

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS BIOKONVERSI MAGGOT BLACK SOLDIER
FLY (*Hermetia illucens*) TERHADAP FERMENTASI SAMPAH
SAYUR DAN SAMPAH BUAH**



RIJAL NUHA KHALISH

211210568

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES PADANG
2025**

SKRIPSI

EFEKTIVITAS BIOKONVERSI MAGGOT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) TERHADAP FERMENTASI SAMPAH SAYUR DAN SAMPAH BUAH

Diajukan ke Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan
Kemenkes Poltekkes Padang sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Terapan Kesehatan



RIJAL NUHA KHALISH

211210568

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES PADANG
2025**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Judul Skripsi : "Efektivitas Biokonversi Maggot *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) Terhadap Sampah Sayur dan Sampah Buah"

Disusun oleh

NAMA : Rijal Nuha Khalish

NIM : 211210568

Telah disetujui oleh pembimbing pada tanggal :

Padang, 23 Juni 2025

Menyetujui

Pembimbing Utama,



(Mukhlis.MT)

NIP. 19680304 199203 1 003

Pembimbing Pendamping,

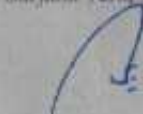


(Dr. Wijayanto, SKM, M.Kes)

NIP. 19620620 198603 1 003

Padang, Juli 2025

Ketua Prodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan



(Darwel, SKM, M.Epid)

NIP. 19800914 200604 1 012

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

"EFEKTIVITAS BIOKONVERSI MAGGOT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) TERHADAP SAMPAH SAYUR DAN SAMPAH BUAH"

Dibuat oleh

RIJAL NUHA KHALISH

NIM 211210568

Telah dipertahankan dalam seminar di depan Dewan Penguji

Pada tanggal : 03 Juli 2025

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Ketua,

Asep Irfan, SKM, M.Kes

NIP. 19640716 198901 1 001

Anggota,

Rahmi Hidayanti, SKM, M.Kes

NIP. 19791014 200604 2 020

Anggota,

Mukhlis MT

NIP. 19680304 199203 1 003

Anggota,

Dr. Wiyanono, SKM, M.Kes

NIP. 19620620 198603 1 003

Padang, 31 Juli 2025

Ketua Prodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan

Darwis, SKM, M.F.mid

NIP. 19800914 200604 1 012

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama Lengkap	Rizal Naba Khalid
NIM	211210508
Tempat Tanggal Lahir	Padang/ 14 Agustus 2001
Tahun Masuk	2021
Nama PA	Dewi, SKM, M.Kes
Nama Pembimbing Utama	Mukhlis, M.T
Nama Pembimbing Pendamping	Dr. Wijayastono, SKM, M.Kes

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan hasil Karya Ilmiah saya, yang berjudul: "Efektivitas Obat serta Manfaat Obat Kanker Pada Terapi Tersebut Terhadap Tubuh Kita".

Apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya pelanggaran (plagiat), maka saya bersedia menerima sanksi akademik.

Demi kehormatan nama perguruan tinggi saya buat dengan sungguh-sungguh.

Padang, 23 Juni 2023

Yang Menandatangani

(Rizal Naba Khalid)
NIM: 211210508

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

*Skripsi ini adalah hasil karya penulis sendiri, dan semua sumber yang dikutip
telah dikutip oleh penulis secara benar*

Nama : EDAL NURIA FATHIHA

Nim : 201210168

Tanda Tangan:

A red rectangular stamp is visible, containing the text "MILITERIA" and "KEMENTERIAN" in Indonesian. The signature is written in blue ink over the stamp.

Tanggal : 25 Juni 2025

**HALAMAN PENYERAHAN SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Kementerian Politeknik Padang, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	Rizal Nola Khalid
NIM	211210548
Program Studi	Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan
Jurusan	Kesehatan Lingkungan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya setuju untuk memberikan kepada kementerian politeknik poling Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-free Right*) atas Skripsi saya yang berjudul:

Efektivitas Biokomposi Major Black Soldier Fly Terhadap Fermentasi Sayur Dan Smpah Buah.

Beserta peninggalan yang ada jika diperlukan seperti Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Kementerian Politeknik Padang berhak mengutip, menyebar, memodifikasi, mengolah dalam bentuk paragraf atau (apa saja), memuat, dan mempublikasikannya skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak cipta.

Demiikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Dibuat di Padang

Pada Tanggal 31 Juli 2025

Yang Menyatakan


(Rizal Nola Khalid)

**Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Jurusan Kesehatan
Lingkungan, Kemenkes Poltekkes Padang, Skripsi Juni 2025**

Rijal Nuha Khalish

**Efektivitas Biokonversi *Maggot Black Soldier Fly* Terhadap Fermentasi
Sampah Sayur dan Sampah Buah**

ABSTRAK

Permasalahan sampah di Indonesia telah menjadi isu yang semakin mendesak untuk ditangani karena berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Di Kota Padang, timbulan sampah mencapai 237.250 ton per tahun atau sekitar 650 ton per hari. Sebagian besar sampah tersebut merupakan sampah organik yang dapat dikurangi melalui pemanfaatan *Maggot Black Soldier Fly* sebagai biokonverter. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rata-rata biokonversi *Maggot Black Soldier Fly* terhadap fermentasi sampah sayur dan buah.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain analitik menggunakan uji statistik *One-Way ANOVA*. Penelitian dilaksanakan selama 7 hari di Usaha Maggotify Bandar Gadang dengan tiga perlakuan dan masing-masing tiga kali pengulangan. Perlakuan pertama dan kedua menggunakan *Maggot Black Soldier Fly*, sedangkan perlakuan ketiga tanpa *Maggot Black Soldier Fly*. Persentase pengurangan sampah dihitung menggunakan *Waste Reduction Index* (WRI).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan *Maggot Black Soldier Fly* menghasilkan nilai WRI tertinggi sebesar 92%, sedangkan perlakuan tanpa Maggot hanya 1,25%. Hasil analisis statistik menunjukkan nilai $p = 0,001$ ($p < 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara perlakuan menggunakan dan tanpa *Maggot Black Soldier Fly*. Faktor lingkungan seperti suhu dan berada dalam kondisi optimal, sedangkan kelembaban masih dalam kisaran batas bawah hingga melebihi batas atas.

Kesimpulan penelitian ini didapatkan bahwa penggunaan *Maggot Black Soldier Fly* efektif sebagai biokonverter. Disarankan agar pemanfaatan lanjutan *Maggot Black Soldier Fly* tidak hanya terbatas pada pengolahan sampah organik, tetapi juga sebagai alternatif pakan ternak atau ikan.

xv + 44 halaman + 3 gambar + 13 Tabel + 4 lampiran

Kata Kunci: *Black Soldier Fly*, Sampah, Biokonversi

Daftar Pustaka : 50 (2008-2024)

**Bachelor Of Applied Environmental Sanitation Study Program Department
Of Environmental Health, Kemenkes Poltekkes Padang, Thesis June 2025**

Rijal Nuha Khalish

**The Effectiveness of Black Soldier Fly Maggot Bioconversion on the
Fermentation of Vegetable and Fruit Waste**

ABSTRACT

The issue of waste in Indonesia has become an increasingly urgent problem to address due to its negative impact on the environment and public health. In the city of Padang, waste production reaches 237,250 tonnes per year, or approximately 650 tonnes per day. Most of this waste is organic waste that can be reduced through the use of Black Soldier Fly maggots as bioconverters. This study aims to determine the average bioconversion rate of BSF maggots in the fermentation of vegetable and fruit waste.

This study is a quantitative study with an analytical design using the One-Way ANOVA statistical test. The study was conducted over 7 days at Usaha Maggotify Bandar Gadang with three treatments and three repetitions each. The first and second treatments used Black Soldier Fly Maggots, while the third treatment did not use Black Soldier Fly Maggots. The percentage of waste reduction was calculated using the Waste Reduction Index (WRI).

The results of the study indicate that treatment with Black Soldier Fly Maggots produced the highest WRI value of 92%, while treatment without Maggots only produced 1.25%. Statistical analysis revealed a p-value of 0.001 ($p < 0.05$), indicating a significant difference between treatments with and without Black Soldier Fly maggots. Environmental factors such as temperature and pH were within optimal conditions, while humidity remained within the lower range and exceeded the upper limit.

The conclusion of this study is that the use of Black Soldier Fly Maggots is effective as a bioconverter. It is recommended that the further utilisation of Black Soldier Fly Maggots should not be limited to organic waste processing, but also as an alternative feed for livestock or fish.

xv + 44 pages + 3 pictures + 13 tables + 4 attachments

Keywords: Black Soldier Fly, Waste, Bioconversion

Bibliography : 50 (2008-2024)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul Efektivitas Biokonversi Maggot Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Terhadap Fermentasi Sampah Sayur Dan Sampah Buah. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Kesehatan pada Program Studi Sanitasi Lingkungan Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang. Skripsi ini terwujud atas bimbingan dan pengarahan dari Bapak Mukhlis, M.T selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Wijayantono, SKM, M.Kes selaku pembimbing pendamping serta bantuan dari berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Ibu Renidayati, S.Kep, M.Kep, Sp.Jiwa selaku Direktur Kemenkes Poltekkes Padang.
2. Bapak Dr. Muchsin Riviwanto, SKM, M.Si selaku Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang.
3. Bapak Darwel, SKM, M.Epid selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Kemenkes Politeknik Kesehatan Padang dan selaku Pembimbing Akademik.
4. Para Dosen di lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang.
5. Umi, Abi, Abang, Adek, dan teman - teman penulis yang telah memberikan dukungan material dan moral.
6. Saudara – saudara penulis yang berkontribusi secara langsung ataupun tidak langsung, yang sedarah ataupun tidak sedarah, sependapat ataupun tidak sependapat, serta orang-orang yang hadir di kehidupan penulis hingga saat ini.
7. Arsenal FC sebagai klub sepak bola kebanggaan penulis yang senantiasa mengajarkan kesenangan, kesetiaan, kebanggaan, dan loyalitas bukan dari sebuah hasil yang didapat tetapi dari perjalanan yang diiringi oleh *trust* dan *confident*.

Akhir kata, penulis berharap berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Padang, 30 Juli 2025

Rijal Nuha Khalish

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PENYERAHAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR DIAGRAM	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Ruang Lingkup	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Sampah	6
B. <i>Black Soldier Fly</i>	12
C. Fermentasi	17
D. WRI (<i>Waste Reduction Index</i>)	19
E. Biokonversi	20
F. Kerangka Teori	22
G. Kerangka Konsep	22
H. Definisi Operasional	23
I. Hipotesis	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Jenis Penelitian	25
B. Waktu dan Tempat Penelitian	25
C. Subjek dan Objek	25
D. Teknik Pengumpulan Data	25
E. Prosedur Penelitian	26
F. Analisis Data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Hasil	29
B. Pembahasan	36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
A. Kesimpulan.....	44
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Definisi Operasional	23
Tabel 3.1 Alat.....	26
Tabel 3.2 Bahan	26
Tabel 4.1 Data Pengamatan Biokonversi Fermentasi Sampah Sayur.....	29
Tabel 4.2 Data Pengamatan Biokonversi Fermentasi Sampah Buah.....	30
Tabel 4.3 Data Pengamatan Kontrol	30
Tabel 4.4 Hasil Uji Normalitas	33
Tabel 4.5 Hasil Uji <i>One-Way Anova</i>	33
Tabel 4.6 Hasil Uji <i>Pos Hoc</i>	34
Tabel 4.7 Pemeriksaan Fisik Biokonversi Fermentasi Sampah Sayur.....	35
Tabel 4.8 Pemeriksaan Fisik Biokonversi Fermentasi Sampah Buah	35
Tabel 4.9 Pemeriksaan Fisik Kontrol.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Persebaran <i>Hermetia illucens</i>	12
Gambar 2.2 Imago <i>Hermetia illucens</i>	13
Gambar 2.3 Siklus Hidup <i>Hermetia illucens</i>	14
Gambar 4.1 Nilai WRI Biokonversi Fermentasi Sampah Sayur, Sampah Buah Oleh <i>Maggot Black Soldier Fly</i>	31

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Nilai WRI
- Lampiran 2. Output Uji Statistik
- Lampiran 3. Data Pertumbuhan *Maggot Black Soldier Fly*
- Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 5. Lembar Konsultasi Pembimbing
- Lampiran 6. Turnitin

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah merupakan sisa hasil pemanfaatan barang yang sudah tidak terpakai. Sampah bagi sebagian orang masih dipandang sebagai sesuatu yang tidak bermanfaat dan merugikan, terutama sampah organik. Sampah organik menimbulkan bau yang tidak sedap sehingga sebagian orang lebih memilih untuk menjauhi sampah organik. Hal ini menyebabkan polemik bagi kehidupan manusia dan lingkungannya, semakin tinggi tingkat konsumsi manusia mengakibatkan sampah organik kian hari kian meningkat.¹

Pengelolaan sampah di daerah perkotaan merupakan salah satu hal yang paling mendesak dan merupakan permasalahan lingkungan yang serius, dihadapi oleh pemerintah di negara berpendapatan rendah dan menengah. Tantangan yang semakin berat ini akan terus meningkat karena adanya trend urbanisasi yang terjadi dan tumbuh dengan cepat di populasi masyarakat perkotaan.²

Program Pemukiman Dunia PBB (*The United Nations Human Settlements Programme*) Tahun 2023 melakukan analisis limbah secara independen diperkirakan 2.3 miliar ton limbah yang dihasilkan oleh perkotaan secara global.³ Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah cair, limbah udara, dan limbah padat (sampah).

