF, dan sintasan larva BSF.

- 1.3.2. Mengetahui dan mempelajari pengaruh pemberian sampah organik yang paling baik terhadap indeks reduksi sampah (WRI), *substrat reduction*, dan efisiensi konversi umpan tercerna (ECD) pada pertumbuhan larva BSF.
- 1.3.3. Mengetahui dan mempelajari pengaruh parameter lingkungan untuk pertumbuhan larva BSF.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

- 1.4.1. Memberi informasi kepada masyarakat tentang pengaruh pemberian sampah organik berupa tulang ayam, sisa nasi, serta kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam untuk pertumbuhan larva BSF.
- 1.4.2. Memberi informasi kepada masyarakat terkait budidaya larva BSF menggunakan media pakan dari limbah organik komersial.
- 1.4.3. Budidaya larva BSF secara berkelanjutan dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, ikan, dan unggas.

#### **1.5. Hipotesis**

- 1.5.1. Perlakuan pemberian jenis pakan kombinasi berupa tulang ayam dan sisa nasi paling optimal untuk pertumbuhan larva BSF daripada pemberian jenis pakan organik tunggal karena jenis pakan kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi memiliki kandungan nutrisi yang lengkap.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Biologi *Black Soldier Fly*

##### 2.1.1. Morfologi dan Klasifikasi BSF (*Black Soldier Fly*)

*Black Soldier Fly* adalah salah satu jenis lalat yang tidak berbahaya dan biasa dibudidayakan karena memiliki kemampuan untuk mengubah limbah organik menjadi biomassa larva. Beberapa karakteristik yang dimiliki oleh *Black Soldier Fly* yaitu bertahan hidup pada toleransi pH yang tinggi, mudah dibudidayakan, masa hidup larva sekitar 4 minggu, tidak membawa gen yang bersifat patogen, mengurangi jumlah sampah organik, dan memiliki kandungan protein 40-50% (Septiani *et al.*, 2023). Larva BSF (*Black Soldier Fly*) atau biasa yang disebut *maggot* berperan sebagai agen biokonversi dan berpotensi sebagai sumber protein yang tinggi bagi pakan unggas dan ikan (Permana *et al.*, 2022; Salman *et al.*, 2020). Larva BSF secara alami sering dijumpai di tumpukan limbah-limbah pasar tradisional, rumah tangga, dan rumah makan. Larva BSF baik digunakan sebagai pakan ikan karena mengandung anti mikroba yang bisa menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bakteri dan parasit serta dapat menjaga imun tubuh pada ikan (Hulu *et al.*, 2022). Berbagai jenis limbah yang bisa dikonsumsi oleh larva BSF yaitu sisa makanan, kotoran hewan dan manusia, sisa sayur dan buah-buahan (Nguyen *et al.*, 2013). Kecepatan larva BSF dalam mereduksi limbah lebih baik dan efisien daripada kelompok jamur, bakteri, protozoa, dan cacing (Kim *et al.*, 2011).



Gambar 1. Morfologi larva, pupa, dan lalat dewasa BSF  
(Sumber gambar: McShaffrey, 2013)

Taksonomi lalat tentara hitam yang dideterminasi pertama kali oleh Linnaeus pada tahun 1758 adalah berikut ini (Anonim, 2022).

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insekta

Ordo : Diptera

Family : Stratiomyidae

Genus : *Hermetia*

Spesies : *Hermetia illucens* L.

*Black Soldier Fly* memiliki ciri-ciri seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 yaitu tubuhnya berwarna hitam, panjangnya antara 15-20 mm, pada bagian segmen basal abdomennya berwarna transparan dan hampir mirip dengan abdomen lebah, bagian mulut lalat dewasa tidak fungsional, antena kepalanya memiliki panjang dua kali dari panjang kepala, kaki lalat bagian femur dan tibia berwarna hitam dengan tarsi berwarna putih, bagian sayap lalat dewasa masih terlipat saat mengalami perkembangan dari pupa dan akan mengembang secara sempurna sampai bagian toraks tertutup (Septiani *et al.*, 2023; Wardhana, 2016).

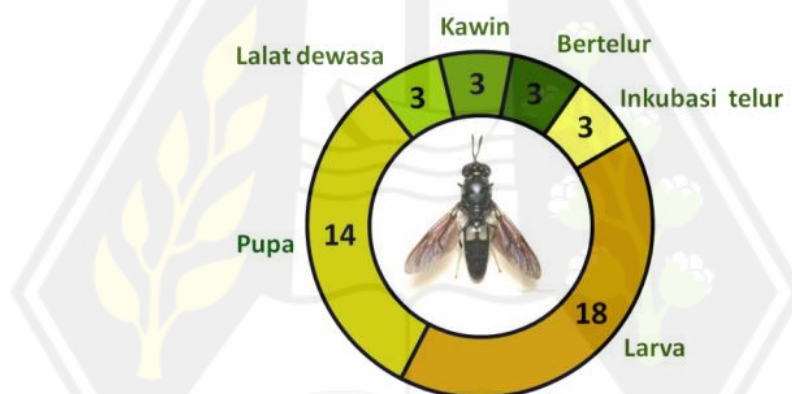
### **2.1.2. Daerah Persebaran *Black Soldier Fly***

Lalat tentara hitam berasal dari benua Amerika dan penyebarannya sudah ke banyak daerah. Benua Afrika, Asia, Australia, dan Eropa telah menjadi tempat lalat tentara hitam untuk tumbuh dan berkembang. Penyebaran *Black Soldier Fly* di Benua Asia meliputi negara India, Indonesia, Jepang, Malaysia, Filipina, Vietnam, Taiwan, Thailand, dan lain sebagainya. Pada Benua Eropa, penyebaran *Black Soldier* terjadi di beberapa negara seperti Swiss, Spanyol,

Perancis, Argentina, Malta, Albania, dan negara lainnya (Wahyuni *et al.*, 2021). Namun, pertama kali lalat tentara hitam tercatat masuk ke Benua Eropa adalah di negara Malta. Penyebab masuknya lalat tentara hitam ke berbagai belahan dunia yaitu karena adanya transportasi dan perdagangan internasional pada abad ke-20 (Lin, 2019).

### 2.1.3. Siklus Hidup BSF (*Black Soldier Fly*)

Siklus metamorfosis *Black Soldier Fly* termasuk kategori metamorfosis sempurna (Gambar 2) yang dimulai dari telur, larva, pupa, kemudian tahap terakhirnya menjadi imago atau lalat dewasa (Septiani *et al.*, 2023). Siklus metamorfosis BSF ini terjadi selama 40-43 hari dan berlangsung sesuai kondisi pakan maupun lingkungan yang diberikan (Tomberlin *et al.*, 2002).



Keterangan : Angka pada gambar menunjukkan jangka waktu perkembangan BSF (hari)

Gambar 2. Siklus Metamorfosis BSF (Sumber gambar: Tomberlin *et al.*, 2002)

*Black Soldier Fly* betina akan bertelur sebanyak 300-500 butir. Panjang telur BSF kurang dari 1 mm dan bentuknya oval, rata-rata bobot telurnya 0,003 mg. Telur BSF berwarna putih pucat dan lama-kelamaan berubah menjadi kuning hingga waktunya menetas. Pemeliharaan dan penetasan telur BSF terjadi dalam waktu 3 hari dengan suhu optimum antara 28-35°C, kemudian

kelembapan udara untuk perkembangan telur BSF yang optimum yaitu 30-40%. Telur BSF akan menjadi kering dan terjadi kematian embrio jika kelembapan udaranya kurang dari 30% (Septiani *et al.*, 2023).

Telur BSF menetas menjadi larva instar satu dengan kurun waktu 2-4 hari, kemudian perkembangan larva hingga larva instar enam terjadi selama 22-24 hari dengan rata-rata 18 hari. Ukuran larva BSF yang baru menetas yaitu kurang lebih 2 mm hingga 5 mm (Barros Cordeiro *et al.*, 2014). Ada 6 fase instar (pergantian kulit) yang ditunjukkan dari perubahan warna dari putih krem hingga coklat kehitaman di instar terakhir (Popa dan green, 2012). Larva BSF memiliki bentuk yang oval, pipih, panjang sekitar 12-17 mm, dan terdapat 11 segmen tubuh yang dikelilingi sejumlah rambut. Organ penyimpanan yang dimiliki larva BSF yaitu *trophocytes* berperan sebagai tempat penyimpanan kandungan nutrisi yang diperoleh dari substrat yang dikonsumsi (Subamia, 2010).

Suhu yang optimum untuk pertumbuhan larva BSF adalah 30-36°C. Larva muda mampu bertahan hidup di suhu lebih dari 45°C dan kurang dari 20°C saat cukup tersedia cadangan makanannya (Septiani *et al.*, 2023). Kadar air yang semakin tinggi pada larva BSF maka menunjukkan semakin rendahnya kadar lemak pada larva BSF karena kadar lemak dan kadar air memiliki hubungan berlawanan (Kantun *et al.*, 2015). Larva BSF memiliki kandungan karbohidrat yang rendah yaitu kurang atau mendekati 1% karena termasuk ke dalam sumber nutrisi hewani atau dimanfaatkan sebagai pakan hewan lainnya (Azir *et al.*, 2017). Sel struktural bertumbuh lebih cepat pada larva BSF muda sehingga protein kasar yang terkandung lebih tinggi daripada larva yang kondisinya sudah tua (Wardhana *et al.*, 2016). Pada umur 14 hari, larva BSF mengalami masa prepupa dan kulitnya akan lebih keras dari yang sebelumnya (Septiani *et al.*, 2023).

Prepupa akan berjalan menuju tempat yang lebih kering saat menuju masa pupa. Ciri-ciri pupa BSF cenderung pasif, memiliki ukuran dua pertiga



dari prepupa, dan berwarna coklat kehitaman disertai teksturnya yang kasar. Fase pupa pada BSF berjalan selama 14 hari hingga sebulan tergantung dari jenis pakan dan kondisi lingkungannya (Wardhana, 2016). Pupa betina memiliki bobot rata-rata 13% lebih berat daripada bobot pupa jantan (Tomberlin *et al.*, 2009). BSF tidak lagi mengonsumsi makanan di tahap prepupa dan pupa.

Setelah melalui tahap pupa, BSF berkembang menjadi lalat dewasa (imago) yang merupakan tahap akhir dalam siklus hidup BSF. Imago keluar dari tahap pupa memiliki umur 3-4 hari karena pakan yang terbatas. Ciri-ciri yang dimiliki lalat dewasa yaitu tubuhnya berukuran antara 15-20 mm dengan variasi warna kuning, hitam atau biru, hijau, dan *metallic*. Tubuh BSF betina lebih besar daripada tubuh BSF jantan dan di tahap imago ini kelangsungan hidupnya hanya untuk kawin atau menghasilkan telur. Proses perkawinan antara imago BSF jantan dan betina terjadi umur 2 hari setelah keluar dari pupa dan imago bertelur hanya sekali dalam hidupnya (Rachmawati *et al.*, 2010). Imago BSF betina bertelur pada suhu 27.5-37.5°C dan berada di kelembapan udara antara 30-90% karena BSF mudah mengalami dehidrasi sehingga imago BSF bisa hidup lebih lama saat diberi air (Tomberlin *et al.*, 2002).

## **2.2. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan *Black Soldier Fly***

### **2.2.1. Kondisi Pakan**

Media pakan yang tersedia untuk BSF sangat berpengaruh bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan BSF karena pakan tersebut mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh BSF. Kualitas dari media pakan untuk larva BSF berkorelasi positif dengan panjang larva serta persentase daya tahan hidup imago BSF (De Haas *et al.*, 2006). Proses pertumbuhan yang cepat terutama bobot pada larva BSF dipengaruhi oleh nutrisi yang tercukupi dalam tubuh larva, sedangkan pertumbuhan larva akan berjalan lebih lambat ketika nutrisi pada pakan tidak memenuhi nutrisi pada tubuh larva (Minggawati *et al.*, 2019).

Larva BSF mengonsumsi sampah organik secara optimal dengan kadar air sebanyak 60-90% dan kondisi pakannya lembap. Ukuran partikel substrat untuk pakan larva BSF harus kecil supaya kandungan nutrisi dalam substrat dapat mudah diserap. Suhu optimum untuk kondisi pakan larva BSF yaitu 22-35°C (Dortmans *et al.*, 2017). Tingkat ketahanan hidup dan kandungan nutrisi yang terdapat pada larva BSF dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas pada media pakan larva (Gobbi *et al.*, 2013). Nilai pH media pakan yang optimum adalah 6-7 atau di kisaran pH netral (Monita *et al.*, 2017). Bobot atau massa akhir larva BSF akan menunjukkan hasil yang lebih berat dengan nilai pH 6-10, namun bobot larva cenderung rendah ketika nilai pH kurang dari 6 (Meneguz *et al.*, 2018).

Kadar air yang semakin tinggi dalam substrat akan memicu pindahnya larva BSF ke tempat yang lebih kering atau keluar dari tempat pembiakan. Selain itu, media pakan yang memiliki kadar air terlalu tinggi dapat menyebabkan larva mati karena kurangnya oksigen yang ditunjukkan dengan panasnya media pembesaran. Kondisi panas pada media pembesaran tersebut disebabkan adanya gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik membentuk kondisi anaerobik (Hakim *et al.*, 2017; Rofi *et al.*, 2021). Proses pencernaan larva BSF akan terhambat akibat kurangnya kadar air pada substrat yang dikonsumsi. Berdasarkan syarat SNI 01-4087-2006, standar pakan untuk ikan yaitu memiliki kandungan protein sebesar 20-35%, lemak sebesar 2-10%, dan kadar air kurang dari 12% (SNI, 2006). Berdasarkan syarat SNI 01-3931-2006, standar pakan untuk unggas yaitu memiliki kandungan protein minimal 18%, lemak dan kadar abu maksimal 8%, serta kadar air maksimal 14% (SNI, 2006). Pakan mengandung campuran mineral atau berbagai komponen anorganik yang biasa disebut kadar abu. Semakin tinggi kadar abu maka semakin tinggi juga kandungan mineralnya pada suatu bahan (Kantun *et al.*, 2015). Kadar abu akan terus meningkat apabila proses pengabuan menggunakan suhu tinggi dan waktu yang lama (Hartati *et al.*, 2022). Berdasarkan SNI 01-2693-1992, kadar abu

yang terkandung dalam produk perikanan memiliki baku mutu dengan kisaran 1-8% (Azir *et al.*, 2017).