Permasalahan sampah di Indonesia telah menjadi isu yang semakin mendesak untuk ditangani. Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan berpengaruh terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitarnya.⁴ Menurut Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2023 menyebutkan bahwa jumlah timbulan sampah nasional yang diinput dari 377 kabupaten/kota se-Indonesia mencapai angka 40,358,042.81 ton/tahun. Pada grafik, komposisi sampah berdasarkan jenis yang tertinggi yaitu sisa makanan dengan persentase 39,68%.⁵

Wilayah Sumatera Barat menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional jumlah timbulan sampahnya yaitu sebesar 866,161.92 ton/tahun dan jumlah timbulan sampah harian yaitu sebesar 2,373.05 ton. Pada grafik, komposisi sampah berdasarkan jenis yang tertinggi yaitu sisa makanan sebesar 45.2%.⁵ Sedangkan timbulan sampah di Kota Padang yaitu sebesar 237,250 ton/tahun dan jumlah timbulan hariannya yaitu sebesar 650 ton. Komposisi sampah berdasarkan jenis yang tertinggi pada grafik menunjukkan angka 63% untuk sampah berjenis sisa makanan. Timbulan sampah berasal dari berbagai sumber, yang tertinggi yaitu berasal dari rumah tangga sebesar 462 ton dan diikuti sampah yang berasal dari fasilitas publik sebesar 40,38 ton.⁶ Timbulan sampah organik lainnya juga berasal dari rumah makan studi sampling di 15 lokasi restoran, kafe, fast food, dan food court menunjukkan bahwa rata-rata timbulan sampah makanan adalah 0,105 kg/orang/hari, atau 0,955 liter/orang/hari. Dari data tersebut menunjukkan volume sampah organik rumah tangga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sampah organik dari fasilitas umum, rumah makan, kafe, fast food, atau sejenisnya. Dengan kuantitas yang begitu besar sampah organik yang berasal dari kegiatan rumah tangga apabila tidak dikelola dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Selain mengurangi dampak lingkungan pengolahan sampah organik juga dapat meningkatkan nilai ekonomi.

Sampah organik dapat diolah menjadi kompos, pupuk organik cair, biogas, bioetanol dan juga dapat dilakukan dengan sistem pengolahan biokonversi. Biokonversi merupakan sebuah metode perombakan sampah organik menjadi metan melalui proses fermentasi yang melibatkan makhluk hidup, seperti jamur, bakteri, dan larva secara anaerob.⁷ Salah satu tren terkini dalam mengolah sampah organik yaitu dengan menggunakan maggot *Black Soldier Fly* (BSF). BSF atau *Hermetia Illusens* adalah lalat asli benua Amerika dan mulai ditemukan di Papua. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu pada tahun 2022 menyebutkan bahwa maggot dapat menguraikan sampah organik sebesar 56%.⁷ Perbandingan proses penguraian sampah menggunakan maggot BSF telah dilakukan oleh Helena Čičková pada tahun 2015 hasilnya

menunjukkan proses biokonversi dengan maggot berlangsung cepat dibandingkan dengan proses pengomposan dan *anaerobic digestion* proses tersebut berlangsung selama 4-27 hari.⁸ Siklus maggot BSF terdiri dari larva - larva dewasa – prepupa – pupa - lalat dewasa satu siklus tersebut berlangsung selama 41 hari.⁹

Maggot memiliki banyak manfaat seperti pakan ternak, pengurai sampah organik menjadi pupuk kompos. Kandungan protein maggot sekitar 45-50%, dan lemak sebesar 24-30%.⁷ Karena kandungan protein tinggi maggot BSF ini dapat dimanfaatkan sebagai pakan ayam.¹⁰ Pemanfaatan maggot BSF untuk pengolahan sampah organik menjadi pupuk cair dan kompos, BSF mampu mendegradasi sampah dalam waktu 4 minggu dan juga kompos yang dihasilkan memenuhi standar mutu.¹¹ Dengan kemampuan tersebut banyak jenis sampah organik yang dapat didegradasi kan oleh maggot. Dari banyaknya manfaat lalat BSF tersebut maka memungkinkan untuk menjadikan teknologi ini untuk mengolah sampah organik.⁹

Maggot memakan apa saja yang telah dikonsumsi oleh manusia, sisa makanan, sampah sayur, buah-sampah buah, daging, tulang (lunak), sampah, bangkai hewan, bahkan makanan yang sudah terfermentasi.¹² Limbah resto dan limbah organik, bungkil sawit, ampas tahu dan limbah air hewan konsumsi juga biasa dipakai sebagai pakan maggot.¹³ Bobot dan densitas populasi maggot BSF yang signifikan yaitu pada percobaan konsentrasi yoghurt (starter) tertinggi.¹⁴ Pemberian sampah sayur daun berupa kol, sawi sebaiknya difermentasi dahulu karena mudah menimbulkan bau busuk.¹³ Maggot yang diberikan pakan limbah sampah sayur setelah fermentasi menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap berat biomassa mutlak maggot. Dalam penelitian tersebut pengaruh yang paling tinggi terdapat pada limbah sampah sayur setelah fermentasi.¹⁵

Larva BSF yang dipakai sebanyak 200 ekor berumur 6 hari untuk mengurai sampah organik yang setelah perlakuan fermentasi didapat hasil maggot BSF yang tumbuh lebih berat yaitu dengan laju umpan tertinggi sebesar 100 mg/larva/hari.¹⁶ larva BSF yang diberi umpan sampah sampah

sayur, sampah sayur dikukus, buah, buah setelah fermentasi, didapat hasil proses penguraian tercepat pada buah hasil fermentasi.¹⁷

Berdasarkan data – data diatas, peneliti tertarik melakukan penelitian tentang biokonversi sampah organik dengan sampel fermentasi sampah sayur dan sampah buah dengan menggunakan Maggot *Black Soldier Fly* dikarenakan sampah sayur dan sampah buah merupakan salah satu sampah sisa rumah tangga.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah penelitian ini yaitu bagaimana efektivitas biokonversi sampah organik rumah tangga setelah fermentasi oleh Maggot *Black Soldier Fly*.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas proses penguraian sampah organik rumah tangga yaitu sampah sayur dan sampah buah setelah fermentasi terhadap Maggot *Black Soldier Fly*.

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui rata-rata kemampuan Maggot *Black Soldier Fly* dalam menguraikan fermentasi sampah sayur dan sampah buah.
- b. Untuk mengetahui rata-rata penguraian fermentasi sampah sayur dan sampah buah tanpa Maggot *Black Soldier Fly*.
- c. Untuk mengetahui kemampuan Maggot *Black Soldier Fly* terhadap variasi jenis sampah.
- d. Untuk mengetahui faktor lain berupa suhu, pH, dan kelembaban selama proses pengurai sampah organik oleh Maggot *Black Soldier Fly*.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah melihat proses biokonversi sampah organik rumah tangga setelah fermentasi terhadap Maggot *Black Soldier Fly* sebagai medianya. Dalam penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah sampah organik rumah tangga yang sudah difermentasi dan subjek penelitian adalah Maggot *Black Soldier Fly*.

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber acuan dan data pembandingan bagi peneliti lain terkait proses biokonversi hasil fermentasi sampah organik rumah tangga dengan menggunakan Maggot *Black Soldier Fly*.

2. Bagi Peneliti

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memperluas pengetahuan dan pengalaman penulis dalam melakukan penelitian tentang proses biokonversi hasil fermentasi sampah organik rumah tangga dengan menggunakan Maggot *Black Soldier Fly*. Hasil penelitian ini diajukan sebagai pemenuhan salah satu syarat untuk melakukan penelitian.

3. Bagi Perguruan Tinggi

Penelitian ini dapat digunakan sebagai tambahan informasi dan literatur untuk kepustakaan bagi perguruan tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sampah

1. Pengertian Sampah

Sampah merupakan materi, bahan maupun segala sesuatu yang tidak diinginkan, baik itu merupakan sisa atau residu maupun buangan. Produksi sampah yang terus menerus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, perubahan pola konsumsi, dan gaya hidup masyarakat.¹⁸ Sedangkan Menurut penjelasan dari Undang – Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, bahwa sampah adalah sisa dari kegiatan sehari – hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat.¹⁹ Jadi sampah dapat diartikan sebagai barang yang tidak lagi terpakai, tidak diinginkan, atau barang yang dibuang akibat aktivitas manusia dan tidak muncul secara alami.¹⁹

2. Sumber Sampah

Berdasarkan sumber timbulan sampah, terdiri dari beberapa macam diantaranya:

- a. Sampah muncul dari pemukiman tempat tinggal masyarakat, yang umumnya dihasilkan oleh aktivitas keluarga yang tinggal di rumah-rumah dalam suatu lingkungan. Jenis sampah yang biasa muncul cenderung bersifat organik, terbagi menjadi sampah basah dan sampah kering, seperti: sisa makanan, abu, plastik, dan limbah lain.
- b. Sampah juga berasal dari sektor industri, khususnya pabrik yang berkaitan dengan sumber daya alam, seperti perusahaan kayu serta berbagai jenis kegiatan industri, termasuk pengolahan bahan mentah. Jenis sampah yang dihasilkan di lokasi ini biasanya terdiri dari sampah basah, sampah kering, abu, sisa makanan, dan limbah konstruksi.
- c. Sampah dari sektor pertanian, dihasilkan dari hewan atau tanaman di area pertanian, misalnya berasal dari kebun, tempat ternak,

- d. ladang, atau sawah, yang biasanya menghasilkan pupuk untuk tanaman dan pestisida untuk mengendalikan hama.²⁰

3. Jenis Sampah

Berdasarkan sifat kimia unsur pembentuknya, sampah terbagi 2 jenis diantaranya:

a. Sampah Organik

Sampah yang terdiri dari bahan-bahan yang dapat terurai secara alami, seperti sisa makanan, dedaunan, rumput, dan limbah tumbuhan lainnya. Sampah organik ini dapat diuraikan oleh bakteri dan mikroorganisme menjadi kompos yang dapat digunakan sebagai pupuk.

b. Sampah Anorganik

Sampah yang terdiri dari bahan-bahan yang sulit terurai secara alami, seperti kertas, plastik, logam, dan kaca. Sampah anorganik ini biasanya membutuhkan proses daur ulang atau pengelolaan khusus agar dapat diolah kembali menjadi bahan baru atau dikurangi dampaknya terhadap lingkungan.²¹

Sampah padat berdasarkan kondisi fisiknya dikelompokkan menjadi dua diantaranya:

- a. Sampah kondisi basah (*garbage*): Ini adalah sisa-sisa makanan atau sisa hasil sisa makanan; atau sisa-sisa pengelolaan rumah tangga, seperti sampah sayur, yang cepat membusuk dan mengandung air, sehingga menimbulkan bau busuk.
- b. Sampah kondisi kering (*rubbish*) Sampah jenis ini terbagi menjadi dua (dua) jenis:
 - 1) Sampah yang tidak dapat hancur. Jenis sampah ini tidak dapat hancur secara alami, tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama, seperti kaca dan Mika;
 - 2) Sampah yang tidak cepat hancur. Sampah jenis ini dapat hancur secara alami, meskipun sulit untuk dihancurkan. Sampah ini dapat dibagi lagi menjadi sampah yang mudah

terbakar, seperti kertas dan kayu, dan sampah yang tidak mudah terbakar, seperti kaleng bekas dan kawat besi.²⁰

4. Sampah Organik

Sampah organik merupakan sampah yang dapat membusuk atau dapat terurai kembali dengan bantuan bakteri lain. Sampah organik biasanya berasal dari makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Sampah organik bisa dimanfaatkan sebagai pupuk kompos dan biogas.²²

Sampah organik termasuk sampah yang mudah untuk dimanfaatkan kembali dan tidak berbahaya bagi bumi. Namun sampah organik yang tidak dirawat juga dapat menyebabkan gangguan lingkungan berupa munculnya bau tidak sedap yang mengganggu kenyamanan masyarakat sekitar dan menyebabkan lingkungan terlihat kumuh. Oleh karena itu, meskipun dapat terurai dengan mudah, sampah organik juga perlu diperhatikan dengan baik.²³

5. Cara Pengolahan Sampah Organik

Cara pengolahan sampah organik salah satunya adalah pengomposan atau pembuatan pupuk kompos. Pupuk kompos adalah pupuk yang berasal dari penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme. Pupuk kompos organik merupakan pupuk ramah lingkungan yang memiliki ragam manfaat seperti meningkatkan kesuburan tanah, sebagai pemantap agregat tanah, sumber hara untuk tanah dan tanaman serta dapat meningkatkan produktivitas lahan dalam jangka panjang.²⁴

Pupuk adalah bahan yang mengandung satu atau beberapa unsur hara atau nutrisi. Pupuk dibutuhkan oleh tumbuhan untuk mendukung perkembangan agar mampu memproduksi dengan baik. Jenis pupuk sendiri terbagi bermacam-macam berdasarkan asal, senyawa, kandungan unsur hara, bentuk fisik, aplikasi, dan cara, pelepasan haranya. Berdasarkan asalnya terdapat pupuk alam dan buatan, berdasarkan senyawanya ada pupuk organik dan anorganik, berdasarkan kandungan unsur hara ada

pupuk tunggal dan majemuk, berdasarkan bentuknya ada pupuk padat dan cair, berdasarkan aplikasinya ada pupuk daun dan pupuk akar, berdasarkan pelepasan haranya ada pupuk *fast release* dan pupuk *slow release*.²⁵

Manfaat pupuk kompos lainnya yaitu dapat memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah dan akan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba ini membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah. Aktivitas mikroba tanah juga diketahui dapat membantu tanaman menghadapi serangan penyakit.

6. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Dekomposisi Sampah

Dekomposer memegang peranan yang paling penting dalam mendekomposisi sampah. Sebab, organisme-organisme itulah yang akan melakukan pendegradasian terhadap bahan-bahan organik. Setiap organisme pendegradasi bahan organik membutuhkan kondisi lingkungan dan bahan yang berbeda-beda. Apabila kondisinya sesuai, maka dekomposer tersebut akan bekerja untuk mendekomposisi limbah padat organik. Namun, apabila kondisinya kurang sesuai atau tidak sesuai, maka dekomposer tersebut akan bekerja untuk mendekomposisi limbah padat organik. Namun, apabila kondisinya kurang sesuai atau tidak sesuai, maka organisme tersebut akan dorman, pindah ke tempat lain atau bahkan mati. Menciptakan kondisi yang optimal untuk proses pengomposan akan sangat menentukan keberhasilan proses pengomposan itu sendiri. Demi menciptakan kondisi maksimal tersebut, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu sebagai berikut.²⁶

a. Rasio C/N

Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30:1 hingga 40:1. Mikroba akan memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 sampai dengan 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio

C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat.

b. Ukuran partikel

Aktivitas mikroba berada di antara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak di antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil luas partikel tersebut.

c. Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.

d. Porositas

Porositas adalah ruang di antara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplai oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

e. Kelembaban

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan

organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40-60% adalah kisaran optimal untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerob yang menimbulkan bau tidak sedap.

f. Temperatur/suhu

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30-60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

g. pH

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH yang optimal proses pengomposan berkisar antara 6,5 sampai 7,5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6,8 hingga 7,4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri.

h. Kandungan Hara

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan. Jenis dan banyaknya unsur hara sangat ditentukan oleh bahan baku.

i. Kandungan-Kandungan Berbahaya

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nikel, Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.²⁶

B. *Black Soldier Fly*

1. Gambaran Umum *Black Soldier Fly*

Black Soldier Fly (BSF) atau spesies lalat dari ordo Diptera, family *Stratiomyidae* dengan genus *Hermetia*. Jenis serangga ini dapat ditemui di seluruh dunia yang wilayahnya beriklim tropis dan subtropis pada garis lintang 40°S dan 45°U.²



Gambar 2.1 Peta Persebaran *Hermetia illucens*²

2. Taksonomi *Black Soldier Fly* (BSF)

Hermetia illucens (Diptera; *Stratiomyidae*) merupakan lalat yang sering dikenal dengan sebutan *Black Soldier Fly* (BSF) yang berasal dari Amerika dengan iklim tropis dan hangat, lalat tentara ini sudah banyak ditemukan di beberapa wilayah di dunia termasuk di Indonesia. BSF memiliki klasifikasi taksonomi sebagai berikut.²⁷

- a. Filum : Arthropoda
- b. Kelas : Insecta
- c. Ordo : Diptera
- d. Family : *Stratiomyidae*
- e. Genus : *Hermetia*

f. Spesies : *Hermetia illucens*



Gambar 2.2 Imago *Hermetia illucens*:

a) betina, dan b) jantan²⁷

3. Siklus Hidup *Black Soldier Fly*

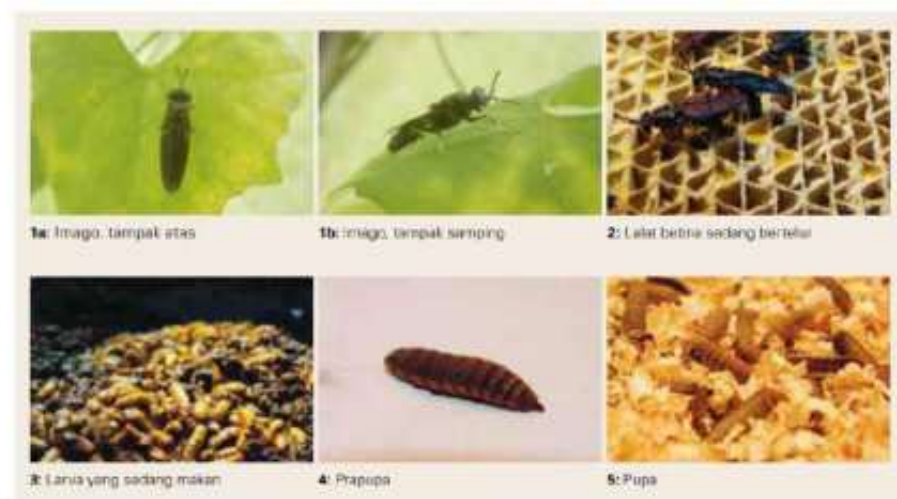
Dalam siklus hidup *Hermetia illucens*, telur menandakan permulaan siklus hidup sekaligus berakhirnya fase hidup sebelumnya, di mana seekor lalat dapat mengeluarkan sekelompok telur meletakkan satu kelompok telur (juga biasa disebut ovipositing). Satu lalat betina dapat meletakkan sekitar 400 hingga 800 telur di dekat bahan organik yang membusuk dan memasukkannya ke dalam rongga-rongga yang kecil, kering, dan terlindung.

Lalat betina tersebut akan mati tidak lama setelah bertelur. Telur-telur tersebut diletakkan dekat dengan bahan organik yang membusuk supaya saat menetas nanti, larva-larvanya dapat dengan mudah menemukan sumber makanan terdekat yang berada di sekitar mereka. Tempat dalam rongga-rongga yang terlindung dari pengaruh lingkungan dapat menjaga telur dari ancaman predator, dan sinar matahari langsung yang dapat menghilangkan kadar air pada telur.

Pada umumnya, telur-telur tersebut menetas setelah empat hari. Larva yang baru menetas, berukuran sangat kecil sehingga nyaris tidak terlihat, akan segera mencari makan dan memakan sampah organik di dekatnya. Larva akan memakan bahan organik yang membusuk tersebut dengan rakus, sehingga ukuran tubuhnya yang awalnya hanya beberapa millimeter akan bertambah panjangnya menjadi 2.5 cm dan lebarnya 0.5

cm, serta warnanya menjadi agak seperti krem. Perbedaan fase hidup BSF dapat dilihat di

Dalam kondisi optimal dengan kualitas dan kuantitas makanan yang ideal, pertumbuhan larva akan berlangsung selama 14-16 hari. Namun, larva BSF merupakan serangga yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi, yang yang elastic dan mampu memperpanjang siklus hidupnya dalam kondisi yang kurang menguntungkan sekalipun. BSF hanya makan saat masih di fase larva. Maka, pada fase perkembangan larva inilah mereka menyimpan cadangan lemak dan protein hingga cukup bagi mereka untuk berpupa, menetas menjadi lalat, menemukan pasangan, kawin, dan bertelur (untuk lalat betina) sebelum akhirnya mati.



Gambar 2.3 Siklus Hidup *Hermetia illucens*

Bentuknya seperti kait dan warnanya menjadi cokelat tua hingga abu-abu arang. Mulut berbentuk kait ini memudahkan prapupa untuk keluar dan berpindah dari sumber makanannya ke lingkungan baru yang kering, bertekstur seperti humus, teduh, dan terlindung atau aman dari predator. Di tempat inilah imago muncul dari pupa dan kemudian terbang tanpa adanya halangan berarti. Pupasi merupakan proses perubahan dari pupa menjadi lalat.

Fase pupasi dimulai saat prapupa menemukan tempat yang cocok bagi tubuhnya dan berhenti bergerak serta menjadi kaku. Supaya proses

pupasi berhasil, sebaiknya tempat pupasi memiliki kondisi lingkungan yang tidak banyak mengalami perubahan, atau dengan kata lain tempat yang selalu hangat, teduh, dan kering (terlindung dari hujan). Pupasi memerlukan waktu sekitar dua sampai tiga minggu. Berakhirnya pupasi ditandai dengan keluarnya lalat dari cangkang pupa. Proses keluarnya lalat ini berlangsung sangat singkat. Dalam waktu kurang dari lima menit, lalat sudah berhasil membuka bagian pupa yang dulunya merupakan bagian kepala, kemudian merayap keluar, mengeringkan dan mengembangkan sayapnya lalu terbang.

Setelah keluar, lalat hidup sekitar satu minggu. Dalam masa hidupnya yang singkat, lalat akan mencari pasangan, kawin, dan bertelur (untuk lalat betina). Saat menjadi lalat, BSF tidak makan dan hanya membutuhkan sumber air dan permukaan yang lembab untuk menjaga tubuhnya agar tetap terhidrasi. Dalam fase hidup ini, yang terpenting adalah tersedianya cahaya alami yang cukup dan suhu yang hangat (25-32°C). Lingkungan yang lembab dapat memperpanjang lama hidup lalat sehingga meningkatkan peluang keberhasilan reproduksi. Menurut hasil penelitian, lalat BSF lebih memilih melakukan perkawinan di pagi hari yang terang. Setelah itu, lalat betina mencari tempat yang cocok untuk meletakkan telurnya, seperti yang telah dijelaskan di atas.

4. Kondisi Lingkungan & Sumber Makanan

Kondisi lingkungan dan sumber makanan yang optimal bagi larva yaitu iklim yang hangat dengan suhu ideal berkisar antara 30°C hingga 36°C. Jika terlalu panas, larva akan keluar dari sumber makanannya untuk mencari tempat yang lebih dingin. Jika terlalu dingin, metabolisme larva menjadi lebih lambat, akibatnya larva makan lebih sedikit sehingga pertumbuhannya pun menjadi lambat. Kemudian lingkungan yang teduh juga baik bagi perkembangan larva BSF. Larva menghindari cahaya dan selalu mencari lingkungan yang teduh dan jauh dari cahaya matahari. Jika sumber makanannya terpapar cahaya, larva akan berpindah ke lapisan sumber makanan yang lebih dalam untuk menghindari cahaya tersebut.

Kemudian kandungan air dalam makanan harus cukup lembab dengan kandungan air antara 60% sampai 90% supaya dapat dicerna oleh larva.

Kebutuhan nutrisi pada makanan juga harus diperhatikan, bahan-bahan yang kaya protein dan karbohidrat dapat menghasilkan pertumbuhan yang baik bagi larva. Penelitian yang sudah berlangsung menunjukkan bahwa sampah yang telah melalui proses penguraian bakteri atau jamur kemungkinan akan lebih mudah dikonsumsi oleh larva. Ukuran partikel makanan juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi karena larva tidak memiliki bagian mulut untuk mengunyah, maka nutrisi akan mudah diserap jika substratnya berupa bagian-bagian kecil atau bahkan dalam bentuk cair atau seperti bubur.²⁸

5. Karakteristik *Black Soldier Fly*

Karakteristik utama dari BSF adalah kemampuannya dalam mengolah limbah organik dan mengubahnya menjadi biomassa yang bernutrisi tinggi. Berikut adalah beberapa ciri khas BSF:

- a. **Larva:** Larva BSF memiliki bentuk tubuh ramping dan panjang, dengan kemampuan yang luar biasa untuk mengurai bahan organik. Mereka memakan hampir semua jenis bahan organik yang dapat terurai secara alami, termasuk sisa makanan, kotoran hewan, dan bahkan material seperti kertas.
- b. **Lalat Dewasa:** Lalat dewasa BSF tidak memiliki mulut dan tidak mengonsumsi makanan. Mereka hanya hidup untuk kawin dan bertelur. Masa hidup mereka sangat singkat, sekitar 5-8 hari.
- c. **Kemampuan Mengurai Limbah:** BSF memiliki kemampuan metabolisme yang tinggi untuk mengurai bahan organik, menjadikannya salah satu pengurai yang paling efisien di alam.²⁹

6. Pemanfaatan *Black Soldier Fly*

Pemanfaatan BSF sangat luas, dan berikut adalah beberapa bidang utama di mana BSF dapat dimanfaatkan:

- a. **Pengelolaan Limbah Organik:** BSF memainkan peran penting dalam mengurangi limbah organik dengan mengubahnya menjadi

produk bernutrisi. Limbah organik yang biasa menumpuk di tempat pembuangan akhir (TPA) dapat diolah oleh larva BSF untuk mengurangi dampak lingkungan.