Pertumbuhan larva yang baik membutuhkan nutrisi dari sumber makanan yang kaya akan protein, lemak, dan karbohidrat. Sumber makanan yang mengandung protein dan lemak akan dikonversi larva menjadi biomassa larva BSF (Purba *et al.*, 2021; Septiani *et al.*, 2023). Jumlah protein yang terkandung pada media pakan larva BSF bisa tinggi ataupun rendah. Tingginya kadar protein pada pakan dapat menyebabkan larva BSF lebih cepat mengonsumsi makanannya dan dapat meningkatkan nilai konsumsi pakan (Ratih, 2020). Kandungan protein yang terdapat pada media pakan sangat menentukan kandungan protein pada larva BSF sehingga protein yang tinggi di media pakan berbanding lurus dengan protein yang terdapat di larva BSF (Faradila *et al.*, 2023). Di dalam sistem pencernaan larva BSF terdapat enzim protease yang berfungsi untuk mencerna dan merombak berbagai macam bahan organik menjadi protein (Kim *et al.*, 2011). Kandungan lemak dari media pakan dicerna oleh larva BSF menggunakan enzim lipase yang ada di dalam tubuh larva BSF sehingga kandungan lemak pada larva BSF bertambah (Fahmi *et al.* 2009). Kandungan karbohidrat tinggi terdapat dalam kelompok serealia yaitu beras, kentang, gandum, jagung, dan aneka biji-bijian (Azir *et al.*, 2017).

### **2.2.2. Suhu dan Kelembapan Lingkungan**

Dalam siklus hidup *Black Soldier Fly* perlu memperhatikan faktor suhu dan kelembapan lingkungan. Masa inkubasi telur juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Lalat dewasa menjadi produktif dengan membutuhkan suhu yang lebih hangat yaitu diatas 30°C. Telur BSF akan menetas lebih cepat saat suhunya hangat. Suhu yang dibutuhkan larva dan pupa BSF untuk berkembang secara optimal adalah 30-35°C. Jika suhu lingkungan lebih rendah dari 27°C dalam proses pemeliharaan larva dan pupa, perkembangannya akan menjadi 4 hari lebih lambat. Pada suhu lingkungan 36°C, larva BSF tidak ada yang bertahan hidup (Tomberlin *et al.*, 2009). Larva BSF dapat hidup secara optimal pada kelembapan 60-70% (Holmes *et al.*, 2013).

### 2.2.3. Intensitas Cahaya

Proses reproduksi BSF dan perkembangan larva dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Larva BSF termasuk hewan yang memiliki sifat photofobia karena larva bergerak aktif mencari makan di tempat yang cahayanya sedikit. Namun, lalat dewasa membutuhkan intensitas cahaya matahari yang tinggi untuk melakukan perkawinan (Wardhana, 2016).

### 2.3. Pemanfaatan Larva *Black Soldier Fly*

Sampah organik dapat didaur ulang atau diurai dengan memanfaatkan larva BSF karena larva BSF mampu mengolah berbagai jenis sampah organik seperti sisa makanan, sisa sayuran, sampah restoran, kotoran hewan dan manusia. Kemampuan maggot untuk mengubah bahan organik menjadi protein yang bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Kim *et al.*, 2011). Arah makan maggot searah horizontal dengan makanannya, kemudian maggot akan mengestrak nutrien dari hasil pembusukan limbah organik yang diberikan dan bergerak secara vertikal (Septiani *et al.*, 2023). Larva BSF atau maggot berpotensi sebagai pakan alternatif bagi ikan dan ternak karena memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yaitu sekitar 40-50%. Larva BSF dapat diolah menjadi tepung ikan untuk pakan ikan dengan harga yang relatif murah daripada membeli tepung ikan komersil. Selain protein, larva BSF juga memiliki kandungan lemak yang tinggi sebagai bahan pakan yaitu sekitar 29-32% (Bosch *et al.*, 2014). Larva BSF bisa dimanfaatkan sebagai pakan manusia yaitu dengan menggabungkan tepung larva BSF ke dalam adonan roti yang dipanggang. Kemudian lemak dari larva BSF bisa dimanfaatkan untuk pengganti mentega di dalam makanan yang akan dipanggang, selain itu larva BSF digunakan sebagai pakan alternatif seperti sosis emulsi (Bessa *et al.*, 2020).

### 2.4. Jenis Pakan yang Digunakan Untuk Budidaya BSF

#### 2.4.1. Tulang Ayam

Tulang ayam merupakan sisa potongan daging dan kulit ayam yang telah dibuang atau tidak lagi dikonsumsi oleh konsumen. Tulang ayam biasanya menjadi sampah organik yang banyak ditemukan di rumah makan cepat saji

dan pemanfaatannya belum dilakukan secara optimal. Namun, limbah tulang ayam berpotensi untuk diolah menjadi sumber pakan bagi larva BSF karena tulang ayam memiliki kandungan nutrisi yang tinggi untuk perkembangan larva BSF. Kandungan nutrisi pada tulang ayam terdiri dari 12% protein, 10% lemak, 45% kadar air, dan 25% kadar abu (Astuti *et al.*, 2019). Tulang ayam mengandung komponen mineral tinggi, protein, dan lemak yang melekat pada bahan tersebut (Rusmana *et al.*, 2016). Kandungan protein kasar pada bahan makanan menunjukkan lebih dari 19%, artinya bahan makanan tersebut sebagai sumber protein yang baik bagi tubuh dan juga memenuhi syarat sebagai pakan ternak unggas berdasarkan SNI 8173-3-2015 (Faradila *et al.*, 2023; Murtidjo, 2001).

#### 2.4.2. Sisa Nasi

Nasi merupakan komponen yang utama untuk makanan manusia atau bisa digunakan sebagai pakan ternak. Namun, sisa nasi yang dijumpai di rumah makan atau sampah rumah tangga hanya dibuang sebagai limbah yang tidak dapat dikonsumsi kembali oleh manusia. Sisa nasi putih masih memiliki kandungan nutrisi yang berpotensi sebagai pakan larva BSF karena mengandung 75-80% karbohidrat, 62% kadar air, 7-8% protein, 0.3-0.8% kadar abu, 0.5-1% serat, dan 2% lemak (Verma & Srivastav, 2017).

#### 2.4.3. Kulit Buah

Kulit buah adalah jenis sampah yang belum dimanfaatkan dengan baik dan biasanya ditemukan dari meningkatnya peredaran buah-buahan di masyarakat. Sampah kulit buah-buahan ini dibuang oleh masyarakat tanpa adanya pengolahan sampah lebih lanjut sehingga dapat mencemari lingkungan sekitar. Kandungan nutrisi dari sampah buah-buahan ini cenderung rendah yang terdiri dari 1-15% protein dan 5-38% serat kasar (Jalaluddin *et al.*, 2017).

#### 2.4.4. Sisa Sayuran

Sisa sayuran banyak dijumpai di pasar tradisional dan memiliki sifat yang mudah membusuk karena kadar airnya yang tinggi sehingga sisa sayuran yang

terus menumpuk atau tidak dilakukan pengolahan sampah yang lebih baik, akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sisa sayuran yang digunakan sebagai pakan larva BSF bisa dicacah terlebih dahulu agar kadar air dapat berkurang. Kandungan nutrisi pada sisa sayuran terdiri dari 94,44% kadar air, 0,51% kadar abu, 1,22% protein, 0,16% lemak, dan 1,09% serat (Dwi *et al.* 2021).



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan pada bulan Maret hingga bulan Mei 2023. Lokasi penelitian berada di Fasilitas Laboratorium Lapangan Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, Universitas Gajah Mada.

Lokasi penelitian dilaksanakan di 3 tempat dengan kegiatan yang berbeda dan dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing. Ketiga tempat tersebut yaitu :

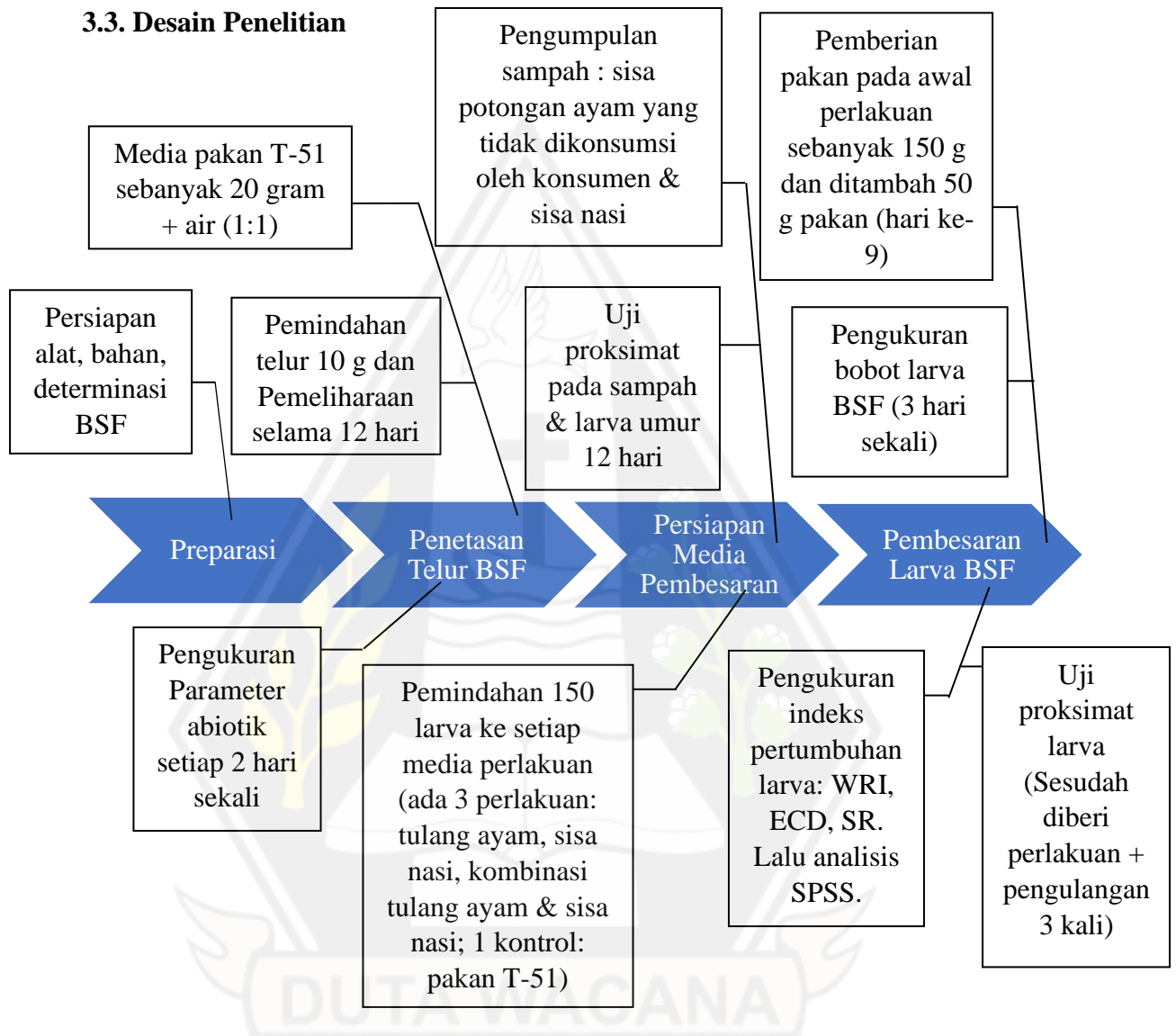
- a. Fasilitas Laboratorium Lapangan Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta sebagai lokasi formulasi pakan untuk larva BSF, pengukuran kondisi abiotik, dan pengukuran parameter pertumbuhan larva BSF.
- b. Laboratorium Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga sebagai lokasi analisis proksimat limbah pakan (tulang ayam dan sisa nasi), dan analisis proksimat larva BSF sebelum perlakuan dan sesudah diberi perlakuan.
- c. Laboratorium Entomologi Fakultas Biologi Universitas Gajah Mada sebagai lokasi determinasi serangga *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*).

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian kali ini, alat yang digunakan adalah *soil meter 3 in 1* (Mediatech, Indonesia), *soil survey instrument digital 4 in 1* (AMTAST, Amerika), termohigrometer (HTC-2), wadah toples plastik *small DJP* (Canister C500, Indonesia), timbangan digital (Crown Star, China), timbangan saku digital (Harnic) cobek batu, paranet, kawat loket PVC ram hijau, karet, dan *hand gloves* (Sensi, Indonesia). Bahan yang digunakan untuk penelitian kali ini adalah air, sisa nasi (Olive fried chicken), sisa potongan daging ayam yang

tidak dikonsumsi lagi oleh konsumen (Olive fried chicken), pakan anakan babi T-51 (Charoen Pokphand Indonesia), dan telur BSF (Budidaya Maggot BSF Sleman, DIY).

### 3.3. Desain Penelitian



### 3.4. Pelaksanaan Tahapan Penelitian

#### 3.4.1. Determinasi *Black Soldier Fly*

Determinasi *Black Soldier Fly* dilakukan untuk menunjukkan bahwa serangga yang digunakan untuk penelitian adalah lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*). Determinasi ini menggunakan sampel imago BSF dan diidentifikasi



pada bagian morfologinya sehingga hasil determinasi yang didapatkan yaitu berupa data klasifikasi mengenai *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*.

### **3.4.2. Penetasan Telur dan Pembesaran Larva BSF**

Media penetasan telur BSF berisi 20 gram pakan T-51 yang sudah dihaluskan terlebih dahulu dan ditambahkan air dengan perbandingan 1:1. Telur BSF yang digunakan untuk penelitian sebanyak 10 gram dan didapatkan dari lokasi budidaya maggot BSF, Sleman, Yogyakarta. Telur BSF menetas dalam waktu 3 hari dan diletakkan pada media pakan anakan babi T-51 karena bisa menambah ukuran tubuh dan berat larva BSF. Larva instar 1 diberi pakan anakan babi T-51 sampai umur 12 hari. Larva instar 1 hanya bisa mengonsumsi makanan yang memiliki tekstur lunak karena di fase ini belum mempunyai alat pengelat (Fauzi & Muharram, 2019). Pakan T-51 tersebut dijadikan pembanding untuk jenis pakan lainnya pada setiap perlakuan yang diberikan.

Media penetasan dan perkembangan larva BSF ditutupi paranet supaya tidak diserang oleh predator. Larva BSF dipindah ke media pembesaran setelah umur 12 hari dan jumlahnya sebanyak 150 larva. Limbah organik yang digunakan sebagai pakan pada setiap perlakuan diletakkan pada media pembesaran. Larva BSF diberi limbah organik sebagai pakan setiap seminggu sekali dan pemberian pakan akan berhenti saat larva berumur 24 hari di media pembesaran.

### **3.4.3. Formulasi Pakan**

Pada penelitian ini menggunakan perbedaan jenis pakan berupa tulang ayam, sisa nasi, serta kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi dengan kontrol positif (sebagai pembanding) berupa pakan anakan babi T-51. Pakan babi T-51 digunakan sebagai pembanding karena memiliki kandungan protein yang tinggi dan bisa digunakan sebagai pakan ayam, kemudian larva BSF juga membutuhkan protein yang tinggi untuk nutrisi tubuhnya. Pertumbuhan larva yang baik membutuhkan nutrisi dari sumber makanan yang kaya akan protein, lemak, dan karbohidrat. Sumber makanan yang mengandung protein dan lemak

akan dikonversi larva menjadi biomassa larva BSF (Purba *et al.*, 2021; Septiani *et al.*, 2023). Sisa ayam dan sisa nasi yang tidak dihabiskan oleh konsumen didapatkan dari restoran cepat saji “Olive Fried Chicken”. Masing-masing pakan dibuat dengan dosis 150 gram. Pembuatan pakan berupa tulang ayam adalah dengan mengumpulkan sampah tulang ayam dari restoran ayam dan selanjutnya tulang ayam dicacah sampai halus, ditimbang sesuai dosis dan ditambahkan air secukupnya secara perlahan, kemudian diaduk secara merata. Penambahan air pada media pakan dilakukan untuk menjaga media supaya tetap lembap (Suciati, 2017).