- b. **Pakan Ternak:** Larva BSF mengandung kadar protein yang sangat tinggi, menjadikannya alternatif yang sangat baik untuk pakan ternak, baik untuk ikan, unggas, maupun hewan peliharaan. Pakan ini lebih efisien dibandingkan dengan pakan konvensional berbahan baku kedelai atau ikan.³⁰
- c. **Pupuk Organik:** Sisa kotoran dari larva BSF, yang dikenal dengan nama frass, dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang kaya nutrisi. Frass mengandung bahan organik yang dapat meningkatkan kualitas tanah dan memperbaiki kesuburan tanah.³¹

C. Fermentasi

Fermentasi (bahasa Belanda: *fermentatie*, bahasa Inggris: *fermentation*) atau peragian adalah proses produksi energi dalam sel dengan keadaan anaerobik (tanpa oksigen) yang menghasilkan perubahan biokimia organik melalui aksi enzim. Fermentasi adalah suatu bentuk respirasi anaerobik secara umum, tetapi ada definisi yang lebih tepat yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik tanpa kehadiran akseptor elektron eksternal. Contoh fermentasi dapat ditemui dalam pembuatan roti, minuman anggur (bir) dan pembuatan keju. Gula adalah bahan umum dalam fermentasi. Beberapa contoh produk fermentasi adalah etanol, asam laktat dan hidrogen. Namun, beberapa komponen lain juga dapat dihasilkan dari fermentasi, seperti asam butirat dan aseton. Ragi adalah bahan fermentasi yang umum digunakan untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur, dan minuman beralkohol lainnya. Respirasi anaerob (tanpa akseptor elektron eksternal) pada otot mamalia selama kerja keras dapat diklasifikasikan sebagai bentuk fermentasi yang menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingan. Akumulasi asam laktat ini dapat menyebabkan kelelahan otot.³²

EM4 merupakan salah satu starter yang digunakan dalam proses fermentasi terutama dalam proses pembuatan kompos dari sisa bahan organik. EM4 sendiri mengandung 90% bakteri *Lactobacillus* sp. (bakteri penghasil asam laktat) pelarut fosfat, bakteri fotosintetik, *Streptomyces* sp, jamur pengurai selulosa dan ragi. EM4 merupakan suatu tambahan untuk mengoptimalkan pemanfaatan zat-zat makanan karena bakteri yang terdapat dalam EM4 dapat mencerna selulosa, pati, gula, protein, lemak. (960 article text).

1. Proses Fermentasi

a. Fermentasi Aerob

Fermentasi aerob adalah proses penguraian bahan organik dengan bantuan mikroorganisme dalam kondisi tersedia oksigen. Berbeda dengan fermentasi anaerob yang berlangsung tanpa udara, fermentasi aerob membutuhkan aliran udara yang cukup agar mikroorganisme pengurai, seperti bakteri nitrifikasi dan jamur aerob, dapat berkembang secara optimal. Proses ini umumnya terjadi pada tumpukan terbuka atau dalam wadah berlubang yang memungkinkan sirkulasi udara. Selama fermentasi berlangsung, suhu akan meningkat akibat aktivitas mikroba, dan bahan organik akan terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana, menghasilkan panas, karbon dioksida (CO_2), dan uap air. Proses ini berlangsung selama beberapa hari, tergantung pada jenis bahan, suhu lingkungan, dan intensitas pengadukan.

b. Fermentasi Anaerob

Fermentasi anaerob adalah proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen. Proses ini dilakukan dalam wadah tertutup rapat agar tidak ada udara yang masuk, sehingga mikroorganisme anaerob seperti bakteri asam laktat dapat berkembang dan memfermentasi substrat. Fermentasi ini menghasilkan senyawa-senyawa seperti asam

organik (misalnya asam asetat dan asam laktat), gas metana, serta senyawa lain yang dapat memperkaya nilai nutrisi dari bahan organik. Pada pengolahan sampah organik seperti buah dan sayur, fermentasi anaerob biasanya berlangsung selama 5 hingga 12 hari dan ditandai dengan munculnya aroma asam seperti tapai. Proses ini tidak memerlukan pengadukan dan umumnya menggunakan aktivator atau starter seperti MOL (Mikroorganisme Lokal), EM4, atau ragi untuk mempercepat fermentasi. Dalam konteks biokonversi oleh larva *Black Soldier Fly* (BSF), fermentasi anaerob berfungsi untuk melunakkan substrat, menurunkan pH, dan menekan pertumbuhan mikroba patogen, sehingga substrat menjadi lebih mudah dicerna dan aman untuk dikonsumsi oleh maggot. Selain itu, proses ini juga membantu meningkatkan efisiensi penguraian limbah serta kualitas hasil kass (kotoran maggot) yang dihasilkan.

Sampah sayur dan sampah buah yang akan digunakan sebagai sampel biokonversi oleh *Maggot Black Soldier Fly* difermentasi terdahulu dengan metode anaerob agar melunakkan substrat, menurunkan pH, dan menekan pertumbuhan mikroba patogen, sehingga substrat menjadi lebih mudah dicerna dan aman untuk dikonsumsi oleh maggot.

D. WRI (*Waste Reduction Index*)

Pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan Larva BSF menjadi salah satu teknologi terbaru dengan nilai ekonomi yang tinggi dibandingkan dengan teknologi pengolahan sampah organik lain. Berdasarkan hasil penelitian, perbandingan reduksi sampah organik menggunakan larva BSF dengan serangga lain, menunjukkan bahwa larva BSF memiliki percepatan reduksi paling baik. Reduksi sampah organik dapat diukur dari perbedaan berat awal sampah dan berat akhir yang telah diberikan kepada larva BSF dalam setiap reaktornya. Pertumbuhan panjang dan berat larva BSF

akan mencerminkan tingkat reduksi sampah organiknya. Terdapat faktor lain penentu nilai reduksi sampah organik yaitu tingkat kematian, keadaan lingkungan, dan jenis umpan yang diberikan kepada larva BSF. Larva BSF cenderung akan mengkonsumsi umpan yang mereka sukai terlebih dahulu, artinya jika terdapat 2 atau lebih jenis sampah yang berbeda dalam satu tempat perkembangbiakannya larva BSF akan mengkonsumsi umpan yang lunak, rendah serat dan bernutrisi terlebih dahulu. Sehingga menyebabkan perbedaan bobot dan panjang antara larva satu dengan lainnya.¹⁷

Waste Reduction Indeks (WRI) merupakan perhitungan untuk mengetahui kemampuan larva BSF mengkonsumsi umpan dalam waktu yang ditentukan. Nilai WRI mencerminkan palatabilitas atau kesukaan larva BSF memilih makanannya. Kuantitas pemberian umpan yang tidak seimbang dengan jumlah larva BSF akan mempengaruhi nilai WRI.¹⁷

Rumus WRI (*Waste Reduction Index*)

$$D = \frac{W-R}{W}$$

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$

Keterangan :

D = Penurunan pakan total (g)

W = Jumlah pakan total (g)

R = Sisa pakan total setelah waktu tertentu (g)

WRI = Indeks pengurangan limbah (*Waste Reduction Index*) (%/hari)

T = Total waktu larva memakan pakan (hari)

E. Biokonversi

1. Biokonversi Limbah Organik

Biokonversi adalah proses pengolahan limbah organik menjadi produk yang lebih bernilai menggunakan organisme pengurai, seperti mikroorganisme, jamur, atau serangga. Proses ini tidak hanya berfungsi untuk mengurangi jumlah limbah yang terbuang, tetapi juga menghasilkan produk bernilai ekonomis, seperti pakan ternak, pupuk organik, dan bioenergi. Biokonversi menggunakan serangga, khususnya larva *Black*

Soldier Fly (Hermetia illucens), menjadi salah satu metode yang semakin banyak diterapkan dalam pengelolaan limbah organik. Biokonversi limbah organik menggunakan larva BSF dapat menghasilkan produk pakan ternak yang sangat bernutrisi, serta pupuk organik yang kaya akan unsur hara untuk mendukung keberlanjutan pertanian. Proses biokonversi ini mengubah bahan organik, seperti sampah rumah tangga, limbah pertanian, atau limbah industri makanan, menjadi bahan baku yang lebih berguna. Limbah yang terkelola dengan baik dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan memberikan alternatif dalam pengelolaan sampah yang ramah lingkungan.³³

2. Penggunaan *Black Soldier Fly* pada Biokonversi

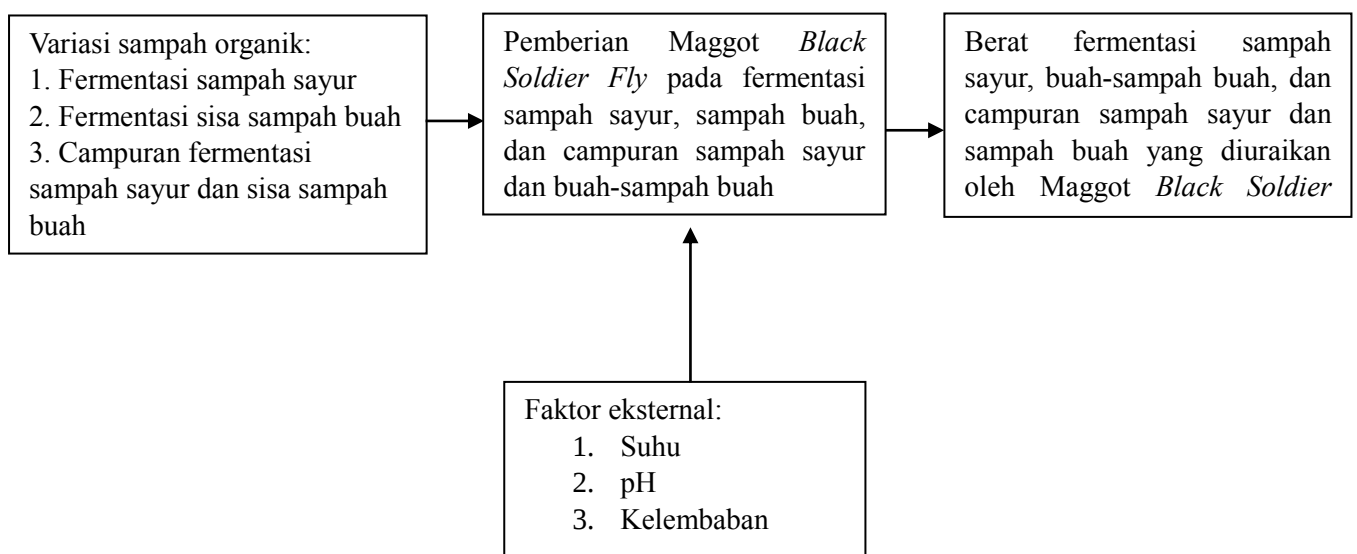
Black Soldier Fly (BSF) telah diidentifikasi sebagai salah satu organisme yang efisien dalam mengubah limbah organik menjadi produk yang bernilai. Larva BSF mampu mengkonsumsi berbagai jenis limbah organik, termasuk sisa makanan, limbah pertanian, dan kotoran hewan. Larva BSF memiliki kandungan protein dan lemak yang tinggi, sehingga sangat potensial digunakan sebagai pakan alternatif untuk ternak dan ikan. Proses ini sangat efisien karena BSF dapat berkembang dalam waktu singkat dan menghasilkan biomassa larva yang berkualitas. Selain itu, kotoran atau pupuk yang dihasilkan oleh larva BSF juga memiliki kualitas yang sangat baik untuk digunakan dalam pertanian. Pupuk organik yang dihasilkan dari kotoran larva BSF kaya akan unsur hara yang sangat bermanfaat bagi kesuburan tanah.³⁴

3. Proses Biokonversi dengan *Black Soldier Fly*

Proses biokonversi menggunakan larva BSF diawali dengan pengumpulan limbah organik yang kemudian diberikan kepada larva BSF sebagai pakan. Limbah organik tersebut dapat berupa sampah rumah tangga, sisa makanan, atau limbah pertanian. Larva BSF akan mengkonsumsi limbah tersebut dan mengubahnya menjadi biomassa yang kaya akan protein, lemak, dan mineral. Setelah beberapa waktu, larva BSF dapat dipanen untuk dijadikan pakan ternak atau ikan.³⁵