Pembuatan pakan berupa sisa nasi adalah dengan mengumpulkan sisa nasi dan selanjutnya sisa nasi ditimbang sesuai dosis, dihaluskan, dan ditambah air secukupnya, diaduk hingga teksturnya seperti bubur. Pembuatan pakan kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi adalah dengan mencampurkan tulang ayam dan sisa nasi yang sudah dihaluskan sebanyak 150 gram, kemudian ditambahkan air secukupnya, diaduk sampai semua bahan tercampur merata. Media pakan diletakkan di lokasi teduh dan tidak terkena air hujan.

#### **3.4.4. Analisis Proksimat**

Tujuan dilakukannya analisis proksimat pada sampel pakan yang digunakan adalah untuk mengetahui kandungan protein kasar, lemak kasar, kadar abu, kadar air, dan karbohidrat yang terdapat di dalam bahan pakan. Analisis proksimat dilakukan pada pakan tulang ayam, sisa nasi, larva BSF yang diberi pakan anakan babi T-51, larva BSF yang diberi pakan tulang ayam dan sisa nasi. Setiap pakan disiapkan sebanyak 20 gram, kemudian sampel dianalisis di Laboratorium Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.

#### **3.4.5. Pengukuran Parameter Abiotik**

Parameter abiotik pada penelitian kali ini terdiri dari pH, suhu, dan kelembapan lingkungan maupun media pakan yang mempengaruhi perkembangan larva BSF. Pengukuran parameter abiotik dilakukan setiap 2 hari sekali. Pengukuran pH pakan dan suhu pakan dilakukan dengan cara

memasukkan bagian sensor dari alat *soil survey instrument digital 4 in 1* ke setiap media pakan dan diukur nilai pH maupun suhunya. Pengukuran kelembapan pakan dilakukan dengan cara memasukkan bagian sensor dari alat *soil meter 3 in 1* ke setiap media pakan dan diukur nilai kelembapan pakannya. Kemudian pengukuran suhu dan kelembapan lingkungan dilakukan dengan cara meletakkan termohigrometer (HTC-2) di tempat penelitian dan diukur setiap pukul 13.00 WIB.

### **3.4.6. Pengukuran Parameter Pertumbuhan Larva BSF**

#### **3.4.6.1. Biomassa Larva *Black Soldier Fly***

Berat larva BSF (gram) ditimbang setiap 3 hari sekali selama proses pemeliharaan untuk mengetahui rata-rata berat larva (Diener *et al.*, 2009). Tingginya massa larva disebabkan oleh tingginya jumlah pakan yang dikonsumsi larva BSF (Supriyatna *et al.*, 2016). Berat larva akan lebih cepat bertambah jika mengonsumsi pakan yang mengandung tinggi protein dan lemak (Dafri & Jayanegara, 2022). Pertambahan berat badan larva BSF juga disebabkan oleh terjadinya sintesis protein menjadi asam amino yang dimana hasil sintesis tersebut dimanfaatkan untuk pembentukan daging, protein didapatkan dari pakan yang dikonsumsi larva BSF (Varianti *et al.*, 2017). Saat mencapai fase prepupa, biomassa akan mengalami penurunan atau cenderung tetap karena larva BSF membuat saluran pencernaannya menjadi kosong dengan cara berhenti mengonsumsi makanannya, kemudian cadangan lemak yang ada di dalam tubuh dimanfaatkan untuk proses metabolisme (Diener *et al.*, 2011). Pengukuran biomassa total populasi larva dilakukan dengan mengambil 10% dari total 150 larva sehingga sebanyak 15 larva diukur beratnya.

#### **3.4.6.2. Indeks Pengurangan Limbah (*Waste Reduction Index/WRI*)**

*Waste Reduction Index* menunjukkan kemampuan larva BSF untuk mengurangi sampah organik yang menjadi sumber makanannya

(Jucker *et al.*, 2020). Nilai WRI merupakan perbandingan antara sampah yang berkurang dan berat sampah yang dikonsumsi larva setiap harinya (Zahra *et al.*, 2023). Tingginya nilai WRI menunjukkan bahwa larva BSF mampu mereduksi sampah dengan jumlah yang tinggi atau artinya larva BSF menyukai sumber pakannya (Hakim *et al.*, 2017; Rofi *et al.*, 2021). Nilai konsumsi pakan pada larva BSF berbanding lurus dengan nilai indeks pengurangan limbah. *Substrat reduction* adalah total substrat yang dikonsumsi oleh larva BSF, dimana kandungan nutrisi substrat yang berlebihan dapat menyebabkan jumlah *substrat reduction* rendah sehingga proses makanan yang dicerna mengalami perlambatan pada usus larva (Jucker *et al.*, 2020).

Pengukuran indeks pengurangan limbah dilakukan setiap 2 hari sekali dari hari ke-13 hingga hari ke-24 saat larva berada di media pembesaran dan penghitungan nilai WRI dapat menggunakan rumus (Diener *et al.*, 2009) :

$$\text{Substrat reduction (\%)} = \frac{\text{berat pakan awal (g)} - \text{sisa pakan yang tidak dikonsumsi (g)}}{\text{berat pakan awal (g)}}$$

$$\text{WRI} = \frac{\text{Substrat reduction (\%)}}{\text{total waktu perlakuan (hari)}} \times 100$$

#### 3.4.6.3. Efisiensi Konversi Umpan Tercerna (ECD)

Nilai efisiensi konversi umpan tercerna adalah tingkat efisiensi pada larva BSF untuk mengkonversi makanannya menjadi biomassa tubuhnya selama pemeliharaan berlangsung. Nilai ECD ini diperoleh dari perbandingan antara biomassa larva dan berat substrat yang berkurang (Bava *et al.*, 2019). Nilai ECD yang semakin tinggi maka tingkat efisiensinya juga akan semakin tinggi. Nilai ECD yang rendah disebabkan oleh rendahnya kandungan nutrisi pakan yang dikonsumsi larva BSF sehingga untuk mencukupi kebutuhan nutrisi dalam tubuh larva diperlukan mengonsumsi pakan dalam jumlah yang banyak

(Rukmini, 2021). Penghitungan ECD dapat menggunakan rumus (Hakim *et al.*, 2017):

$$ECD = \frac{\text{biomassa larva (g)}}{\text{berat pakan awal(g)} - \text{sisa pakan yang tidak dikonsumsi (g)}}$$

#### 3.4.6.4. Tingkat Ketahanan Hidup Larva (*Survival Rate/SR*)

*Survival Rate* bertujuan untuk mengetahui jumlah larva yang masih bertahan hidup dibandingkan dengan jumlah awal larva BSF. Tingginya nilai ECD akan mengakibatkan tingginya larva yang hidup hingga masa pemeliharaan berakhir (Hakim *et al.*, 2017). Penghitungan *survival rate* dapat menggunakan rumus (Myers *et al.*, 2014):

$$Survival Rate = \frac{\text{Jumlah larva akhir}}{\text{Jumlah larva awal}} \times 100\%$$

#### 3.4.7. Tahap Pengumpulan dan Analisis Data

Pada penelitian kali ini akan dilakukan pengumpulan data menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan, 1 kontrol, dan 3 kali pengulangan. Kemudian dilakukan analisis data uji Anova dan dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui letak perbedaan antar perlakuan. Selain itu, dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara *waste reduction index* dan *substrat reduction*. Semua uji tersebut menggunakan aplikasi SPSS agar menjadi suatu informasi yang bisa digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang diharapkan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

*Black Soldier Fly* (BSF) dalam siklus hidupnya mengalami metamorfosis dari telur, larva, prepupa, pupa, hingga menjadi lalat dewasa. Dalam penelitian yang dilakukan kali ini hanya fokus untuk mengamati pertumbuhan dan perkembangan BSF pada masa larva berdasarkan jenis pakan yang diberikan. Pertumbuhan dan perkembangan larva BSF yang baik dapat diamati maupun diukur dari nutrisi pakan yang dikonsumsi oleh larva, biomassa larva, *Waste Reduction Index* (WRI), Efisiensi Konversi Umpan Tercerna (ECD), *Substrate Reduction*, *Survival Rate* (SR), parameter abiotik (suhu, kelembapan, dan pH pakan), dan nutrisi larva BSF yang telah diberi perlakuan pakan berupa sisa nasi, sisa potongan daging ayam yang tidak dikonsumsi lagi dan telah dibuang oleh konsumen (tulang ayam), serta kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi. Penelitian ini membandingkan masing-masing perlakuan tersebut dengan kontrol, yaitu pakan babi T-51 yang merupakan produk industri yang sudah dipasarkan.

#### 4.1. Determinasi *Black Soldier Fly*

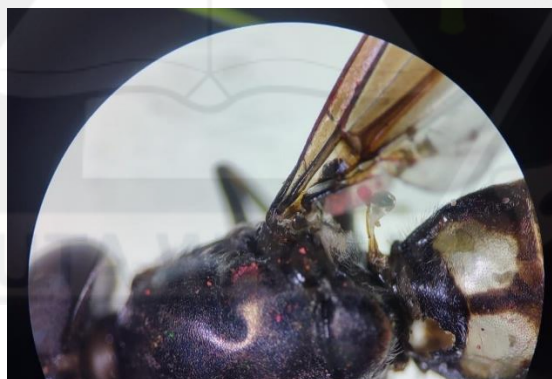
*Black Soldier Fly* yang menjadi bahan penelitian ini ditunjukkan melalui hasil determinasi yang telah dilakukan di Laboratorium Entomologi Fakultas Biologi UGM (2023) sebagai berikut :

Kelas	: Insecta
Ordo	: Diptera
Family	: Stratiomyidae
Genus	: <i>Hermetia</i>
Spesies	: <i>Hermetia illucens</i> L.
Nama umum	: <i>Black Soldier Fly</i>



Gambar 3. Identifikasi Larva BSF Pada Bagian Toraks  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Dari hasil determinasi tersebut, dapat dijelaskan bahwa serangga yang digunakan untuk bahan penelitian adalah benar lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) yang diidentifikasi dari morfologinya. Pada bagian toraks larva BSF (Gambar 3), terdapat 3 segmen yang mana segmen ini memiliki bulu yang lebat berjumlah 6. Bulu-bulu (seta) pada bagian toraks tersebut terdiri dari 2 pasang bulu di bagian anterodorsal, 1 pasang di bagian dorsolateral, dan 3 pasang di bagian dorsal. Perut larva BSF terdapat 8 segmen yang dibentuk oleh lempengan. Larva BSF memiliki tonjolan berwarna kuning muda pada sisi lateral kepalanya dan memiliki antena yang rendah (Oliveira *et al.*, 2015).



Gambar 4. Identifikasi Imago *Black Soldier Fly*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Menurut Lin (2019), pada bagian morfologi lalat dewasa (Gambar 4) memiliki antena yang ukurannya 2 kali dari kepalanya, kepala lalat memiliki

ukuran yang kecil dan sempit jika dibandingkan dengan ukuran badannya. Bagian abdomen terdapat 5 yang berwarna hitam. Di sisi posterior tergum 1 dan 2 terdapat dua bagian bercak lonjong berwarna bening, kemudian di bagian tergum perut terakhir memiliki rona coklat kemerahan. Kaki pada lalat BSF berwarna hitam dengan tarsi yang berwarna putih dan letaknya di basal tibia belakang.

#### 4.2. Nilai Nutrisi Pakan Untuk Menunjang Pertumbuhan Larva BSF

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan larva BSF adalah nutrisi pakan yang terkandung di dalam media pakan larva BSF. Kandungan nutrisi pada pakan larva dapat diketahui dari hasil analisis proksimat yang terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, kadar air, dan kadar abu. Hasil analisis proksimat (Tabel 1) pada pakan berupa pakan babi T-51 (kontrol), sisa nasi dan tulang ayam menunjukkan perbedaan nilai kandungan nutrisi di dalamnya.

Tabel 1. Hasil Proksimat Pakan yang Digunakan Untuk Pertumbuhan Larva BSF

Analisa	Sampel (Pakan)		
	Kontrol (Pakan babi T-51)	Sisa Nasi	Tulang ayam
Protein ( % )	20,5	3,40	7,92
Lemak ( % )	4,0	2,08	23,01
Karbohidrat ( % w/w )	6,0	11,84	5,43
Kadar Air ( % )	13,0	53,57	28,91
Kadar Abu ( % )	8,0	0,73	11,16

Berdasarkan data dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa kandungan protein pada pakan babi T-51 (kontrol) sebesar 20,5%. Sedangkan pada perlakuan selain kontrol, maka kandungan protein paling tinggi adalah pada pakan berupa tulang ayam yaitu 7,92%, dan kandungan protein yang paling rendah pada pakan berupa sisa nasi dengan persentase sebesar 3,40%.



Untuk kandungan lemak dalam perlakuan pakan di luar kontrol, yang paling tinggi adalah pada pakan tulang ayam atau sisa potongan daging ayam yang telah dibuang oleh konsumen yaitu sebesar 23,01%, kemudian disusul kandungan lemak paling rendah terdapat pada sisa nasi dengan persentase sebesar 2,08%, sedangkan pakan babi T-51 (kontrol) sebesar 4,0%.

Kandungan karbohidrat pada pakan kontrol sebesar 6,0%. Untuk kandungan karbohidrat di luar pakan kontrol yang paling tinggi ditunjukkan pada sampel pakan berupa sisa nasi dengan persentase sebesar 11,84%, sedangkan persentase kandungan karbohidrat paling rendah yaitu 5,43% terdapat pada sampel pakan berupa tulang ayam.

Kadar air tertinggi terdapat pada sampel pakan berupa sisa nasi dengan persentase sebesar 53,57% dan pakan tulang ayam memiliki kadar air paling rendah yaitu sebesar 28,91%, sedangkan pada pakan babi T-51 (kontrol) sebesar 13,0%. Persentase kadar abu tertinggi ada pada sampel pakan berupa tulang ayam yaitu sebesar 11,16% dan sisa nasi memiliki persentase kadar abu terendah yaitu sebesar 0,73% jika dibandingkan dengan ketiga sampel pakan lainnya.