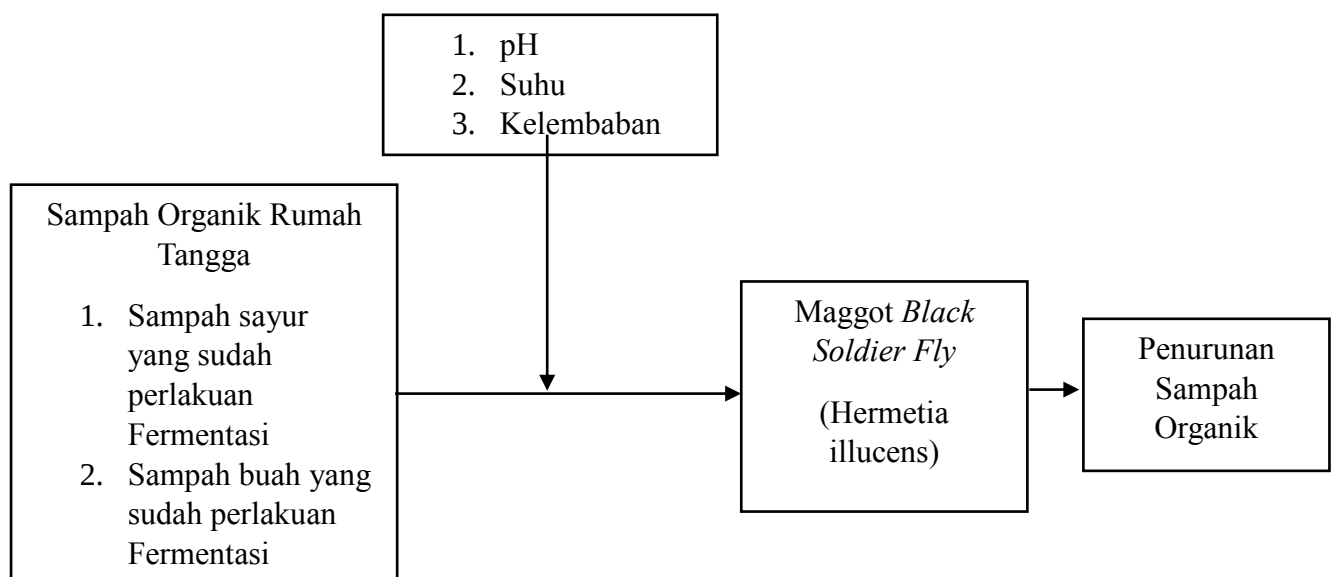
Selain biomassa larva yang berguna sebagai pakan, sisa hasil proses pengolahan larva BSF, yaitu kotoran atau pupuk, memiliki nilai yang sangat tinggi bagi pertanian. Pupuk organik ini mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang dapat meningkatkan kesuburan tanah secara alami.³⁶

F. Kerangka Teori



Sumber : Buku Proses Pegolahan Sampah Organik dengan *Black Soldier Fly*.²

G. Kerangka Konsep



H. Definisi Operasional

Tabel 2.1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Variabel Dependen					
Larva Black Soldier Fly	Organisme yang dapat berfungsi mengurai / biokonversi sampah organik (fermentasi sampah sayur dan sampah buah)	Pengukuran	Timbangan	gr	Rasio
Variabel Independen					
Fermentasi sampah sayur	Sampah sayur yang sudah difermentasi	Pengukuran	Timbangan	gr	Rasio
Fermentasi sampah buah	Sampah buah yang sudah difermentasi	Pengukuran	Timbangan	gr	Rasio
Variabel Samping					
Suhu terukur	Temperatur yang terukur selama proses penguraian oleh maggot Black Soldier Fly	Diukur	Thermometer	°C	Interval
pH terukur	Skala yang menunjukkan tingkat keasaman saat proses penguraian sampah buah dan sampah sayur oleh maggot Black Soldier Fly	Diukur	pH meter		Interval
Kelembaban terukur	Tingkat kandungan air dalam sampah	Diukur	Hygrometer	%	Interval

buah dan sampah
sayur saat proses
penguraian ***maggot***
Black Soldier Fly

I. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini yaitu adanya perbedaan proses biokonversi fermentasi sampah sayur dan sampah buah dengan pemanfaatan Maggot *Black Soldier Fly* secara signifikan terhadap kontrol.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah eksperimen murni dengan desain penelitian pre – test dan post – test untuk mengetahui perbedaan proses biokonversi sampah organik rumah tangga berupa sampah sayur dan sampah buah setelah fermentasi dengan menggunakan Maggot *Black Soldier Fly*.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Usaha Budidaya Maggotify Tabing Banda Gadang. Waktu penelitian dimulai bulan Februari – Juni Tahun 2025.

C. Subjek dan Objek

Subjek dalam penelitian ini yaitu Maggot *Black Soldier Fly* dan objek dalam penelitian ini yaitu sampah organik rumah tangga yang sudah difermentasi.

D. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui hasil penelitian dan pengamatan langsung yang dilakukan oleh peneliti di Usaha Budidaya Maggotify Tabing Banda Gadang.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui jurnal, artikel, dan buku yang berkaitan dengan penelitian.

E. Prosedur Penelitian

1. Alat

Tabel 3.1 Alat

No.	Alat	Jumlah (buah)
1.	Wadah eksperimen	18
2.	Termometer	1
3.	Hygrometer	1
4.	pH meter	1
5.	Timbangan	1
6.	Pisau	1

2. Bahan

Tabel 3.2 Bahan

No.	Bahan	Jumlah
1.	Larva <i>Black Soldier Fly</i>	400 ekor
2.	Fermentasi sampah sayur	100 mg/larva/hari
3.	Fermentasi sisa buah - sampah buah	100 mg/larva/hari

3. Cara / Langkah Penelitian

	sampah sayur (wadah A)	sampah buah (wadah B)	sampel kontrol
Pengulangan 1	Fermentasi sampah sayur 280 gram + 400 ekor larva	Fermentasi sampah buah 280 gram + 400 ekor larva	Fermentasi sampah sayur 140 gram dan sampah buah 140 gram
Pengulangan 2	Fermentasi sampah sayur 280 gram + 400 ekor larva	Fermentasi sampah buah 280 gram + 400 ekor larva	Fermentasi sampah sayur 140 gram dan sampah buah 140 gram

Pengulangan 3

Fermentasi sampah sayur 280 gram + 400 ekor larva	Fermentasi sampah buah 280 gram + 400 ekor larva	Fermentasi sampah sayur 140 gram dan sampah buah 140 gram
---	--	---

- Pakai alat pelindung diri seperti masker dan sarung tangan.
- Siapkan sampah sayur dan sampah buah.
- Fermentasi sampah buah dan sampah sayur menggunakan EM4, gula, air dengan perbandingan 1 Liter air untuk 10 gram gula dan 10 gram EM 4. Kemudian siapkan wadah tertutup rapat untuk melakukan proses fermentasi, tunggu selama minimal 3 hari untuk memastikan proses fermentasi berjalan.
- Timbang fermentasi sampah sayur 40 gr masukkan kedalam wadah A
- Timbang fermentasi sampah buah 40 gr masukkan kedalam wadah B
- Untuk wadah kontrol timbang masing-masing sampel dengan perbandingan 1:1 dengan total berat 40 gr.
- Siapkan Larva Maggot *Black Soldier Fly* yang berumur 6 hari dengan menghitung masing- masing 400 ekor larva dan masukkan ke wadah A dan wadah B.
- Lakukan pemeriksaan setiap hari dan catat pengurangan sampah dengan cara ditimbang.
- Lakukan penelitian selama 7 hari dan lakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk meminimalisir kegagalan.
- Hitung pengurangan sampah yang terjadi di setiap perlakuannya.
- Masukan kedalam rumus WRI (*Waste Reduction Index*).

Rumus WRI (*Waste Reduction Index*) :

$$D = \frac{W - R}{W}$$

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$

Keterangan :

D = penurunan pakan total (g)

W = jumlah pakan total (g)

R = sisa pakan total setelah waktu tertentu (g)

WRI = indeks pengurangan limbah (*Waste Reduction Index*) (%/hari)

t = total waktu larva memakan pakan (hari)

F. Analisis Data

Pada analisis data, untuk mengetahui presentase pengurangan berat sampel dengan menggunakan rumus WRI (*waste Reduction Index*) setiap harinya dan untuk menentukan rata-rata sampel fermentasi sampah sayur dan sampah buah terhadap hasil penurunan digunakan uji anova.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Setelah melakukan penelitian selama 7 hari di tempat usaha Maggotify didapat hasil sebagai berikut:

1. Hasil Fermentasi Sampah Sayur dan Sampah Buah

Sampah sayur dan sampah buah difermentasi selama 5 – 12 hari menggunakan metode anaerob. Sampah sayur dan sampah buah yang didapat setelah proses fermentasi berbau asam menyengat dan tekstur lunak berair karena proses anaerob tertutup rapat dengan mencegah paparan oksigen, sampah hasil fermentasi ini memiliki pH asam yaitu berkisar 4-5.

2. Data Pengamatan Sampel dan Nilai WRI

Tabel 4.1 Data Pengamatan Biokonversi Fermentasi Sampah Sayur
Oleh *Maggot Black Soldier Fly*

Hari Ke -	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Pengurangan Berat (gr)	WRI (%)
1	40	14,8	25,2	63
2	40	9,9	30,1	75,25
3	40	4,6	35,4	88,5
4	40	3,2	36,8	92
5	40	7,7	32,3	80,75
6	40	9,5	30,5	76,25
7	40	12,3	27,7	69,25
Total		62	218	

Sumber : Hasil Pengamatan Penulis, 2025

Tabel diatas merupakan hasil pengamatan sampel fermentasi sampah sayur selama 7 hari dan persentase pengurangan sampel dengan menggunakan rumus WRI (*Waste Reduction Index*). Penurunan sampel paling signifikan terjadi pada hari ke-4 yaitu sebesar 36,8 gram dengan persentase pengurangan 92%. Penurunan sampel paling sedikit terjadi pada hari ke-1 yaitu sebesar 25,2 gram dengan persentase 63%.

Tabel 4.2 Data Pengamatan Biokonversi Fermentasi Sampah Buah
Oleh *Maggot Black Soldier Fly*

Hari Ke -	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Pengurangan Berat (gr)	WRI (%)
1	40	14,4	25,6	64
2	40	11,6	28,4	71
3	40	7,9	32,1	80,25
4	40	6,4	33,6	84
5	40	4,8	35,2	88
6	40	10,8	29,2	73
7	40	14,9	25,1	62,75
Total		70,8	209,2	

Sumber : Hasil Pengamatan Penulis, 2025

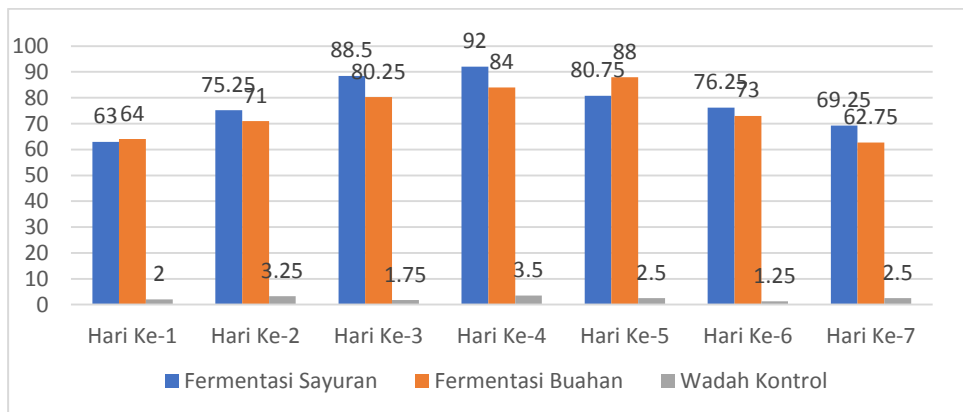
Tabel diatas merupakan hasil pengamatan sampel fermentasi sampah buah selama 7 hari dan persentase pengurangan sampel dengan menggunakan rumus WRI (*Waste Reduction Index*). Penurunan sampel paling signifikan terjadi pada hari ke-4 yaitu sebesar 35,2 gram dengan persentase pengurangan 88%. Penurunan sampel paling sedikit terjadi pada hari ke-7 yaitu sebesar 25,1 gram dengan persentase 62,75%.

Tabel 4.3 Data Pengamatan Kontrol Tanpa *Maggot Black Soldier Fly*

Hari Ke -	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Pengurangan Berat (gr)	WRI (%)
1	40	39,2	0,8	2
2	40	38,7	1,3	3,25
3	40	39,3	0,7	1,75
4	40	38,6	1,4	3,5
5	40	39	1	2,5
6	40	39,5	0,5	1,25
7	40	39	1	2,5
Total		273,3	6,7	

Sumber : Hasil Pengamatan Penulis, 2025

Tabel diatas merupakan hasil pengamatan wadah kontrol selama 7 hari dan persentase pengurangan sampel dengan menggunakan rumus WRI (*Waste Reduction Index*). Penurunan sampel paling signifikan terjadi pada hari ke-4 yaitu sebesar 1,4 gram dengan persentase pengurangan 3,5%. Penurunan sampel paling sedikit terjadi pada hari ke-6 yaitu sebesar 0,5 gram dengan persentase 1,25%.



Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025

Gambar 4.1 Diagram Nilai WRI Biokonversi Fermentasi Sampah Sayur, Fermentasi Sampah Buah Dengan *Maggot Black Soldier Fly* dan Kontrol Tanpa *Maggot Black Soldier Fly*.