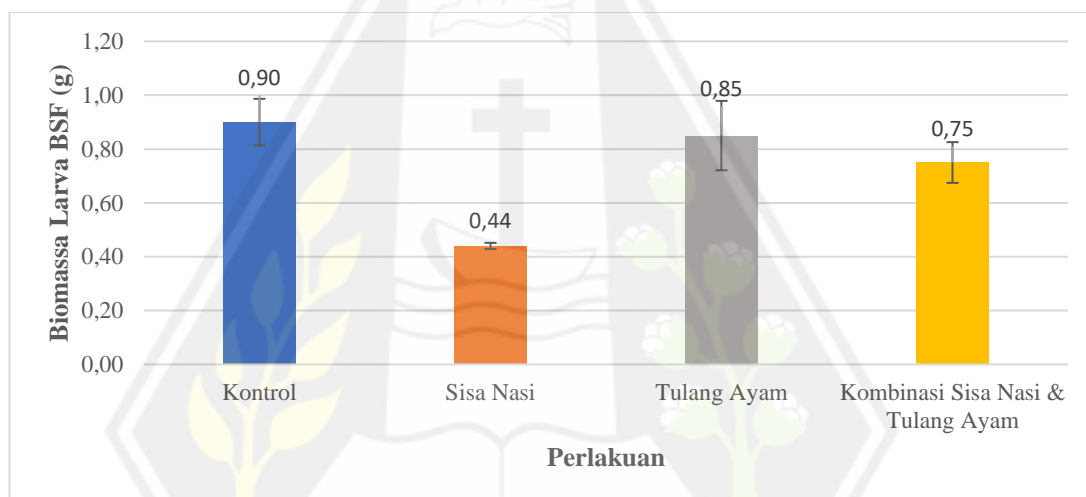
Kandungan protein, lemak, dan kadar abu paling tinggi terdapat pada tulang ayam. Tingginya kandungan nutrisi tersebut dikarenakan protein dan lemak menjadi komponen utama yang melekat pada tulang ayam. Kemudian tulang ayam juga mengandung mineral yang tinggi sehingga kadar abu pada tulang ayam setelah analisis proksimat menunjukkan persentase yang paling tinggi dibandingkan perlakuan pakan berupa sisa nasi. Menurut Rusmana *et al.* (2016) menyatakan bahwa komponen mineral, protein, dan lemak yang tinggi melekat pada bahan seperti tulang ayam.

Kandungan karbohidrat tertinggi terdapat pada sisa nasi karena nasi merupakan hasil dari beras yang dimasak dan beras tersebut termasuk ke dalam kelompok sereal yang mana mengandung karbohidrat tinggi. Kadar air tertinggi terdapat pada sisa nasi karena untuk memasak nasi dibutuhkan air sesuai takaran nasi yang dimasak sehingga air yang terkandung dalam nasi cenderung tinggi. Menurut Azir

*et al.* (2017) menyatakan bahwa kandungan karbohidrat tinggi terdapat dalam kelompok sereal yaitu beras, kentang, gandum, jagung, dan aneka biji-bijian.

### 4.3. Biomassa Larva BSF yang Menunjang Pertumbuhan Larva BSF

Biomassa larva BSF merupakan hasil pengukuran berat yang diambil 10% dari total populasi larva pada setiap perlakuan dan kontrol. Dalam penelitian ini, sebanyak 15 ekor larva BSF diukur beratnya dari hari ke-0 sampai hari ke-12 sehingga dapat diamati pertumbuhan biomasnya mengalami kenaikan atau penurunan ketika diberi perlakuan media pakan berupa pakan babi T-51, sisa nasi, tulang ayam, serta kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam.



Gambar 5. Biomassa Larva BSF dari H-0 hingga H-12 Pada Berbagai Perlakuan Pakan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Gambar 5 menunjukkan adanya pertambahan biomassa larva BSF dari hari ke-0 sampai hari ke-12 pada pemberian perlakuan pakan berupa pakan babi T-51, sisa nasi, tulang ayam, serta kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam. Hasil pertambahan biomassa larva tertinggi yaitu 0,90 gram terdapat pada kontrol dengan pemberian pakan berupa pakan babi T-51, sedangkan pertambahan biomassa larva terendah terdapat pada pemberian media pakan berupa sisa nasi dengan hasil sebesar 0,44 gram.

Perlakuan dengan media pakan berupa tulang ayam menunjukkan biomassa tertinggi diantara pemberian pakan berupa sisa nasi serta kombinasi antara sisa nasi

dan tulang ayam. Hal ini menunjukkan bahwa media pakan yang tersedia untuk BSF sangat berpengaruh bagi kelangsungan hidup BSF karena pakan tersebut mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh BSF. Kualitas dari media pakan untuk larva BSF berkorelasi positif dengan panjang larva serta persentase daya tahan hidup imago BSF (De Haas *et al.*, 2006). Apabila dibandingkan maka kandungan nutrisi pada tulang ayam lebih tinggi, yaitu 7,92% protein, 23,01% lemak, 5,43% karbohidrat, 28,91% kadar air, dan 11,16% kadar abu. Sedangkan pada sisa nasi kandungannya adalah 3,40% protein, 2,08% lemak, 11,84% karbohidrat, 53,57% kadar air, dan 0,73% kadar abu. Kandungan nutrisi sisa nasi, terutama protein, lemak dan kadar abu sangat rendah dibandingkan tulang ayam sehingga biomassa larva BSF menunjukkan hasil yang lebih rendah dari perlakuan lainnya.

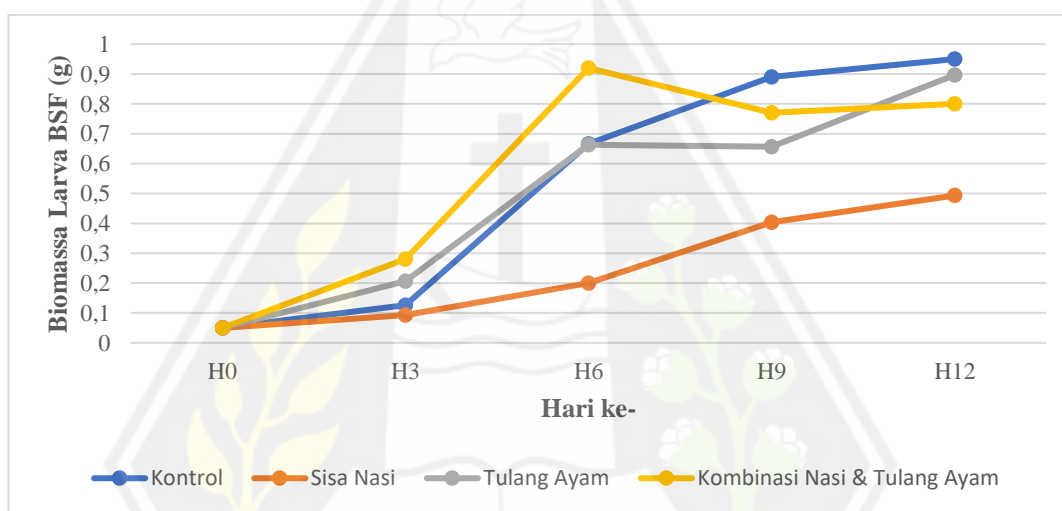
Selain itu, biomassa tertinggi larva BSF terdapat pada pemberian pakan tulang ayam karena kandungan protein dan lemak yang tinggi pada tulang ayam dikonversi menjadi biomassa larva BSF sehingga berat larva lebih cepat bertambah. Hal tersebut didukung pernyataan dari Purba *et al.* (2021) dan Septiani *et al.* (2023) yaitu sumber makanan yang mengandung protein dan lemak akan dikonversi larva menjadi biomassa larva BSF. Menurut Dafri & Jayanegara (2022), berat larva akan lebih cepat bertambah jika mengonsumsi pakan yang mengandung tinggi protein dan lemak. Berat larva BSF mengalami kenaikan juga dipengaruhi oleh faktor sintesis protein dari pakan tulang ayam menjadi asam amino yang nantinya digunakan untuk pertumbuhan daging pada larva BSF. Hal tersebut didukung pernyataan dari Varianti *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa penambahan berat badan larva BSF juga disebabkan oleh terjadinya sintesis protein menjadi asam amino yang dimana hasil sintesis tersebut dimanfaatkan untuk pembentukan daging larva BSF, protein didapatkan dari pakan yang dikonsumsi larva BSF.

Tabel 2. Hasil Uji Duncan Perlakuan Terhadap Biomassa Larva BSF

<b>Perlakuan</b>	<b>Rata-rata</b>
Sisa Nasi	0,44±0,01 <sup>a</sup>
Kombinasi	0,75±0,07 <sup>b</sup>
Tulang Ayam	0,84±0,12 <sup>b</sup>

Kontrol (Pakan babi T-51)	$0,90 \pm 0,08^b$
---------------------------	-------------------

Nilai rata-rata biomassa larva BSF (Tabel 2) pada perlakuan pemberian pakan berupa sisa nasi berbeda secara nyata dengan perlakuan pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi, tulang ayam, dan pakan babi T-51 (kontrol) karena *superscript* yang berbeda. Namun nilai rata-rata biomassa larva BSF pada pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi, tulang ayam, dan pakan babi T-51 (kontrol) tidak berbeda nyata karena *superscript* nya sama.



Gambar 6. Laju Pertambahan Biomassa Larva BSF dengan Berbagai Perlakuan Pakan yang Diukur Setiap 3 Hari Sekali

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat dilihat dari Gambar 6 bahwa pemberian media pakan berupa pakan babi T-51 sebagai kontrolnya menunjukkan biomassa larva BSF paling tinggi yaitu 0,95 gram jika dibandingkan dengan 3 perlakuan lainnya pada hari ke-12. Sedangkan untuk perlakuan lainnya angka biomassa larva BSF yang tertinggi adalah pemberian tulang ayam yang mencapai 0,90 gram dibandingkan perlakuan pemberian pakan berupa kombinasi tulang ayam dan sisa nasi yang mencapai 0,80 gram dan pemberian sisa nasi yang mencapai 0,49 gram.

Apabila dilihat pertambahan massanya, maka pemberian media pakan babi T-51 menunjukkan biomassa larva BSF mengalami peningkatan secara konsisten mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-12. Demikian pula pada pemberian pakan berupa sisa nasi menunjukkan biomassa larva BSF yang terus meningkat pada pengamatan hari ke-3, hari ke-6, hari ke-9 dan hari ke-12. Namun, untuk perlakuan pemberian pakan berupa sisa potongan daging ayam yang telah dibuang atau tidak dikonsumsi kembali oleh konsumen (tulang ayam) dan pemberian pakan kombinasi tulang ayam dengan sisa nasi, pada pengamatan hari ke-9 menunjukkan penurunan biomassa dan naik lagi pada hari ke-12.

Penurunan biomassa pada hari ke-9 terjadi karena jumlah pakan mulai habis atau sudah berkurang sangat banyak sehingga larva BSF mulai berkurang untuk mengonsumsi pakan, kemudian kenaikan biomassa larva BSF pada hari ke-12 terjadi karena pakan sudah ditambah ke media pembesaran sehingga larva BSF dapat menambah konsumsinya. Menurut Supriyatna *et al.* (2016), tingginya massa larva disebabkan oleh tingginya jumlah pakan yang dikonsumsi larva BSF. Penurunan dan kenaikan biomassa larva BSF selama 12 hari disebabkan karena larva yang diambil untuk diukur beratnya tersebut berbeda-beda sehingga berat yang dihasilkan juga berbeda.

#### 4.4. Nilai Nutrisi Larva BSF Untuk Menunjang Pertumbuhan Larva BSF

Kandungan nutrisi pada larva BSF dapat dilihat pada Tabel 3 tentang hasil proksimat larva BSF seperti di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Proksimat Larva BSF (*Black Soldier Fly*) Sebelum dan Sesudah Diberi Perlakuan Pakan

Analisa	Nutrisi Larva BSF (Sebelum Perlakuan)	Nutrisi Larva BSF (Sesudah Perlakuan)			
		Kontrol	Sisa nasi	Tulang ayam	Kombinasi sisa nasi + tulang ayam
Protein ( % )	11,63	17,68	35,59	20,69	9,48
Lemak ( % )	4,02	12,51	17,48	22,81	25,39

Karbohidrat ( % w/w )	5,28	0,67	3,32	1,21	2,63
Kadar Air ( % )	64,42	37,45	46,75	35,58	46,36
Kadar Abu ( % )	3,4	2,79	0,71	2,93	2,63

Dari Tabel 3 dapat diketahui perbedaan kandungan nutrisi larva BSF sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan. Untuk kandungan protein, perbedaan tertinggi pada sisa nasi yaitu menjadi sebesar 35,59% dibandingkan sebelum perlakuan yang besarnya 11,63%. Sedangkan kandungan protein untuk pakan kombinasi sisa nasi dan tulang ayam justru mengalami penurunan menjadi 9,48%. Untuk perlakuan pada kontrol kandungan protein sebesar 17,68%. Kandungan protein pada larva BSF setelah diberi perlakuan pakan berupa sisa nasi lebih tinggi daripada protein di perlakuan lainnya disebabkan oleh sisa nasi yang digunakan bisa saja sudah tercampur dengan ayam goreng tepung dari Olive Fried Chicken dimana ayam goreng tersebut mengandung protein yang cukup tinggi. Menurut Devi & Aksari (2020), pada makanan cepat saji mengandung kalori, protein, maupun garam yang relatif tinggi. Namun, belum ada informasi terkait produksi protein dari karbohidrat dalam sistem metabolisme pencernaan larva BSF yang menyebabkan nilai kandungan protein tinggi pada nutrisi larva BSF saat diberi pemberian jenis pakan berupa sisa nasi. Menurut Biava (2023), saat tubuh berada dalam kondisi kelaparan maka beberapa asam amino yang dihasilkan dari protein akan dialihkan ke jalur metabolisme glukosa.

Kandungan protein yang terdapat pada larva BSF juga termasuk tinggi pada perlakuan pemberian pakan berupa tulang ayam (20,69%) karena protein yang terkandung pada tulang ayam sendiri sudah tinggi saat dianalisis proksimat sehingga mempengaruhi kandungan nutrisi terutama protein pada larva BSF di perlakuan pakan berupa tulang ayam. Hal tersebut didukung pernyataan dari Faradila *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa kandungan protein yang terdapat pada media pakan sangat menentukan kandungan protein pada larva BSF sehingga protein yang tinggi di media pakan berbanding lurus dengan protein yang terdapat di larva BSF. Selain itu, larva BSF akan mencerna berbagai macam bahan organik menjadi protein menggunakan enzim protease sehingga kandungan protein larva

BSF pada perlakuan pemberian pakan tulang ayam akan bertambah. Berdasarkan pernyataan Kim *et al.* (2011), di dalam sistem pencernaan larva BSF terdapat enzim protease yang berfungsi untuk mencerna dan merombak berbagai macam bahan organik menjadi protein. Menurut Faradila *et al.* (2023) dan Murtidjo (2001), kandungan protein kasar pada bahan makanan menunjukkan lebih dari 19%, artinya bahan makanan tersebut sebagai sumber protein yang baik bagi tubuh dan juga memenuhi syarat sebagai pakan ternak unggas berdasarkan SNI 8173-3-2015. Hal tersebut sesuai dengan penelitian kali ini yang menunjukkan bahwa larva BSF yang mengandung protein tinggi pada perlakuan pakan tulang ayam bisa diaplikasikan sebagai pakan ternak unggas karena memenuhi syarat SNI. Selain itu, larva BSF pada penelitian kali ini dengan kandungan protein tinggi telah memenuhi syarat SNI 01-3931-2006 sebagai standar pakan ikan yaitu sebesar 20-35%.

Kandungan lemak juga menunjukkan penambahan kandungan yang cukup besar. Jika sebelum perlakuan kandungan lemak 4,02%, maka setelah mendapat perlakuan kandungan lemak paling tinggi terdapat pada pakan kombinasi sisa nasi dan tulang ayam yang mencapai 25,39%, kemudian disusul pakan dari tulang ayam 22,81% dan untuk pakan dari sisa nasi 17,48%. Sedangkan perlakuan untuk kontrol kandungan lemaknya 12,51%. Bertambahnya kandungan lemak pada setiap perlakuan dan kontrol disebabkan oleh larva BSF mencerna pakan menggunakan enzim lipase yang berfungsi untuk memecah lemak yang didapatkan dari pakan menjadi asam lemak. Hal tersebut didukung pernyataan dari Fahmi *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa kandungan lemak dari media pakan dicerna oleh larva BSF menggunakan enzim lipase yang ada di dalam tubuh larva BSF sehingga kandungan lemak pada larva BSF bertambah. Menurut syarat SNI 01-4087-2006, kandungan lemak sebesar 2-10% cocok untuk standar pakan ikan dan berdasarkan syarat SNI 01-3931-2006, kandungan lemak maksimal 8% cocok untuk standar pakan unggas.

Kandungan karbohidrat, setelah mendapat perlakuan ternyata kandungannya menurun jika dibandingkan dengan kandungan karbohidrat larva BSF sebelum perlakuan. Dari Tabel 3 diketahui, kandungan karbohidrat sebelum

perlakuan sebesar 5,28%, sedangkan setelah mendapat perlakuan maka kandungan karbohidrat turun menjadi 1,21% untuk perlakuan berupa pakan dari tulang ayam, kemudian 2,63% untuk pakan dari kombinasi sisa nasi dan tulang ayam, serta kandungan karbohidrat untuk pakan dari sisa nasi sebesar 3,32%, sedangkan untuk perlakuan sebagai kontrol kandungan karbohidrat sebesar 0,67%. Menurunnya karbohidrat pada larva BSF di semua perlakuan dan kontrol terjadi karena larva BSF sebagai sumber nutrisi hewani yang memiliki kandungan karbohidrat rendah. Kandungan karbohidrat larva BSF yang paling rendah diantara perlakuan lainnya adalah pada perlakuan pemberian pakan berupa tulang ayam (1,21%) sehingga paling sesuai dengan pernyataan Azir *et al.* (2017) bahwa larva BSF memiliki kandungan karbohidrat yang rendah yaitu kurang atau mendekati 1% karena termasuk ke dalam sumber nutrisi hewani atau dimanfaatkan sebagai pakan hewan lainnya.

Kandungan kadar air juga mengalami penurunan pada perlakuan dibandingkan sebelum diberikan perlakuan khusus. Kandungan kadar air larva BSF sebelum mendapat perlakuan sebesar 64,42%, sedangkan pada perlakuan dengan pakan dari sisa nasi kandungan airnya 46,75%, pakan dari tulang ayam 35,58%, dan kombinasi pakan dari sisa nasi dan tulang ayam sebesar 46,36%. Sedangkan pada kontrol, kandungan airnya sebesar 27,45%. Hasil kadar air pada larva BSF di semua perlakuan menunjukkan hasil yang berlawanan dengan kadar lemaknya. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Kantun *et al.* (2015) bahwa kadar air yang semakin tinggi pada larva BSF maka menunjukkan semakin rendahnya kadar lemak pada larva BSF karena kadar lemak dan kadar air memiliki hubungan berlawanan. Menurut syarat SNI 01-4087-2006, kadar air kurang dari 12% memenuhi standar pakan untuk ikan dan syarat SNI 01-3931-2006, kadar air maksimal 14% memenuhi standar pakan untuk unggas.

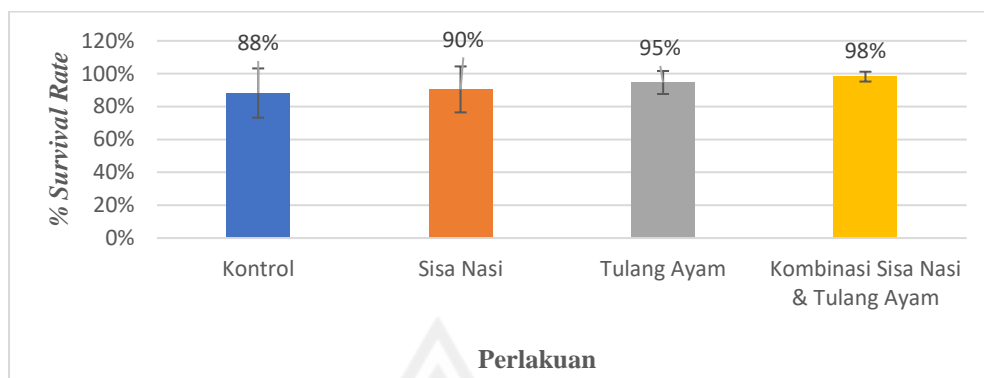
Demikian pula dengan kandungan kadar abu terjadi penurunan. Jika sebelum mendapat perlakuan kadar abu larva BSF adalah 3,4%, setelah mendapat perlakuan berupa pakan dari sisa nasi kandungan abu menjadi 0,71%, pakan dari tulang ayam sebesar 2,93%, dan untuk pakan dari kombinasi sisa nasi dan tulang ayam sebesar 2,63%. Sedangkan pada kontrol, kandungan kadar abu sebesar 2,79%.



Kadar abu yang tinggi pada larva BSF sebelum perlakuan disebabkan oleh proses pengabuan dalam suhu tinggi dan rentang waktu yang cukup lama. Menurut Hartati *et al.* (2022), kadar abu akan terus meningkat apabila proses pengabuan menggunakan suhu tinggi dan waktu yang lama. Namun diantara ketiga perlakuan, kadar abu paling tinggi pada larva BSF terdapat di perlakuan pakan tulang ayam. Tingginya kadar abu tersebut menunjukkan bahwa larva BSF yang diberi pakan tulang ayam mengandung mineral yang tinggi dan hal itu sesuai dengan pernyataan Kanton *et al.* (2015) bahwa semakin tinggi kadar abu maka semakin tinggi juga kandungan mineralnya pada suatu bahan. Pada nutrisi larva BSF dengan perlakuan pakan berupa sisa nasi dan kombinasi menunjukkan rendahnya kandungan mineral karena kadar abunya lebih rendah dibandingkan larva BSF dengan perlakuan pakan berupa tulang ayam. Kadar abu pada larva BSF di semua perlakuan memenuhi baku mutu sebagai pakan ikan karena masih dalam kisaran 1-8%. Hal tersebut didukung pernyataan dari Azir *et al.* (2017) bahwa berdasarkan syarat SNI 01-2693-1992, kadar abu yang terkandung dalam produk perikanan memiliki baku mutu dengan kisaran 1-8%. Berdasarkan syarat SNI 01-3931-2006, standar pakan untuk unggas yaitu memiliki kadar abu maksimal 8%.

#### **4.5. *Survival Rate* (SR) Larva BSF yang Menunjang Pertumbuhan Larva BSF**

Pertumbuhan dan perkembangan larva BSF juga diukur dari tingkat ketahanan hidupnya yang ditunjukkan dengan nilai persentase masing-masing perlakuan pemberian media pakan. Tingkat ketahanan hidup larva BSF ditunjukkan dari Gambar 8 dengan nilai tertinggi yaitu 100% atau artinya 150 larva bertumbuh dengan baik selama 12 hari hingga menuju tahap prepupa.



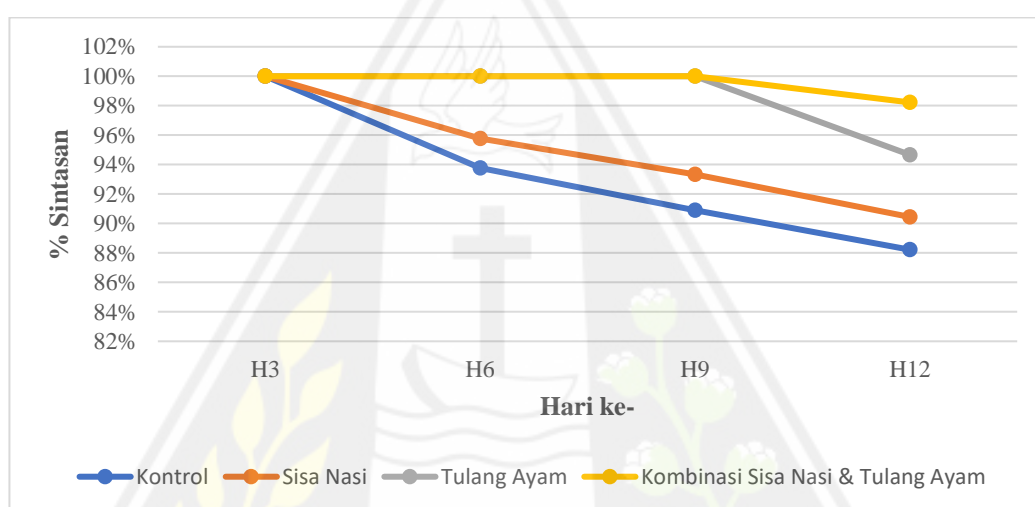
Gambar 7. Sintasan Larva BSF Setelah 12 Hari Dengan Berbagai Perlakuan Pakan

Berdasarkan data yang ditunjukkan dalam Gambar 7 dapat diketahui bahwa larva BSF ada yang mampu bertahan hidup setelah 12 hari dalam berbagai perlakuan pakan. Tingkat ketahanan hidup larva BSF tersebut ditunjukkan melalui nilai persentase tertingginya yaitu 98% yang terdapat pada pemberian perlakuan pakan berupa kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam. Kemudian, pada pemberian perlakuan pakan berupa tulang ayam menunjukkan sintasan larva sebanyak 95%. Larva BSF saat diberi pakan berupa sisa nasi menunjukkan tingkat ketahanan hidup dengan nilai 90% dan saat diberi pakan berupa pakan babi T-51 (kontrol) menunjukkan nilai persentase paling rendah yaitu 88% jika dibandingkan dengan ketiga pemberian perlakuan pakan lainnya. Namun, persentase ketahanan hidup larva lebih dari 80% masih dikatakan cukup tinggi dalam budidaya larva BSF. Menurut penelitian Permana *et al.* (2022), tahap pupa menjadi imago memiliki tingkat ketahanan cukup tinggi yaitu lebih dari 80% sedangkan untuk tahap larva menjadi pupa memiliki tingkat ketahanan hidup mencapai 96-99,2%.

Larva BSF menunjukkan ketahanan hidup paling rendah saat diberi perlakuan pakan berupa sisa nasi karena tingginya kadar air yang terkandung dalam sisa nasi. Dengan kadar air yang tinggi pada media pakan akan menyebabkan larva mengalami kekurangan oksigen saat di dalam media pembesaran karena kondisi media pakan yang cukup basah walaupun tidak terlalu basah dan larva BSF tidak menyukai media yang memiliki kandungan air tinggi. Menurut Hakim *et al.* (2017), ketidakstabilan kondisi substrat akan mengganggu larva BSF dalam proses respirasi kemudian adanya gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) yang memiliki sifat toksik

bagi larva BSF dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik saat kondisi anaerob akibat terhalang oleh air dari media pakan.

Nilai *survival rate* larva BSF dari hari ke-3 hingga hari ke-12 pada hasil uji kruskall wallis di SPSS menunjukkan ( $P>0,05$ ) yang artinya tidak ada perbedaan secara signifikan dari ketiga perlakuan (kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam, sisa nasi, tulang ayam) dan kontrol (pakan babi T-51) sehingga tidak dilanjutkan ke uji duncan.



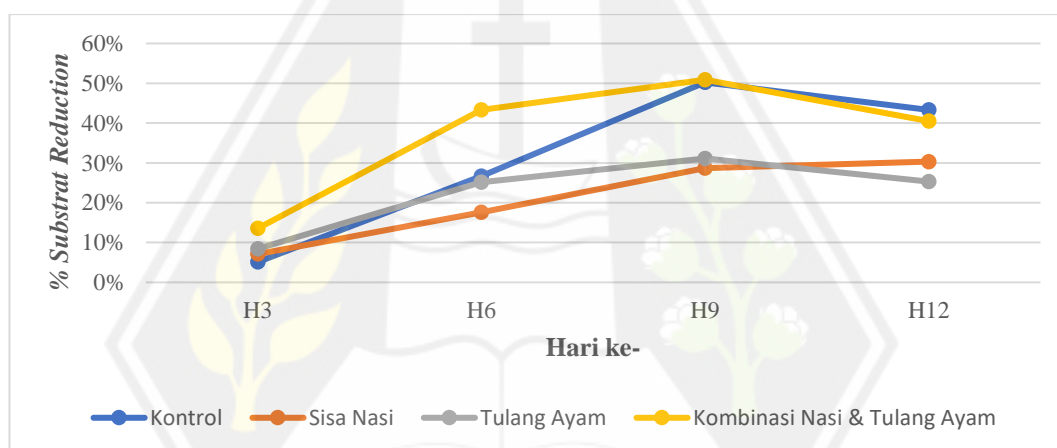
Gambar 8. Tingkat Ketahanan Hidup Larva BSF Selama 12 Hari Pada Setiap Pemberian Pakan Berbeda

Dari penelitian kali ini telah didapatkan hasil bahwa selama 9 hari pada pemberian pakan berupa tulang ayam serta kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi menunjukkan tingkat ketahanan larva BSF yang cukup baik dengan nilai persentase mencapai 100%, sedangkan pada hari ke-12 terjadi penurunan populasi larva BSF yang ditunjukkan dari turunnya persentase jumlah larva BSF dengan nilai masing-masing yaitu 95% dan 98%. Pada pemberian pakan berupa pakan babi T-51 (kontrol) dan sisa nasi dari hari ke-6 hingga hari ke-12 mengalami penurunan persentase jumlah larva BSF yang ditunjukkan pada Gambar 8. Penurunan jumlah larva BSF pada kontrol, perlakuan dengan pemberian pakan tulang ayam dan kombinasi disebabkan oleh kondisi media pembesaran yang cukup panas karena adanya gas metana dan ammonia di dalam media pembesaran saat penguraian

pakan pada kondisi anaerobik sehingga larva kekurangan oksigen dan mengalami kematian. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Hakim *et al.* (2017) dan Rofi *et al.* (2021) bahwa larva mati karena kurangnya oksigen yang ditunjukkan dengan panasnya media pembesaran. Kondisi panas pada media pembesaran tersebut disebabkan adanya gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik membentuk kondisi anaerobik.

#### 4.6. Substrat Reduction Bagi Pertumbuhan Larva BSF

Total substrat atau pakan yang dikonsumsi oleh larva BSF ditunjukkan dalam *substrat reduction*. Hasil berkurangnya substrat dapat dilihat dari hari ke-3 hingga hari ke-12 pada Gambar 9.