Diagram diatas menunjukan nilai WRI dalam setiap hari selama 7 hari penelitian. Pada diagram fermentasi sampah sayur terdapat persentase penurunan tertinggi terjadi pada hari ke-4 dengan nilai 92% dan nilai presentase terendah pada hari ke-1 dengan nilai 63%. Nilai WRI untuk fermentasi sampah buah tertinggi terjadi pada hari ke-5 sebesar 88% dan presentase terendah pada hari ke-1 sebesar 64%. Presentase untuk kontrol juga mengalami penurunan tetapi tidak signifikan yaitu pada hari ke-6 sebesar 1,25% dan tertinggi pada hari ke-4 sebesar 3,5%.

Hasil perhitungan nilai pengurangan sampel tiap harinya digunakan rumus WRI yang terdapat pada tinjauan pustaka. Rumus WRI sebagai berikut:

a. Sampel fermentasi sampah sayur hari ke-1

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 14,8}{40} = \frac{25,2}{40} = 0,63$$

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$

$$WRI = \frac{0,63}{1} \times 100 = 63 \%$$

Hasil 63 % berarti tingkat penurunan sampel fermentasi sampah sayur pada hari ke-1 sebesar 63%. Perhitungan hari ke-2 sampai hari ke-7 terdapat pada lampiran.

b. Sampel fermentasi sampah buah hari ke-1

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 14,4}{40} = \frac{25,6}{40} = 0,64$$

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$

$$WRI = \frac{0,64}{1} \times 100 = 64 \%$$

Hasil 64 % berarti tingkat penurunan sampel fermentasi sampah buah pada hari ke-1 sebesar 64%. Perhitungan hari ke-2 sampai hari ke-7 terdapat pada lampiran.

c. Sampel kontrol hari ke-1

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 39,2}{40} = \frac{0,8}{40} = 2$$

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$

$$WRI = \frac{2}{1} \times 100 = 2 \%$$

Hasil 2 % berarti tingkat penurunan sampel kontrol pada hari ke-1 sebesar 2%. Perhitungan hari ke-2 sampai hari ke-7 terdapat pada lampiran.

3. Analisis Data Penelitian

Data eksperimen yang telah didapatkan kemudian dilakukan analisis menggunakan uji anova dengan sebelumnya dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas.

Tabel 4.4 Hasil Uji Normalitas

Wadah	Kolmogorov			Shapiro - Wilk		
	Statistik	Distribusi frekuensi	Nilai Probabilitas	Statistik	Distribusi Frekuensi	Nilai Probabilitas
Fermentasi Sampah sayur	0.137	7	0,200	0,973	7	0,920
Fermentasi Sampah buah	0.150	7	0,200	0,939	7	0,632
Kontrol	0.162	7	0,200	0,913	7	0,415

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025

Tabel diatas merupakan tabel uji normalitas, hasil uji normalitas ini untuk menentukan data yang didapat terdistribusi normal atau tidak karna hasil uji data berdistribusi normal maka lanjut untuk uji homogenitas.

Hasil uji normalitas data sampel fermentasi sampah sayur dengan nilai yaitu Sig. $p(0,920) > 0,05$ maka data terdistribusi normal. Hasil uji normalitas data sampel fermentasi sampah buah dengan nilai yaitu Sig. $p(0,632) > 0,05$ maka data terdistribusi normal. Hasil uji normalitas data sampel kontrol dengan nilai yaitu Sig. $p(0,415) > 0,05$ maka data terdistribusi normal.

Hasil uji homogenitas menunjukkan dari ketiga data, didapat nilai Sig $p = (0,758) > 0,05$ maka data setelah hasil uji homogenitas dapat dikatan variannya homogen. Uji Homogenitas mempengaruhi penentuan uji lanjut dalam pengujian *Pos Hoc*, karena varian data yang didapat homogen maka untuk uji lanjut *Pos Hoc* digunakan Uji lanjut *Bonferroni*.

Tabel 4.5 Hasil Uji *One – Way Anova*

	Total Variasi	Distribusi Frekuensi	Nilai Rata-Rata	Hasil Perbandingan	Nilai Probabilitas
Antar Kelompok	4082.447	2	2041.223	191.721	0,001
Didalam Kelompok	191.643	18	10.647		
Total	4274.090	2			

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025

Tabel 4.5 merupakan hasil uji anova, dari kolom Sig yang didapat nilai yaitu sebesar $p = 0,001 < 0,05$ berarti bahwa adanya perbedaan secara signifikan disetiap sampel.

Tabel 4.6 Hasil Uji *Pos Hoc*

(I) Wadah	(J) Wadah	Selisih Rata - Rata(I-J)	Standar Error	Nilai Probabilitas	Tingkat Kepercayaan (95%)	
					Batas Bawah	Batas Atas
Fermentasi Sampah sayur	Fermentasi Sampah buah	1.257	1.7441	1	-3.346	5.860
	Kontrol	30.1857	1.7441	0.001	25.583	34.789
Fermentasi Sampah buah	Fermentasi Sampah sayur	-1.257	1.7441	1	-5.860	3.346
	Kontrol	28.9286	1.7441	0.001	24.326	33.532
Kontrol	Fermentasi sampah sayur	-30.1857	1.7441	0.001	- 34.789	-25.583
	Fermentasi Sampah buah	-28.9286	1.7441	0.001	- 33.532	-24.326

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025

Tabel diatas merupakan hasil uji *Pos Hoc* untuk melihat perbedaan antar sampel. Uji *Pos Hoc* untuk sampel fermentasi sampah sayur dengan fermentasi sampah buah didapat nilai Sig $p = (1 > 0,05)$ berarti tidak adanya perbedaan yang signifikan antar kedua sampel. Sampel fermentasi sampah sayur dengan sampel kontrol didapat nilai Sig $p = (0,001 < 0,05)$ berarti adanya perbedaan yang signifikan antar kedua sampel. Sampel fermentasi sampah buah dengan sampel kontrol didapat nilai Sig $p = (0,001 < 0,05)$ berarti adanya perbedaan yang signifikan antar kedua sampel.

4. Faktor Lain (Suhu, pH, Kelembaban)

Hasil pengukuran Suhu, pH, dan kelembaban selama proses penelitian didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 Pemeriksaan Fisik Biokonversi Fermentasi Sampah Sayur
Oleh *Maggot Black Soldier Fly*

Hari	Hasil Pengukuran								
	pH			Suhu (°C)			Kelembaban (%)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6	6,5	6,5	25	25	25	100	100	100
2	6	7	7,5	28	28	28	100	100	100
3	6,5	6,5	7,5	28	28	28	90	90	100
4	6,5	7,5	7	27	27	27	80	80	100
5	7	8	7	28	25	25	80	80	100
6	7,5	7,5	7,5	29	25	29	60	65	75
7	7,8	8	8	30	29	28	65	70	75

Sumber : Hasil Pengamatan Penulis, 2025

Tabel diatas merupakan hasil pengukuran fermentasi sampah sayur. Didapatkan hasil pengukuran suhu tertinggi yaitu 30°C pada hari ke 7, pH tertinggi yaitu 8 tercatat pada beberapa hari penelitian dan terendah menyentuh angka 6, kelembaban tertinggi yaitu 100 dan terendah menyentuh angka 60.

Tabel 4.8 Pemeriksaan Fisik Biokonversi Fermentasi Sampah Buah

Oleh *Maggot Black Soldier Fly*

Hari	Hasil Pengukuran								
	pH			Suhu (°C)			Kelembaban (%)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6,5	6	6,5	25	25	25	100	100	100
2	6,5	6,5	6,5	26	28	25	100	100	100
3	7	7	7	28	27	27	100	95	100
4	7,5	7,5	7	27	27	26	85	95	100
5	7,5	7,5	7,5	24	25	26	80	80	95
6	7,5	8	8	27	27	27	75	80	80
7	8	7,5	7,5	27	27	27	75	80	80

Sumber : Hasil Pengamatan Penulis, 2025

Tabel 4.8 merupakan hasil pengukuran fisik biokonversi fermentasi sampah buah. Didapatkan hasil pengukuran suhu tertinggi yaitu 28 °C dan terendah menyentuh angka 24 °C , pH tertinggi yaitu 8 dan terendah 6, kelembaban tertinggi yaitu 100 dan terendah yaitu diangka 80.

Tabel 4.9 Pemeriksaan Fisik Kontrol Tanpa *Maggot Black Soldier Fly*

Hari	Hasil Pengukuran								
	pH			Suhu (°C)			Kelembaban (%)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6	6,5	6,5	26	26	26	100	100	100
2	6	6,5	6	26	29	26	100	100	100
3	6,5	6	6	28	28	28	100	100	100
4	6,5	6	6,5	27	27	27	100	100	100
5	6,5	7	6,5	26	26	27	100	100	100
6	7	7	7,5	27	28	28	90	95	95
7	7	7,5	7,5	27	27	27	85	80	80

Sumber : Hasil Pengamatan Penulis, 2025

Tabel diatas merupakan hasil pengukuran fermentasi sampah buah. Didapatkan hasil pengukuran suhu tertinggi yaitu 29 °C dan yang terendah yaitu 26 °C, pH tertinggi yaitu 7,5 dan yang terendah 6, kelembaban tertinggi yaitu 100 dan yang terendah yaitu 85.

B. Pembahasan

1. Biokonversi Fermentasi Sampah Sayur, Fermentasi Sampah Buah Oleh *Maggot Black Soldier Fly*, Kontrol Tanpa *Maggot Black Soldier Fly* dan Nilai WRI

Sampel pada penelitian ini adalah hasil fermentasi sampah sayur dan fermentasi sampah buah dengan subjek penelitian menggunakan *Maggot Black Soldier Fly* (larva lalat tantara hitam) yang berumur 6 hari. Pemilihan umur 6 hari karena pada usia tersebut *Maggot Black Soldier Fly* mulai aktif dalam mengonsumsi bahan organik sebagai pakan untuk tumbuh dan berkembang sehingga tepat digunakan dalam proses penelitian. Penelitian lain menyatakan *Maggot Black Soldier Fly* yang dipakai berumur 6 hari untuk mengurai jerami yang setelah perlakuan fermentasi didapat hasil *Maggot Black Soldier Fly* yang tumbuh lebih berat.¹⁶

Proses fermentasi yang dilakukan sebelum proses eksperimen dilakukan selama 5 – 12 hari (5 hari untuk hari pertama eksperimen hingga hingga hari ke-7 eksperimen yaitu 12 hari fermentasi). Hasil fermentasi yang didapat berbau asam menyengat karena mikroorganisme menghasilkan asam laktat dan senyawa lain selama proses fermentasi. Kadar pH yang terukur setelah proses fermentasi yaitu 4-5, sebelum digunakan sebagai sampel hasil fermentasi tersebut didiamkan terlebih dahulu dengan kondisi terbuka untuk membiarkan gas yang dihasilkan selama fermentasi terbangun dan pH sampel sebelum diberikan *Maggot Black Soldier Fly* tidak terlalu asam agar tidak mempengaruhi proses eksperimen.

Kondisi sampel yaitu basah berair dengan tekstur lunak, hal ini tentunya mendukung proses eksperimen karena sampel yang digunakan mudah di uraikan oleh *Maggot Black Soldier Fly* sehingga proses eksperimen efektif meskipun kondisi ini membuat proses eksperimen sedikit berjalan lambat pada hari awal penelitian.

Sampel hasil fermentasi yang digunakan tentunya berbeda jumlah hari dalam proses fermentasinya, pada hari ke-1 eksperimen digunakan sampel fermentasi hari ke-5, pada hari ke-2 eksperimen digunakan sampel fermentasi hari ke-6, begitu seterusnya hingga hari ke-7 eksperimen. Hal ini tidak mempengaruhi proses eksperimen karena kondisi dari sampel tidak jauh berbeda dari segi aroma, tekstur, kadar air, dan pH.

Penelitian ini dilakukan selama 7 hari untuk melihat tingkat penurunan berat fermentasi sampah sayur, fermentasi sampah buah oleh *Maggot Black Soldier Fly* dan kontrol tanpa *Maggot Black Soldier Fly*. Data hasil eksperimen kemudian diolah menggunakan rumus WRI (*Waste Reduction Index*). Rumus ini digunakan untuk mengetahui persentase pengurangan sampel setiap harinya, data yang digunakan adalah data sisa sampel yang ada di wadah eksperimen. Menurut peneliti, nilai WRI yang tinggi mencerminkan efisiensi yang besar dalam proses biokonversi, yang berarti semakin besar nilai WRI, maka semakin banyak bahan organik yang dikonsumsi dan diuraikan oleh *Maggot Black Soldier Fly*. Hal ini sesuai

dengan literatur yang menyatakan bahwa WRI merupakan indikator kuat dalam mengukur keberhasilan pengurangan limbah organik menggunakan serangga, di mana nilai yang tinggi menunjukkan aktivitas konsumsi larva yang optimal.⁴⁰ Berdasarkan penelitian terkait tingginya nilai WRI berbanding lurus dengan tingkat biokonversi sampah, artinya semakin besar nilai WRI maka biokonversi sampah terhadap *Maggot Black Soldier Fly* semakin banyak.⁴¹

Data penurunan berat pada fermentasi sampah sayur menunjukan penurunan signifikan terjadi pada hari ke-4 yaitu sebesar 36,8 gram dengan persentase pengurangan 92%, sedangkan penurunan sampel paling sedikit terjadi pada hari ke-1 yaitu sebesar 25,2 gram dengan persentase 63%. Hal ini disebabkan pada hari pertama eksperimen kondisi sampel basah karena proses fermentasi, sehingga penurunan berat sampel pada hari pertama tidak banyak pengurangan. Pada hari ke-4 kondisi sampel sudah mulai mengering dan proses biokonversi oleh *Maggot Black Soldier Fly* mulai berdampak besar sehingga penurunan berat sampel terjadi secara signifikan. Menurut peneliti, hal ini menunjukkan bahwa hari ke-4 merupakan titik optimal aktivitas biokonversi oleh *Maggot Black Soldier Fly*, yang ditandai dengan kondisi sampel yang mulai mengering sehingga lebih mudah dikonsumsi oleh larva, sebaliknya pada hari pertama, kadar air pada sampel masih tinggi akibat proses fermentasi yang baru selesai, sehingga penurunan berat belum signifikan.