Gambar 9. Persentase *Substrat Reduction* Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari

Larva BSF mengonsumsi makanan yang telah diberikan sesuai perlakuan dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 9 dimana ada total substrat yang dikonsumsi larva pada perlakuan mengalami kenaikan secara konstan dan ada yang terjadi penurunan. Pada pemberian perlakuan pakan berupa sisa nasi, *substrat reduction* mengalami kenaikan secara konstan dari hari ke-3 hingga hari ke-12 dengan nilai persentase antara 7-30%. Akan tetapi, pada pemberian pakan berupa pakan babi T-51 (kontrol), tulang ayam, kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi (Gambar 9), total substrat yang dikonsumsi oleh larva BSF mengalami kenaikan dari hari ke-3 hingga hari ke-9 dengan nilai persentase masing-masing yaitu 5-50%, 8-31%, 14-

51% sedangkan pada hari ke-12 total substrat mengalami penurunan dengan nilai persentase masing-masing yaitu 43%, 25%, 41%.

Rendahnya jumlah substrat yang dikonsumsi larva terdapat pada pemberian perlakuan pakan berupa tulang ayam pada hari ke-12. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan nutrisi yang ada di tulang ayam cenderung tinggi atau bisa saja berlebih sehingga terjadi proses pencernaan yang melambat pada usus larva sedangkan jumlah substrat yang dikonsumsi larva lebih tinggi saat diberi perlakuan pakan kombinasi karena kondisi pakan yang terdapat pada pakan kombinasi cenderung disukai oleh larva sehingga larva mengonsumsi banyak substrat agar nutrisi dalam tubuhnya tercukupi. Menurut Jucker *et al.* (2020), kandungan nutrisi substrat yang berlebih dapat menyebabkan jumlah *substrat reduction* rendah sehingga proses makanan yang dicerna mengalami perlambatan pada usus larva.

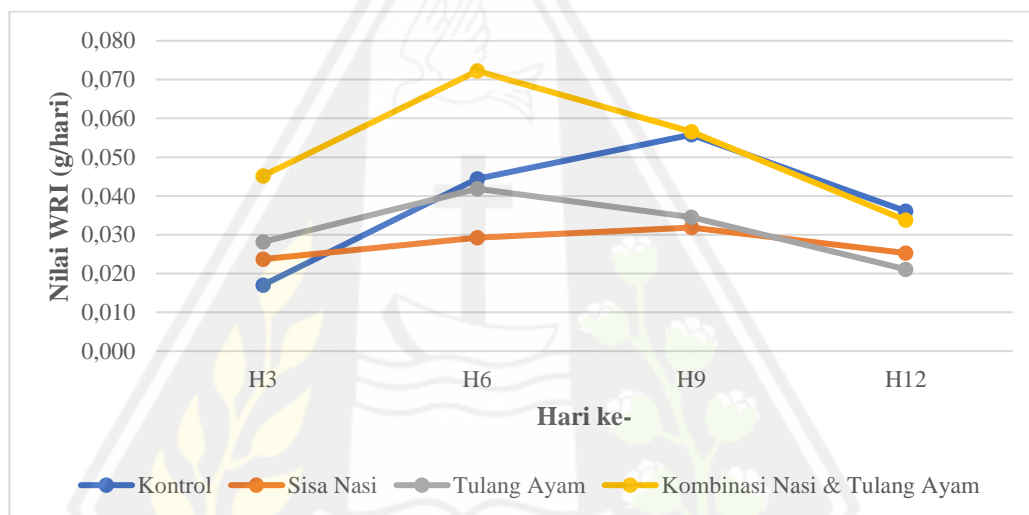
Tabel 4. Hasil Uji Duncan Perlakuan Pakan Terhadap *Substrat Reduction*

<b>Perlakuan</b>	<b>Rata-rata</b>
Tulang Ayam	0,25±0,03 <sup>a</sup>
Sisa Nasi	0,30±0,05 <sup>a</sup>
Kombinasi	0,40±0,02 <sup>b</sup>
Kontrol (Pakan Babi T-51)	0,43±0,03 <sup>b</sup>

Nilai rata-rata *substrat reduction* (Tabel 4) pada perlakuan pemberian pakan berupa tulang ayam berbeda nyata dengan perlakuan pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi serta pakan babi T-51 (kontrol). Dari hasil Uji Duncan (Tabel 4), nilai rata-rata *substrat reduction* pada perlakuan pemberian pakan berupa sisa nasi berbeda nyata dengan perlakuan pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi serta pakan babi T-51 (kontrol). Hasil beda nyata tersebut ditunjukkan dari *superscript* yang berbeda. Namun, nilai rata-rata *substrat reduction* pada pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi serta pakan babi T-51 (kontrol) tidak berbeda nyata. Selain itu nilai rata-rata *substrat reduction* pada pemberian pakan berupa tulang ayam dan sisa nasi tidak berbeda nyata karena *superscript* nya sama.

#### 4.7. Nilai *Waste Reduction Index* (WRI) Untuk Pertumbuhan Larva BSF

Indeks pertumbuhan larva BSF dapat diukur berdasarkan jumlah substrat yang dikonsumsi oleh larva perharinya atau biasa disebut dengan *Waste Reduction Index* (WRI). WRI bertujuan untuk mengetahui kemampuan larva dalam mereduksi sampah organik. Nilai WRI di setiap pemberian perlakuan pakan ditunjukkan pada Gambar 10 dari hari ke-3 hingga hari ke-12. Peningkatan dan penurunan nilai WRI (Gambar 10) terjadi saat diberi media pakan berupa pakan babi T-51, sisa nasi, tulang ayam, serta kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam pada hari ke-6 dan hari ke-9.



Gambar 10. Nilai WRI Pada Berbagai Perlakuan Pakan Selama 12 Hari

Berdasarkan hasil dari Gambar 10, dapat dilihat bahwa nilai WRI tertinggi yaitu 0,036 pada hari ke-12 adalah saat diberi media pakan berupa pakan babi T-51 (kontrol), sedangkan WRI terendah dengan nilai 0,021 adalah saat diberi perlakuan dengan media pakan berupa tulang ayam. Pemberian pakan pada larva BSF berupa kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam menunjukkan nilai WRI paling tinggi (0,034) jika dibandingkan dengan pemberian media pakan berupa sisa nasi dan tulang ayam saja. Hal tersebut terjadi karena larva BSF optimal dalam mendekomposisi pakannya yang berupa kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam. Menurut Hakim *et al.* (2017) dan Rofi *et al.* (2021), tingginya nilai WRI menunjukkan bahwa larva BSF mampu mereduksi sampah dengan jumlah yang

tinggi atau artinya larva BSF menyukai sumber pakannya dan nilai konsumsi pakan pada larva BSF berbanding lurus dengan nilai indeks pengurangan limbah.

Nilai WRI yang rendah menunjukkan bahwa substrat yang dikonsumsi larva BSF hanya sedikit. Hasil WRI terendah di hari ke-12 yang terdapat pada perlakuan tulang ayam adalah karena adanya larva BSF yang telah memasuki fase prepupa ditandai dengan warna larva berubah menjadi coklat kehitaman sehingga saat fase ini, larva tidak aktif untuk mengonsumsi substrat dan nilai reduksi substrat juga rendah. Hal tersebut didukung pernyataan dari Diener *et al.* (2011) bahwa larva BSF saat fase prepupa membuat saluran pencernaannya menjadi kosong dengan cara berhenti mengonsumsi makanannya, kemudian cadangan lemak yang ada di dalam tubuh dimanfaatkan untuk proses metabolisme.

Tabel 5. Hasil Uji Duncan Perlakuan Pakan Terhadap Hasil WRI (*Waste Reduction Index*)

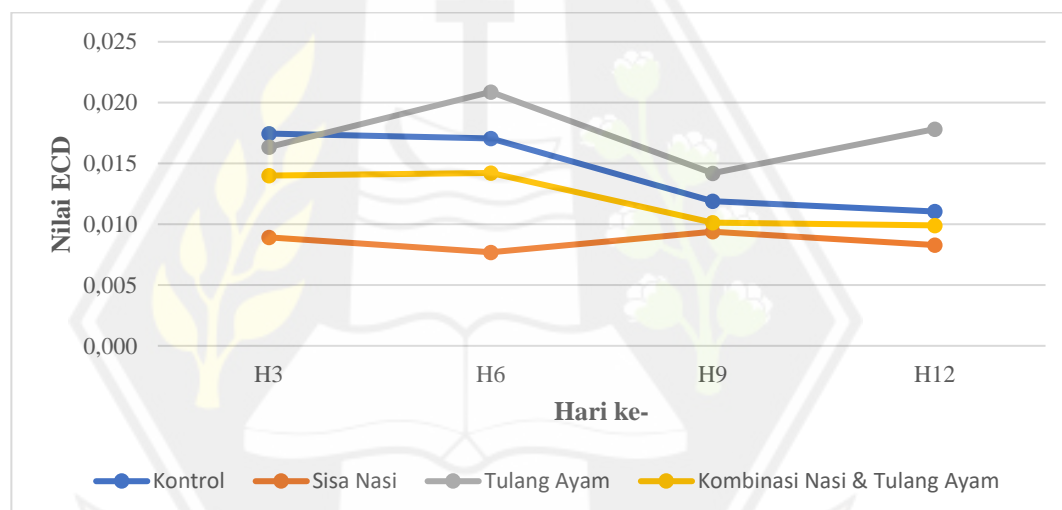
<b>Perlakuan</b>	<b>Rata-rata</b>
Tulang Ayam	0,021±0,003 <sup>a</sup>
Sisa Nasi	0,025±0,004 <sup>a</sup>
Kombinasi Tulang Ayam & Sisa Nasi	0,033±0,002 <sup>b</sup>
Kontrol (Pakan Babi T-51)	0,036±0,003 <sup>b</sup>

Nilai rata-rata WRI (Tabel 5) pada perlakuan pemberian pakan berupa tulang ayam berbeda nyata dengan perlakuan pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi serta pakan babi T-51 (kontrol). Dari hasil uji duncan (Tabel 5), nilai rata-rata WRI pada perlakuan pemberian pakan berupa sisa nasi berbeda nyata dengan perlakuan pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi serta pakan babi T-51 (kontrol). Hasil beda nyata tersebut ditunjukkan dari *superscript* yang berbeda. Namun, nilai rata-rata WRI pada pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi serta pakan babi T-51 (kontrol) tidak berbeda nyata. Selain itu nilai rata-rata WRI pada pemberian pakan berupa tulang ayam dan sisa nasi tidak berbeda nyata karena

*superscript* nya sama. Kemudian, hasil uji korelasi antara nilai WRI dan *substrat reduction* menunjukkan adanya hubungan yang signifikan dari hari ke-3 hingga hari ke-12 karena nilai korelasi mendekati angka 1 atau ( $P < 0,05$ ) sehingga mendukung pertumbuhan larva BSF.

#### 4.8. Efisiensi Konversi Umpan Tercerna (ECD) Bagi Pertumbuhan Larva BSF

Efisiensi konversi umpan tercerna merupakan bagian dari pengukuran indeks pertumbuhan larva BSF yang mana nutrisi pakan yang dikonsumsi akan dikonversi oleh larva BSF menjadi nutrisi larva BSF itu sendiri. Tingkat efisiensi konversi substrat tersebut dapat dilihat dari Gambar 11 pada hari ke-3 hingga hari ke-12 dengan pemberian perlakuan pakan berupa sisa nasi, tulang ayam, kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam, serta pakan babi T-51 sebagai pembandingnya.



Gambar 11. Tingkat Efisiensi Konversi Substrat Menjadi Nutrisi Larva BSF Pada Setiap Pemberian Pakan Berbeda

Berdasarkan hasil Gambar 11 dapat dilihat bahwa pada hari ke-12, nilai ECD yang paling tinggi diantara 3 perlakuan dan 1 kontrol adalah saat diberi pemberian perlakuan pakan berupa tulang ayam dengan nilai 0,018. Hal tersebut terjadi karena kandungan nutrisi tulang ayam, khususnya protein yang dikonsumsi oleh larva BSF lebih tinggi daripada perlakuan pakan lainnya sehingga hasil konversi nutrisi pakan



berpengaruh pada hasil nutrisi larva BSF. Nilai ECD yang semakin tinggi maka tingkat efisiensinya juga akan semakin tinggi. Menurut Jucker *et al.* (2020), substrat yang mengandung protein tinggi akan menunjukkan nilai ECD yang tinggi apabila dibandingkan dengan substrat yang mengandung protein rendah. Nilai ECD pada hari ke-12 pada pemberian perlakuan pakan berupa tulang ayam yaitu 0,010.

Akan tetapi, pemberian pakan berupa sisa nasi menunjukkan nilai ECD yang paling rendah yaitu 0,008 pada hari ke-12. Penurunan nilai ECD tersebut disebabkan oleh kondisi perlakuan pada media pakan berupa sisa nasi memiliki kadar air yang tinggi (53,57%) sehingga larva BSF kurang menyukai kondisi media pakan yang terlalu basah dan larva tidak efisien dalam proses mengkonversi makanannya. Menurut Rukmini (2021), nilai ECD yang rendah disebabkan oleh rendahnya kandungan nutrisi pakan yang dikonsumsi larva BSF sehingga untuk mencukupi kebutuhan nutrisi dalam tubuh larva diperlukan mengonsumsi pakan dalam jumlah yang banyak. Menurut Hakim *et al.* (2017), nilai ECD rendah karena kualitas substrat yang kurang baik.

Nilai ECD mengalami kenaikan pada hari ke-6 saat diberi media pakan berupa tulang ayam (0,021), pakan babi T-51 (0,017), kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam (0,014) kemudian masing-masing perlakuan dan kontrol tersebut mengalami penurunan nilai ECD pada hari ke-9.

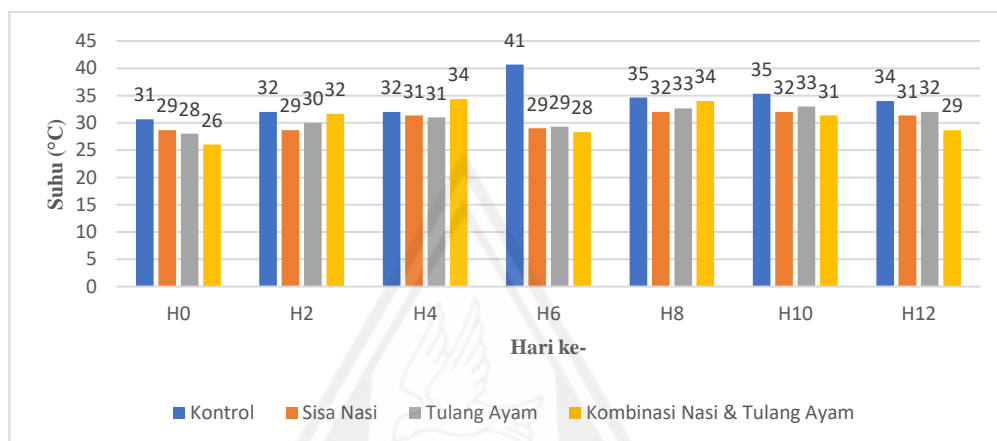
Nilai Efisiensi Konversi Umpan Tercerna (ECD) larva BSF dari hari ke-3 hingga hari ke-12 pada hasil uji Anova di SPSS menunjukkan ( $P > 0,05$ ) yang artinya tidak ada perbedaan secara signifikan dari ketiga perlakuan (kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam, sisa nasi, tulang ayam) dan kontrol (pakan babi T-51) sehingga tidak dilanjutkan ke uji duncan.