Hasil ini selaras dengan literatur yang menyatakan bahwa *Maggot Black Soldier Fly* menunjukkan aktivitas konsumsi organik yang optimal pada usia sekitar 6 hari, karena pada fase ini larva mulai aktif makan secara intensif untuk mendukung pertumbuhan.³⁷ Studi sebelumnya juga mendukung penggunaan *Maggot Black Soldier Fly* usia 6 hari, di mana larva menunjukkan peningkatan berat tubuh yang signifikan saat digunakan untuk menguraikan jerami yang telah difermentasi.¹⁶

Hasil biokonversi fermentasi sampah buah oleh *Maggot Black Soldier Fly* mengalami penurunan paling signifikan pada hari ke-4 yaitu sebesar

35,2 gram dengan persentase pengurangan 88%, sedangkan penurunan sampel paling sedikit terjadi pada hari ke-7 yaitu sebesar 25,1 gram dengan persentase 62,75%. Menurut peneliti angka ini didapat sesuai dengan pengaruh keadaan hasil bikonversi fermentasi sampah sayur tetapi pada biokonversi fermentasi sampah buah memiliki air yang lebih banyak sehingga sangat berpengaruh terhadap penurunan berat sampel oleh *Maggot Black Soldier Fly*. Hasil penelitian terdahulu menyatakan pertumbuhan yang baik untuk *Maggot Black Soldier Fly* tergantung kondisi lingkungan yang lembab namun tidak basah (berair).³⁸

Penurunan pada kedua sampel tersebut juga terjadi pada wadah kontrol tanpa *Maggot Black Soldier Fly*, penurunan terjadi paling signifikan pada hari ke-4 yaitu sebesar 1,4 gram dengan persentase pengurangan 3,5%, sedangkan penurunan sampel paling sedikit terjadi pada hari ke-6 yaitu sebesar 0,5 gram dengan persentase 1,25%. Hal ini terjadi diperkirakan akibat penurunan kadar air pada sampel tanpa adanya pengaruh dari *Maggot Black Soldier Fly*. Pada kelompok kontrol yang tidak diberi larva, penurunan berat sangat kecil, yakni hanya sekitar 1,4 gram (3,5%) pada hari ke-4, yang kemungkinan besar disebabkan oleh penguapan air dari sampel. Hasil ini menegaskan bahwa *Maggot Black Soldier Fly* berperan besar dalam proses penguraian bahan organik, bukan hanya sekadar pengaruh alami lingkungan.³⁹

Hasil penelitian ini secara keseluruhan memperkuat temuan-temuan sebelumnya bahwa penggunaan *Maggot Black Soldier Fly* sangat efektif dalam mengurangi volume limbah organik melalui proses biokonversi, terutama bila memperhatikan umur larva dan kondisi media pakan yang sesuai.

2. Hasil Uji Statistik Fermentasi Sampah Sayur, Fermentasi Sampah Buah, Dan Kontrol Tanpa *Maggot Black Soldier Fly*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan terhadap efektivitas perlakuan fermentasi sampah sayur dan sampah buah dalam proses biokonversi oleh larva *Black Soldier Fly*

(BSF), dengan menggunakan analisis statistik One-Way ANOVA. Sebelum dilakukan uji ANOVA, peneliti melakukan uji normalitas dan uji homogenitas sebagai syarat awal.

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa semua data terdistribusi secara normal, dengan nilai p masing-masing sebesar 0,920 (fermentasi sampah sayur), 0,632 (fermentasi sampah buah), dan 0,415 (kontrol), yang semuanya lebih besar dari 0,05. Hal ini berarti bahwa distribusi data memenuhi asumsi normalitas. Selanjutnya, hasil uji homogenitas menunjukkan nilai $p = 0,758$ ($p > 0,05$), menandakan bahwa varians antar kelompok homogen, sehingga analisis dapat dilanjutkan ke tahap uji ANOVA.

Hasil uji One-Way ANOVA menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,000$ ($p < 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata perlakuan pada kelompok sampel yang diuji. Hal ini memperlihatkan bahwa setidaknya terdapat satu kelompok perlakuan yang memiliki hasil berbeda secara signifikan dibandingkan kelompok lainnya. Untuk mengetahui secara lebih rinci perbedaan antar kelompok, dilakukan uji lanjut Post Hoc Bonferroni, karena data memenuhi syarat homogenitas. Hasil uji menunjukkan bahwa:

- a. Fermentasi sampah sayur vs fermentasi sampah buah: nilai sig = 1 ($p > 0,05$), menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua perlakuan.
- b. Fermentasi sampah sayur vs kontrol: nilai sig = 0,000 ($p < 0,05$), menunjukkan ada perbedaan signifikan.
- c. Fermentasi sampah buah vs kontrol: nilai sig = 0,000 ($p < 0,05$), menunjukkan ada perbedaan signifikan.

Berdasarkan hasil tersebut, peneliti berpendapat bahwa perlakuan fermentasi, baik pada sampah sayur maupun sampah buah, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil biokonversi oleh **Maggot Black Soldier Fly** dibandingkan tanpa perlakuan (kontrol). Namun, efektivitas antara fermentasi sampah sayur dan fermentasi sampah buah tidak berbeda

secara signifikan, sehingga keduanya dapat dianggap sama efektifnya dalam mendukung proses penguraian oleh *Maggot Black Soldier Fly*

Hasil ini sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa *Black Soldier Fly* merupakan agen biokonversi yang efisien dalam mengolah limbah organik, terutama jika limbah telah mengalami perlakuan awal seperti fermentasi, yang melunakkan struktur bahan organik dan meningkatkan ketersediaan nutrisi.⁴²

Penelitian terdahulu juga menyatakan bahwa jenis substrat organik seperti sampah sayur dan buah memiliki efektivitas yang relatif mirip dalam mendukung pertumbuhan *Maggot Black Soldier Fly*, selama kondisi media dan kelembapan mendukung.⁴³ Ini menjelaskan mengapa tidak terdapat perbedaan signifikan antara fermentasi sampah sayur dan sampah buah dalam penelitian ini.

Hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa perlakuan fermentasi sangat berpengaruh dalam meningkatkan efektivitas biokonversi limbah organik oleh *Maggot Black Soldier Fly*, meskipun jenis limbah organik (sampah sayur atau sampah buah) tidak memberikan perbedaan signifikan satu sama lain dalam konteks ini. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa rata-rata konsumsi substrat *Maggot Black Soldier Fly* pada sampah organik buah, sayur dan campuran tidak sama.⁴⁴

Hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa penelitian tersebut membutuhkan waktu selama 12 hari untuk menghabiskan 111 gram sampel fermentasi sampah sayur dan sampah buah dengan 200 ekor *Maggot Black Soldier Fly*. Hasil penelitian ini didapatkan perbandingan hasil dengan asumsi hari yang sama dan jumlah *Maggot Black Soldier Fly* yang sama sehingga hasil penelitian lebih efektif dari segi penurunan jumlah sampel fermentasi.⁴⁵

3. Faktor Lain (Suhu, pH, Kelembaban)

Penelitian ini dilakukan tanpa pengkondisian lingkungan, artinya seluruh proses eksperimen dibiarkan berlangsung dalam kondisi alami sesuai dengan suhu dan keadaan fisik tempat serta karakteristik sampel. Pendekatan ini bertujuan untuk menilai kemampuan biokonversi larva ***Black Soldier Fly*** (BSF) dalam kondisi nyata yang lebih representatif terhadap lingkungan penggunaannya secara praktis, seperti pada skala rumah tangga atau komunal.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu lingkungan berkisar antara 25 °C pada hari pertama dan meningkat hingga 28 °C pada hari ketujuh. Menurut peneliti, rentang suhu ini masih berada dalam kisaran optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas *Maggot Black Soldier Fly*. Suhu sekitar 27–30 °C dikenal sebagai suhu ideal untuk metabolisme dan laju konsumsi larva, sehingga fluktuasi kecil dalam penelitian ini tidak secara signifikan menghambat proses biokonversi. Nilai pH didapat terendah yaitu 6 dan tertinggi sebesar 8. Kadar pH yang didapatkan saat pengukuran belum berada pada kondisi optimal yaitu 6 – 8.⁴⁶ Nilai kelembaban didapat terendah yaitu sebesar 60% dan yang tertinggi yaitu 100%. Hal ini disebabkan oleh kondisi sampel yang difermentasi sehingga menghasilkan pH yang asam dan kadar air yang tinggi.⁴⁷ Kondisi optimal yang dapat melipatgandakan pertumbuhan larva yaitu 60% - 75% dibandingkan dengan kondisi yang tidak terkontrol.⁴⁸

Sumber lain didapatkan bahwa suhu lingkungan berperan penting dalam menentukan efisiensi konsumsi substrat oleh *Maggot Black Soldier Fly*. Dalam kondisi suhu optimal (25–30 °C), larva menunjukkan peningkatan laju makan dan pertumbuhan. Suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi cenderung memperlambat aktivitas larva dan mengganggu siklus hidupnya.⁴⁹

Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa *Maggot Black Soldier Fly* masih mampu melakukan proses penguraian sampah organik secara efektif pada suhu alami tanpa pengaturan tambahan, asalkan tidak berada

di bawah 20 °C atau di atas 35 °C. Hal ini memperkuat temuan dalam penelitian ini bahwa meskipun tanpa pengkondisian lingkungan, suhu alami tempat eksperimen masih mendukung proses biokonversi yang efisien.⁵⁰

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Maggot Black Soldier Fly* dapat tetap aktif dan efektif dalam menguraikan sampah organik meskipun berada dalam kondisi lingkungan alami, selama suhu tetap berada dalam rentang yang sesuai untuk aktivitas biologisnya. Pendekatan tanpa pengkondisian juga memberikan nilai praktis dalam penerapan teknologi biokonversi berbasis serangga di lingkungan nyata tanpa kebutuhan alat tambahan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai efektivitas biokonversi fermentasi sampah sayur dan fermentasi sampah buah terhadap *Maggot Black Soldier Fly*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata kemampuan *Maggot Black Soldier Fly* dalam menguraikan fermentasi sampah sayur adalah sebesar 31,143 dan fermentasi sampah buah adalah sebesar 29,886.
2. Rata-rata penguraian fermentasi sampah sayur dan fermentasi sampah buah tanpa *Maggot Black Soldier* adalah sebesar 0,957.
3. Tidak terdapat perbedaan signifikan kemampuan *Maggot Black Soldier Fly* dalam menguraikan variasi jenis sampah.
4. Faktor lain yang terdapat pada penelitian ini yaitu nilai suhu dengan rentang 25 °C – 28 °C berada dalam kondisi optimal, nilai pH yaitu 6-8 berada dalam kondisi yang optimal, dan kadar kelembaban dengan rentang 60% - 100% berada dibatas bawah kondisi optimal tetapi melampaui batas atas kondisi optimal .

B. Saran

1. Bagi Peneliti Selanjutnya
 - a. Penelitian lanjutan disarankan untuk menganalisis kandungan nutrisi maggot yang dihasilkan dari masing-masing media fermentasi, guna menilai kualitas maggot sebagai sumber pakan ternak atau ikan.
 - b. Pada penelitian lanjutan agar menggunakan jaring nyamuk atau kain kasa untuk menutup wadah eksperimen guna mencegah *Maggot Black Soldier Fly* keluar dari wadah dan mencegah lalat lain masuk untuk bertelur sehingga dapat mempengaruhi hasil eksperimen.