#### **4.9. Nilai Parameter Lingkungan yang Terukur Selama 12 Hari Penelitian**

##### **4.9.1. Suhu Pakan yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF**

Salah satu pengukuran abiotik yang mendukung pertumbuhan larva BSF adalah suhu pada media pakannya. Kondisi suhu pakan yang optimal akan membantu pertumbuhan larva BSF yang optimal juga. Pengukuran suhu pakan pada penelitian ini dilakukan setiap 2 hari sekali dalam kurun

waktu 12 hari supaya suhu media pakan dapat terpantau jika terjadi kenaikan atau penurunan suhu.

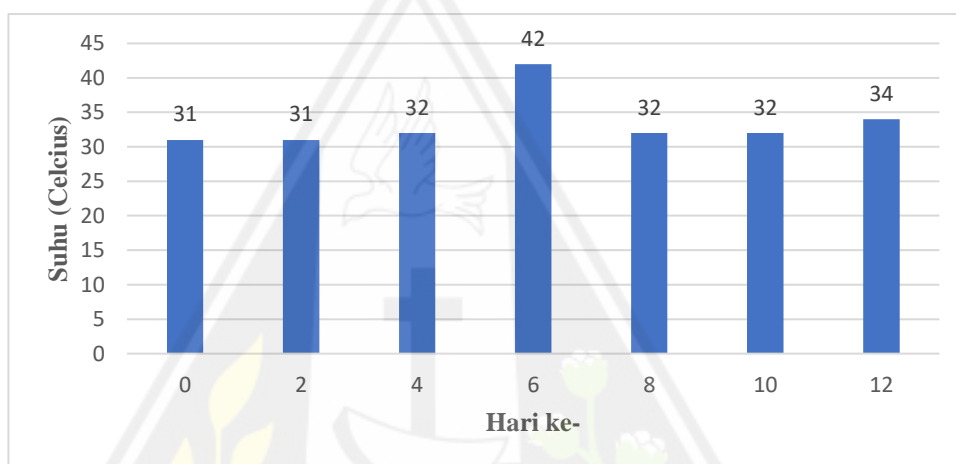


Gambar 12. Suhu Media Pakan yang Berbeda Selama 12 Hari

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 12, pakan yang dikonsumsi oleh larva memiliki suhu antara 26°C-35°C dari hari ke-0 sampai hari ke-12 dalam berbagai perlakuan pakan. Namun, terdapat suhu sekitar 41°C pada kontrol (pakan babi T-51) di hari ke-6 yang mana suhu ini melebihi suhu optimalnya sehingga mempengaruhi keberlangsungan hidup larva BSF. Hal tersebut didukung pendapat dari Dortmans *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa suhu 22-35°C merupakan suhu yang optimum untuk kondisi pakan larva BSF. Suhu yang semakin tinggi ini dipengaruhi oleh faktor berat larva yang terus bertambah dan ukuran larva yang cukup besar sehingga kondisi wadah berisi pakan babi T-51 menjadi cukup panas akibat kepadatan larva di dalam wadah. Peningkatan suhu bisa menyebabkan kematian larva BSF dalam proses pertumbuhannya sehingga perlu diperhatikan kondisinya agar suhu pakan tetap stabil. Menurut Sholahuddin *et al.* (2021), kondisi media larva BSF yang panas disebabkan oleh padatnya populasi larva BSF di dalam media sehingga suhu pada media pakan mengalami kenaikan dan uap yang berasal dari media pembesaran larva tidak bisa bebas keluar, kemudian terjadi kematian larva BSF.

#### 4.9.2. Suhu Udara yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF

Pengukuran suhu udara pada penelitian ini perlu diperhatikan untuk mengamati pertumbuhan larva BSF jika suhunya melewati batas optimal yang telah ditentukan pada umumnya supaya larva dapat bertahan hidup dengan baik dan tidak mengalami mortalitas.



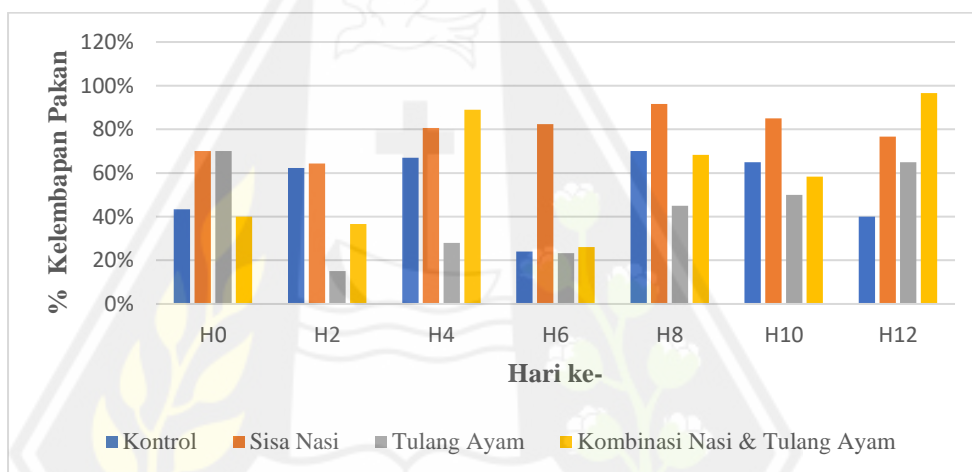
Gambar 13. Suhu Udara yang Diukur Setiap 2 Hari Sekali Selama 12 Hari

Berdasarkan Gambar 13 menunjukkan hasil pengukuran suhu udara lingkungan di luar media pembesaran larva BSF selama 12 hari. Pada hari ke-0 sampai hari ke-4 kemudian hari ke-8 sampai hari ke-12 dapat dilihat bahwa suhu udara lingkungan sekitar 31-34°C menunjukkan suhu yang optimal untuk pertumbuhan larva BSF karena tidak melebihi suhu 35°C sehingga larva BSF dapat bertahan hidup dalam media pembesaran. Namun, pada hari ke-6 suhunya mencapai 42°C yang mana suhu ini tidak optimum untuk pertumbuhan larva BSF karena melebihi suhu 35°C atau kondisi suhunya terlalu panas sehingga bisa menyebabkan beberapa larva mengalami kematian dan angka populasi larva menjadi turun. Menurut Tomberlin *et al.* (2009), larva BSF tidak ada yang bertahan hidup jika

berada dalam suhu 36°C keatas dan suhu yang dibutuhkan larva BSF untuk berkembang secara optimal adalah 30-35°C.

#### 4.9.3. Kelembapan Pakan yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF

Selain dari faktor suhu, pengukuran abiotik juga dapat dilihat dengan mengukur kelembapan pada pakan yang dikonsumsi oleh larva BSF. Kelembapan pakan diukur setiap 2 hari sekali dalam kurun waktu 12 hari pada berbagai perlakuan pakan yang berbeda. Tingkat kelembapan untuk pakan yang diberikan dapat diamati pada Gambar 14 berikut ini.



Gambar 14. Tingkat Kelembapan Media Pakan Berbeda yang Diukur Selama 12 Hari

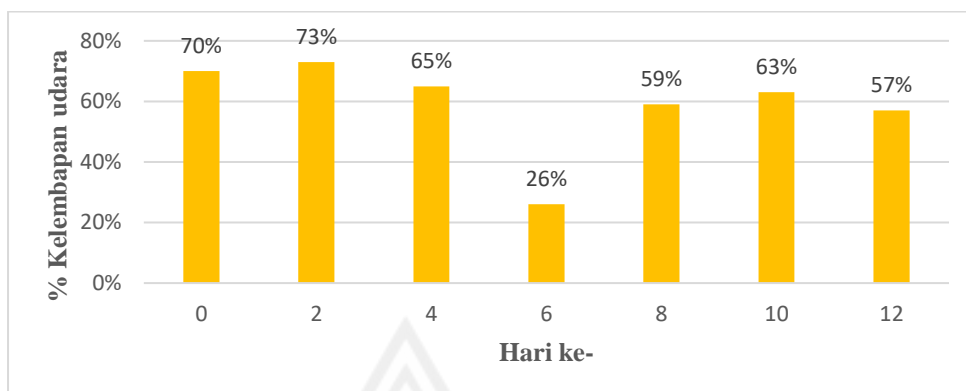
Dari Gambar 14 telah didapatkan hasil bahwa tingkat kelembapan pakan tetap stabil atau berada dalam kondisi optimum selama 12 hari adalah saat diberi perlakuan pakan berupa sisa nasi dengan nilai persentase yaitu 64-92%. Menurut Dortmans *et al.* (2017), larva BSF mengonsumsi sampah organik secara optimal dengan kondisi kelembapan pakan sebesar 60-90%. Pemberian media pakan berupa pakan babi T-51 (kontrol) menunjukkan tingkat kelembapan dengan nilai 62-70% pada hari ke-2, hari ke-4, hari ke-8, dan hari ke-10 sedangkan pada hari ke-0, hari ke-6, dan hari ke-12 menunjukkan tingkat kelembapan masing-masing yaitu 43%, 24%, 40%

yang artinya nilai persentase tersebut tidak berada dalam kondisi kelembapan pakan optimal. Pemberian media pakan berupa tulang ayam menunjukkan tingkat kelembapan optimal dengan nilai 65% (hari ke-12) dan 70% (hari ke-0), sedangkan pada hari ke-2 sampai hari ke-10 menunjukkan tingkat kelembapan yang tidak optimal yaitu 15-50%. Tingkat kelembapan pakan pada perlakuan kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam menunjukkan nilai persentase yang optimal yaitu 89% (hari ke-4), 68% (hari ke-8), dan 97% (hari ke-12) sedangkan nilai persentase kelembapan 26-58% pada hari ke-0, hari ke-2, hari ke-6, dan hari ke-10 menunjukkan tingkat kelembapan yang kurang optimal untuk pertumbuhan larva BSF.

Rendahnya nilai persentase kelembapan pada perlakuan pakan berupa tulang ayam, kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam, serta pakan babi T-51 (kontrol) disebabkan oleh kondisi pakan yang cukup kering atau kurangnya air yang ditambahkan pada ketiga media pakan tersebut sehingga bisa mempengaruhi kecepatan larva BSF dalam mengonsumsi makanannya. Hal tersebut didukung pendapat dari Septiani *et al.* (2023) dan Suciati (2017) yang menyatakan bahwa penambahan air pada media pakan dilakukan untuk menjaga media supaya tetap lembap dan proses pencernaan larva BSF akan terhambat akibat kurangnya kadar air pada makanan yang dikonsumsi. Walaupun kondisi pakan yang cukup kering, larva BSF masih mampu mentolerir tingkat kelembapan pakan tersebut sehingga larva BSF bertumbuh dengan baik dan tingkat ketahanan hidupnya tinggi

#### **4.9.4. Kelembapan Udara yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF**

Hasil pengukuran tingkat kelembapan udara pada lingkungan di berbagai perlakuan pakan ditunjukkan dalam Gambar 15. Tingkat kelembapan udara tersebut diukur selama 12 hari dan setiap 2 hari sekali untuk melihat kondisi kelembapan yang optimal bagi pertumbuhan larva BSF.

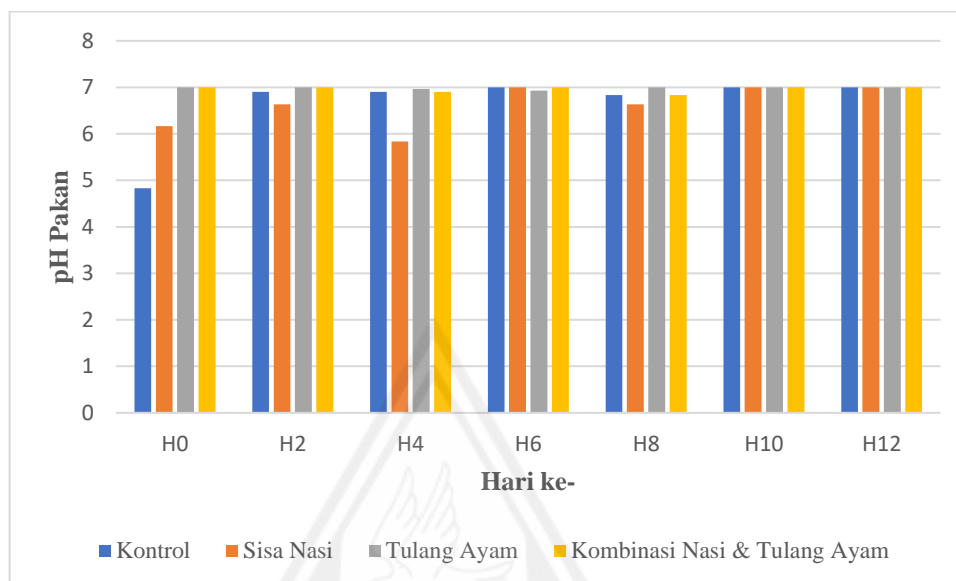


Gambar 15. Tingkat Kelembapan Udara yang Diukur Setiap 2 Hari Sekali Selama 12 Hari

Berdasarkan hasil dari Gambar 15, kelembapan udara di lingkungan penelitian pada hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-10 menunjukkan adanya tingkat kelembapan yang optimal untuk kelangsungan hidup larva BSF karena nilai persentasenya yaitu sekitar 65-73%. Hal tersebut didukung pendapat dari Holmes *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa larva BSF dapat hidup secara optimal pada kelembapan 60-70%. Namun, persentase kelembapan udara pada lingkungan penelitian di hari ke-6, hari ke-8, dan hari ke-12 masing-masing yaitu 26%, 59%, dan 57% yang artinya kondisi lingkungan kurang cukup lembap atau kurang mendukung kelangsungan hidup larva BSF saat di media pembesarannya.

#### 4.9.5. Nilai pH Pakan yang Mendukung Pertumbuhan Larva BSF

Pengukuran pH pakan dilakukan untuk mengatur tingkat keasaman pada pakan larva BSF yang ada di setiap perlakuan. Nilai pH diukur setiap 2 hari sekali supaya kondisi media pakannya tetap stabil dan memberikan dampak yang baik untuk pertumbuhan larva BSF secara optimal. Hasil dari pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 16 yang mana nilainya terjadi kenaikan, penurunan, dan ada yang tetap berjalan konstan selama 12 hari.



Gambar 16. Tingkat pH Media Pakan Berbeda yang Diukur Selama 12 Hari

Dari Gambar 16 dapat dilihat bahwa pH pada media pakan di berbagai perlakuan pakan seperti sisa nasi, tulang ayam, kombinasi antara sisa nasi dan tulang ayam, serta pakan babi T-51 (kontrol) menunjukkan kondisi pH yang optimal yaitu sekitar 6-7 pada hari ke-2, hari ke-6, hari ke-8, hari ke-10, dan hari ke-12. Menurut Monita *et al.* (2017), nilai pH media pakan yang optimum adalah 6-7 atau di kisaran pH netral. Namun, pada pemberian pakan berupa pakan babi T-51 (kontrol) di hari ke-0, sisa nasi di hari ke-0 dan hari ke-4 menunjukkan nilai pH pakan kurang dari 6 atau tidak mencapai kondisi pH yang optimal sehingga dapat menyebabkan rendahnya bobot larva BSF. Meneguz *et al.* (2018) menyatakan bahwa bobot atau biomassa akhir larva BSF akan menunjukkan hasil yang lebih berat dengan nilai pH 6-10, namun bobot larva cenderung rendah ketika nilai pH kurang dari 6.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul Pengaruh Pemberian Limbah Pakan Organik Tulang Ayam dan Sisa Nasi Terhadap Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.) dapat disimpulkan bahwa pemberian perlakuan pakan berupa tulang ayam paling baik untuk mendukung pertumbuhan larva BSF yang ditunjukkan dengan pertambahan biomassa larva BSF sebesar 0,85 gram, kandungan nutrisi larva BSF yang terdiri dari protein (20,69%), lemak (22,81%) karbohidrat (1,21%), kadar air (35,58%), kadar abu (2,93%), dan efisiensi konversi umpan tercerna dengan nilai sebesar 0,018.

Pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi paling baik untuk mendukung pertumbuhan larva BSF yang ditunjukkan pada parameter *Waste Reduction Index* sebesar 0,034 g/hari, *substrat reduction* dengan nilai persentase sebesar 51%, dan ketahanan hidup larva BSF dengan nilai persentase sebesar 98%. Namun secara keseluruhan, pemberian pakan berupa kombinasi antara tulang ayam dan sisa nasi paling baik untuk mendukung pertumbuhan larva BSF karena perlakuan dengan jenis pakan kombinasi berada di posisi kedua saat nilai paling tinggi diambil oleh pakan tunggal sedangkan pakan tunggal tersebut tidak berada pada posisi kedua untuk nilai yang diambil oleh pakan kombinasi sehingga menjawab hipotesis peneliti.

Parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan larva BSF berdasarkan pengamatan selama 12 hari penelitian adalah suhu pakan dengan rentang suhu sebesar 26-41°C, suhu udara dengan rentang suhu sebesar 31-42°C, kelembapan pakan sebesar 15-92%, kelembapan udara sebesar 26-73%, dan pH pakan dengan nilai 6-7.



## 5.2. Saran

- 5.2.1. Larva BSF yang mengandung nutrisi tinggi setelah diberi perlakuan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut sebagai pakan hewani untuk ikan, ternak, maupun unggas.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2022). Data Pengolahan Sampah dan RTH. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Diakses tanggal 18 Februari 2023 pukul 23.00 WIB.
- Anonim (2022). *Hermetia illucens* L. *Integrated Taxonomic Information System on-line database* (ITIS). <http://www.itis.gov>. Diakses tanggal 19 Februari pukul 10.00 WIB.
- Astuti, F., Alphaningrum, A., & Nurhidayati, C. (2019). Uji Efektivitas Pemberian Pakan Tutuyam (Tutut Tulang). *Diterbitkan oleh KSI Mist*, 1(1), 56.
- Azir, A., Harris, H., & Haris, R. B. K. (2017). Produksi dan kandungan nutrisi maggot (*Chrysomya megacephala*) menggunakan komposisi media kultur berbeda. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 12(1).
- Barros-Cordeiro, K. B., B ao, S. N., Pujol-Luz, J. R., & Hagedorn, H. (2014). Intrapuparial development of the black soldier-fly, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*, 14(1).
- Bava, L., Jucker, C., Gislon, G., Lupi, D., Savoldelli, S., Zucali, M., & Colombini, S. (2019). Rearing of *Hermetia illucens* on different organic by-products: Influence on growth, waste reduction, and environmental impact. *Animals*, 9(6), 289.
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Marais, J., & Hoffman, L. C. (2020). Why for feed and not for human consumption? The black soldier fly larvae. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2747-2763.
- Biava, Hernan D. (2023). *Che 301: Biochemistry*. Carolina : Brevard College.
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of nutritional science*, 3, e29.
- Dafri, I., & Jayanegara, A. (2022). Teknologi Penyiapan Pakan Protein Moderate dan Strategi Penyiapannya untuk Meningkatkan Produktivitas Maggot. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 20(1), 25-29.
- De Haas, E. M., Wagner, C. O. E. N., Koelmans, A. A., Kraak, M. H., & Admiraal, W. I. M. (2006). Habitat selection by chironomid larvae: fast growth requires fast food. *Journal of Animal Ecology*, 148-155.
- Devi, N. K. E. S., & Aksari, N. M. A. (2020). *Pengaruh Persepsi Nilai, Persepsi Risiko Dan Sikap Terhadap Niat Membeli Kembali Pada Makanan Cepat Saji* (Doctoral dissertation, Udayana University).
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27(6), 603-610.
- Diener, S. *et al.*, 2011. Biological Treatment of Muncipal Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), pp.357 - 63.
- Dortmans, B., Diener, S., Bart, V., & Zurbrugg, C. (2017). *Black Soldier Fly Biowaste Processing: a step-by-step guide*. Eawag. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. 85 Pages.
- Dwi Kusuma, P., Ariyanti, J. M., Syamsuhaidi, S., & Sumiati, S. (2021). Potensi Sampah Organik Sebagai Media Tumbuh Maggot Lalat *Black Soldier*

- (*Hermetia illucens*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia*, 7(2), 95-106.
- Erwin, M., Rahmawati, H., & Rahayu, S. (2018). Perbedaan Pengaruh Pemberian Belatung Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*) terhadap Pertumbuhan Ikan Lele (*Clarias sp.*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*).
- Fahmi MR, Hem S, Subamia IW. 2007. Potensi maggot sebagai salah satu sumber protein pakan ikan. Dalam Dukungan Teknologi untuk Meningkatkan Produk Pangan Hewan dalam Rangka Pemenuhan Gizi Masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXVII*. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 125-130.
- Fahmi, R., S. Melta, W Hem, and I W.Subamia. (2009). Maggot Potential to Increase Growth and Improve Health Status of Fish. *J. Ris. Akuakultur* 4(2): 221–32.
- Faradila, S., Syamsuddin, N. M., Jariyah, A., & Wahyuni, S. (2023). Media Tumbuh yang Berbeda Terhadap Tingkat Produksi dan Kandungan Nutrisi Maggot Black Soldier Fly. *Buletin Veteriner Udayana Volume*, 15(3), 490-497.
- Fauzi, M., & Muharram, L. (2019). Karakteristik bioreduksi sampah organik oleh maggot BSF (Black Soldier Fly) pada berbagai level instar. *Journal of Science, Technology and Entrepreneur*, 1(2), 134-139.
- Fauzi, R. U. A., & Sari, E. R. N. (2018). Analisis Usaha Budidaya Maggot Sebagai Alternatif Pakan Lele. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(1), 39-46.
- 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.
- Hakim, A. R., Prasetya, A., & Petrus, H. T. B. M. (2017). Studi Laju Umpan Pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna Menggunakan Larva *Hermetia illucens*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(2), 179-192.
- Hartati, Chamila, A., Syamsiah, Jumadi, O., Kurnia, N., Junda. M., Sahribulan. Saparuddin, Djawad, Y., & Harianto., F. (2022). Pengaruh Formulasi Pakan Terhadap Kandungan Nutrisi Larva *Black Soldier Fly* (BSF) *Hermetia illucens*. *Jurnal Sainsmat*, 11(2), 144-153.
- Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K. (2013). Substrate effects on pupation and adult emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental entomology*, 42(2), 370-374.
- Hulu, F., Afriani, D. T., & Hasan, U. (2022). Pengaruh Media yang Berbeda Dengan Menggunakan Limbah Rumah Tangga, Ampas Kelapa dan Ampas Tahu Terhadap Pertumbuhan Maggot (*Hermetia illucens*). *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 2(1), 47-59.
- Jalaluddin, J., Nasrul, Z. A., & Syafrina, R. (2017). Pengolahan sampah organik buah-buahan menjadi pupuk dengan menggunakan efektif mikroorganisme. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5(1), 17-29.

- Jucker, C., Lupi, D., Moore, C. D., Leonardi, M. G., & Savoldelli, S. (2020). Nutrient recapture from insect farm waste: bioconversion with *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Sustainability*, 12(1), 362.
- Kantun, W., Malik, A. A., Harianti. (2015). Kelayakan Limbah Padat Tuna Loin Madidihang (*Thunus albacares*) untuk Bahan Baku Produk di Versifikasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*, 18(3): 303-314.
- Kim, W., Bae, S., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., & Koh, Y. (2011). Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1), 11-14.
- Lin, L. Y. (2019). *Hermetia illucens-Black Soldier Fly*. <https://wiki.nus.edu.sg/display/TAX/Hermetia+illucens+-+Black+Soldier+Fly#HermetiaillucensBlackSoldierFly-Generalanatomy>. Diakses tanggal 13 Juni 2023 pukul 15.00 WIB.
- Mabruroh, M., Praswati, A. N., Sina, H. K., & Pangaribowo, D. M. (2022). Pengolahan Sampah Organik Melalui Budidaya Maggot BSF Organic Waste Processing Through BSF Maggot Cultivation. *Jurnal EMPATI (Edukasi Masyarakat, Pengabdian dan Bakti)*, 3(1), 34-37.
- Meneguz M, Gasco L, Tomberlin JK (2018) Impact of pH and feeding system on black soldier fly (*Hermetia illucens*, L; Diptera: Stratiomyidae) larval development. *PLoS ONE* 13(8)
- McShaffrey, D. 2013. *Hermetia illucens-Black Soldier Fly-Hermetia illucens*. Bugguide.net. <https://bugguide.net/node/view/874940>. Diakses tanggal 28 Februari 2023 pukul 20.07 WIB.
- Minggawati, I., Lukas, L., Youhandy, Y., Mantuh, Y., & Augusta, T. S. (2019). Pemanfaatan Tumbuhan Apu-Apu (*Pistia stratiotes*) Untuk Menumbuhkan Maggot (*Hermetia illucens*) Sebagai Pakan Ikan. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 44(1), 77-82.
- Monita, L., Sutjahjo, S. H., Amin, A. A., & Fahmi, M. R. (2017). Pengolahan sampah organik perkotaan menggunakan larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(3), 227-234.
- Murtidjo, B. A. (2001). *Pedoman Meramu Pakan Ikan*. Yogyakarta: PT Kanisius.
- Myers, H. M., Tomberlin, J. K., Lambert, B. D., & Kattes, D. (2014). Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environmental entomology*, 37(1), 11-15.
- Nguyen, TTX, JK Tomberlin, and S Vanlaerhoven. (2013). Influence of resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larval development. *Journal of Medical Entomology*. 50: 898–906.
- Oliveira, F., Doelle, K., List, R., & O'Reilly, J. R. (2015). Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. *J. Entomol. Zool. Stud*, 3(5), 147-152.
- Permana, A. D., Susanto, A., & Giffari, F. R. (2022). Kinerja pertumbuhan larva lalat tentara hitam *Hermetia illucens* Linnaeus (diptera: stratiomyidae) pada substrat kulit ari kedelai dan kulit pisang. *Agrikultura*, 33(1), 13-24.

- Popa R, Green T. (2012). *Biology And Ecology Of The Black Soldier Fly*. Amsterdam (NL): DipTerra LCC e-Book.
- Purba J, Kinasih I & Putra E. 2021. Pertumbuhan larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) dengan pemberian pakan pakan susu kadaluwarsa dan alpukat. *Biotropika*. 9(1): 88-95.
- Rachmawati, R., 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(1), 28-28.
- Ratih, A.P., (2020). Pengaruh Campuran Manure Sapi Perah dan Puyuh Sebagai Media Pertumbuhan Terhadap Produktivitas Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) yang Difermentasi dengan Kultur *Azotobacter*. Malang: Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya.
- Rofi, D.Y. et al., 2021. Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Sebagai Upaya Percepatan reduksi Sampah Buah dan Sayur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), pp.130-37.
- Rukmini, P., (2021). Pemanfaatan Ampas Tahu dan Sampah Pasar Sebagai Pakan Larva BSF. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering*. 1(2), 46-55.
- Rusmana, D., Wiradimadja, R., Noor, F. A., Mayasaroh, I., & Winarsih, W. (2016). Special Bone Meal Produk Hidrolisis Alkali Pada Tulang Ayam. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 41(3), 355-360
- Salman, N., Nofiyanti, E., & Nurfadhilah, T. (2020). Pengaruh dan efektivitas maggot sebagai proses alternatif penguraian sampah organik kota di Indonesia. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(1)
- Satori, M., Prastyaningsih, E., Sirejeki, Y., Nur, T. H., Nurmalasari, N. R., & Nuralam, I. (2018). Pengolahan sampah organik rumah tangga dengan metode bata terawang. *Ethos (Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat)*, 6, 135-145.
- Septiani, W., Sari, E., Ningsih, R., & Wijaya, R. (2023). *Green-Techno Sosiopreneur Ternak Maggot*. Makassar: Nas Media Pustaka.
- Sholahuddin, S., Sulisty, A., Wijayanti, R., Supriyadi, S., & Subagiya, S. (2021). Potensi Maggot (*Black Soldier Fly*) sebagai Pakan Ternak di Desa Miri Kecamatan Kismantoro Wonogiri. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 5(2), 161-167.
- SNI. (2006) *Pakan Ayam Ras Pedaging Masa Akhir (Broiler Finisher)*. SNI 01-3931-2006. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI. (2006). *Pelet Ikan*. SNI 01-4087-2006. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Suciati, R. (2017). Efektifitas media pertumbuhan maggots *Hermetia illucens* (lalat tentara hitam) sebagai solusi pemanfaatan sampah organik. *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 2(1), 8-13.
- 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.
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37(4), 345-352.

- Varianti, N. I., Atmomarsono, U., & Mahfudz, L. D. (2017). Pengaruh pemberian pakan dengan sumber protein berbeda terhadap efisiensi penggunaan protein ayam lokal persilangan. *Jurnal Agripet*, 17(1), 53-59.
- Verma, D. K., & Srivastav, P. P. (2017). Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic Indian rice. *Rice Science*, 24(1), 21-31.
- Wahyuni, R. K., Dewi, F. A., & RC, F. (2021). Maggot BSF Kualitas Fisik dan Kimianya. *LITBANG PEMAS UNISLA*.
- Wardhana, A. H. (2016). *Black soldier fly (Hermetia illucens)* sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak. *Wartazoa*, 26(2), 69-78.
- Yunita, Y., Adriansyah, M., & Amalia, H. (2021). Sistem Informasi Bank Sampah Dengan Model Prototipe. *INTI Nusa Mandiri*, 16(1), 15-2.
- Zahra, A., Herdiansyah, H., & Utomo, S. W. (2023). Model Pengelolaan Sampah Organik dengan Biokonversi Larva *Black Soldier Fly* Berbasis Pemberdayaan Masyarakat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 94-105.