2. Bagi Praktisi Peternakan Maggot

- a. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan kepada peternak maggot untuk mempertimbangkan penggunaan sampah sayur dan sampah buah yang telah difermentasi sebagai media budidaya maggot, karena terbukti dapat meningkatkan efektivitas biokonversi limbah organik menjadi biomassa maggot.
- b. Praktisi juga disarankan untuk memperhatikan proses fermentasi yang digunakan, termasuk lama waktu fermentasi dan kebersihan media, agar tidak menimbulkan bau berlebih atau gangguan lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lestari R. Biokonversi Sampah Organik Dengan penambahan Limbah Ikan Oleh Larva Lalat Hitam (*Hermentia illucens* L.) (Ordo: Diptera). 2022;
2. Dortmans B, Diener S, Verstappen B, Zurbrügg C. Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Solier Fly (BSF). Eawag Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. 2017. 1–100 p.
3. UNEP. Global Waste Management Outlook 2024 : Beyond An Age Of Waste. 2024.
4. Riswan, Sunoko HR, Hadiyanto A. Pengelolaan Sampah rumah tangga di Kecamatan Daha Selatan. *J Ilmu Lingkungan*. 2020;9(1):31–9.
5. Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 Direktorat Penanganan Sampah. 2023.
6. Gilpras Sumbar. Pengolahan Sampah dengan Konsep 3R (Reduce , Reuse , Recycle). 2024;(November).
7. Mabruroh M, Praswati AN, Sina HK, Pangaribowo DM. Pengolahan Sampah Organik Melalui Budidaya Maggot Bsf Organic Waste Processing Through Bsf Maggot Cultivation. *Jurnal EMPATI (Edukasi Masyarakat, Pengabdian dan Bakti)*. 2022;3(1):34.
8. H. Čičková, G. L. Newton, R. C. Lacy and MK. The use of fly larvae for organic waste treatment. 2015;35:68–80.
9. Putri R, Rianes M, Zulkarnaini Z. Sosialisasi Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga dengan Menggunakan Maggot BSF. *J Pengabdian Masyarakat Indones*. 2023;3(1):89–94.
10. Sumiati S, Purnamasari DK, Erwan E, Syamsuhaidi S, Wiryawan KG, Rizki ANA, et al. Penggunaan Maggot (*Hermetia illucens*) Dalam Pakan Ayam Ras Petelur. *J Sains Teknol Lingkung*. 2022;8(1):87–96.
11. Prisilia Eka Kusumawati, Yusriani Sapta Dewi, Rofiq Sunaryanto. Pemanfaatan Larva Lalat Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Untuk Pembuatan Pupuk Kompos Padat Dan Pupuk Kompos Cair. *J Techlink*. 2022;4(1):1–12.
12. Suciati R, Faruq H, Biologi JP, Timur J. Efektifitas Media Pertumbuhan Maggots *Hermetia Illucens* (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah. 2017;2(1):0–5.
13. Aulia Teknik Budidaya Maggot & Pemanfaatannya. 2024;(Juli).
14. Mumtaz S, Bintari SH, Mubarak I, Mustikaningtyas D, Biologi J, Semarang N, et al. Pemanfaatan Media Ampas Tahu Terfermentasi untuk Meningkatkan Produksi Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*).

Pros Semin Nas Biologi

15. Ansyari MT, Afriani DT, Siswoyo BH. Pemanfaatan Limbah Pasar Sayuran dan Ampas Tebu Terhadap Pertumbuhan Maggot BSF (*Hermetia illucens*). *J Aquac Indones*. 2024;3(2):130–41.
16. Supriyatna A, Putra RE. Estimasi Pertumbuhan Larva Lalat Black Soldier (*Hermetia illucens*) dan Penggunaan Pakan Jerami Padi yang Difermentasi dengan Jamur *P. chrysosporium*. *J Biodjati*. 2017;2(2):159–66.
17. Rofi DY, Auvaria SW, Nengse S, Oktorina S, Yusrianti Y. Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Upaya Percepatan Reduksi Sampah Buah dan Sayuran. *J Teknol Lingkung*. 2021;22(1):130–7.
18. Kahfi A. Overview of Waste Management. *Jurisprud Dep Law, Fac Sharia Law*. 2017;4(1):12.
19. Pemerintah Republik Indonesia. Undang - Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. 2008.
20. Andi Ibrahim Yunus. Pengelolaan Sampah Organik dan Anorganik. *PT Global Eksekutif Teknologi*; 2022. 3–4 p.
21. Hasibuan MRR. Manfaat Daur Ulang Sampah Organik Dan Anorganik Untuk Kesehatan Lingkungan. *Jurnal Ilm Lingkung* . 2023;2(3):1–11.
22. Wiryono B, Muliatiningsih, Dewi ES. Pengelolaan Sampah Organik Di Lingkungan Bebidas. *J Agro Dedik Masy*. 2020;1(1):15–21.
23. Kusumaningsari D. Pemanfaatan Dan Pengelolaan Sampah Organik Dan Nonorganik. *J Kesehat Lingkung*. 2017;8(9):1–58.
24. Shitophyta LM, Amelia S, Jamilatun S. Pelatihan Pembuatan Pupuk Kompos Dari Sampah Organik Di Ranting Muhammadiyah Tirtonirmolo, Kasihan, Yogyakarta. *Community Dev J J Pengabd Masy*. 2021;2(1):136–40.
25. Murtado A, Pengelolaan E, Organik S, Sampah L. Al Murtado : *Journal of Social Innovation and Community Service* Al Murtado : *Journal of Social Innovation and Community Service*. 2024;01(01).
26. Nisa K, Dkk &. *Memproduksi Kompos Dan Organisme Lokal (Mol)*. Jakarta: Bibit Publisher; 2016.
27. Herlinda S, Sari Puspita JM. Sustainable urban farming : Budidaya lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) untuk menghasilkan pupuk , dan pakan ikan dan unggas. *Pros Semin Nas Lahan Suboptimal*. 2021;1:27–37.
28. Yuwono AS, Mentari PD. Penggunaan Larva (maggot) Black Soldier Fly (BSF) dalam Pengolahan Limbah Organik. 2018. 2–8 p.

29. Utama H. Peran Black Soldier Fly dalam Pengurangan Sampah dan Produksi Pakan Ternak. *J Pengelolaan Limbah*. 2021;
30. Sihombing J. Pemanfaatan Black Soldier Fly sebagai Alternatif Pakan Ternak dan Pengolahan Limbah Organik. *J Teknol Pakan Ternak*. 2021;
31. Rahmawati S. Pupuk Organik dari Limbah Black Soldier Fly: Analisis dan Prospek Penggunaannya di Pertanian. *J Agron Indones*. 2022;
32. Dianti FR, Yuda RA, Fitriani BN, Faraz AA, Anindita NS. Proses Fermentasi Asinan Buah dan Uji Organoleptik Asinan Buah (Mangga, Nanas, dan Apel). *Pros Semin Nas Penelit dan Pengabd Kpd Masy LPPM Univ 'Aisyiyah Yogyakarta*. 2023;1(1):132–6.
33. Purnama Y. Pengelolaan Sampah Organik Dengan Biokonversi Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *J Ilmu Lingkungan*. 2021;
34. Fitriani D. Potensi larva Black Soldier Fly dalam Produksi Pupuk Organik dari Limbah Pertanian. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2020;
35. Hidayat B. Penerapan Biokonversi Menggunakan Black Soldier Fly dalam Pengelolaan Limbah Organik untuk Pakan Ternak. *J Pangan dan Agribisnis*. 2020;
36. Lestari MR. Pupuk Organik Hasil Biokonversi Larva Black Soldier Fly untuk Pertanian Berkelanjutan. *J Agroekoteknologi*. 2021;
37. Potency T, Larvae S. *Biosaintifika*. 2018;10(105):448–54.
38. Hasanah S, Ismiati R, Ansori AIR, Dewi SYS, Fadilah L, Kusuma MA, et al. Maggot (Black Soldier Fly) sebagai Pengurai Sampah Dapur Rumah Tangga. *J Pengabdin Magister IPA* . 2023;6(1):449–53.
39. Liu Y, Liu J, He J, Lu H, Sun S, Ji F, et al. Chronological and Carbohydrate-Dependent Transformation of Fatty Acids in the Larvae of Black Soldier Fly Following Food Waste Treatment. *Molecules*. 2023;28(4).
40. Mulyatna L, Rochaeni A, Saputra R, Yogi B, Fiqri I. Effect of Variations in the Pretreatment of Organic Waste on The Growth of Black Soldier Flies (BSF) Larval. *J Community Based Environ Eng Manag*. 2022;6(2):99–110.
41. Afia ST. M, Evy H, Candra Dwi RW. Teknologi Black Soldier Fly (BSF) dengan Variasi Pakan Sampah Organik. *J Enviro [Internet]*. 2022;1(1).
42. Rehman K ur, Hollah C, Wiesotzki K, Rehman R ur, Rehman AU, Zhang J, et al. Black soldier fly, *Hermetia illucens* as a potential innovative and environmentally friendly tool for organic waste management: A mini-review. *Waste Manag Res*. 2023;41(1):81–97.
43. Molnár Á, Toviho Odunayo Abigeal, Milán Fehér. Investigation of the

production parameters, nutrient and mineral composition of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae grown on different substrates. *Acta Agrar Debreceniensis*. 2022;(1):129–33.

44. Ratna Endah Dwi Puspitasari, Restu Hikmah Ayu Murti. Pengaruh Jenis Sampah Organik Terhadap Kondisi Fisik Larva Dewasa BSF (Black Soldier Fly). *J TESLINK Tek Sipil dan Lingkung*. 2024;6(1):69–75.
45. Rofi DY. Teknologi Reduksi Sampah Organik Buah dan Sayur dengan Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya; 2020.
46. Cattaneo A, Belperio S, Sardi L, Martelli G, Nannoni E, Dabbou S, et al. Black Soldier Fly Larvae's Optimal Feed Intake and Rearing Density: A Welfare Perspective (Part II). *Insects* . 2025;16(1):1–21.
47. Li L, Chen L, Shang R, Wang G, Zhang J. Improvement in bioconversion efficiency and reduction of ammonia emission by introduction of fruit fermentation broth in a black soldier fly larvae and kitchen waste conversion system. *Insect Sci*. 2023;30(4):975–90.
48. Insect M. Optimizing Black Soldier Fly Production: The Role of Temperature & Humidity Control.
49. Fazli Qomi S mojtaba, Danaeefard M reza, Farhang A bahador, Hosseini SP, Arast Y. Effect of Temperature on the Breeding Black Soldier Fly Larvae in Vitro for Basic Health-oriented Research. *Arch Hyg Sci*. 2021;10(1):67–74.
50. Shumo M, Khamis FM, Tanga CM, Fiaboe KKM, Subramanian S, Ekesi S, et al. Influence of temperature on selected life-history traits of black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared on two common urban organic waste streams in Kenya. *Animals*. 2019;9(3).

Lampiran 1

Nilai WRI

1. Sampel Fermentasi Sayuran

a. Hari Ke-2

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 9,9}{40} = \frac{30,1}{40} = 0,7525$$

$$\text{b. } WRI = \frac{0,7525}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,7525}{1} \times 100 \% = 75,25 \%$$

c. Hari Ke-3

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 4,6}{40} = \frac{35,4}{40} = 0,885$$

$$WRI = \frac{0,885}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,885}{1} \times 100 \% = 88,5 \%$$

d. Hari Ke-4

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 3,2}{40} = \frac{36,8}{40} = 0,92$$

$$\text{e. } WRI = \frac{0,92}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,92}{1} \times 100 \% = 92 \%$$

f. Hari Ke-5

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 7,7}{40} = \frac{32,3}{40} = 0,8075$$

$$WRI = \frac{0,8075}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,8075}{1} \times 100 \% = 80,75 \%$$

g. Hari Ke-6

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 9,5}{40} = \frac{30,5}{40} = 0,7625$$

$$WRI = \frac{0,7625}{1} \times 100 \%$$

a. Hari Ke-7

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 12,3}{40} = \frac{27,7}{40} = 0,6925$$

$$WRI = \frac{0,6925}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,6925}{1} \times 100 \% = 69,25 \%$$

2. Sampel Fermentasi Buah

a. Hari Ke-2

$$D = \frac{W - R}{R \cdot W} = \frac{40 - 9,9}{40} = \frac{11,6}{40} = 0,71$$

$$WRI = \frac{0,71}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,71}{1} \times 100 \% = 71 \%$$

b. Hari Ke-3

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 9,9}{40} = \frac{7,9}{40} = 0,8025$$

$$WRI = \frac{0,8025}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,8025}{1} \times 100 \% = 80,25 \%$$

c. Hari Ke-4

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 6,4}{40} = \frac{33,6}{40} = 0,84$$

$$WRI = \frac{0,84}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,84}{1} \times 100 \% = 84 \%$$

d. Hari Ke-5

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 4,8}{40} = \frac{35,2}{40} = 0,88$$

$$WRI = \frac{0,88}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,88}{1} \times 100 \% = 88 \%$$

$$WRI = \frac{0,025}{1} \times 100 \% = 2,5 \%$$

a. Hari Ke-6

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 39,5}{40} = \frac{0,5}{40} = 0,0125$$

$$WRI = \frac{0,0125}{1} \times 100 \%$$

$$WRI = \frac{0,0125}{1} \times 100 \% = 1,25 \%$$

b. Hari Ke-7

$$D = \frac{W - R}{W} = \frac{40 - 39}{40} = \frac{1}{40} = 0,025$$

$$WRI = \frac{0,6275}{1} \times 100 \%$$

Lampiran 2

Output Uji Statistik

1. Uji Normalitas

Case Processing Summary							
wadah		Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
pengukuran	fermentasi Sayuran	7	100.0%	0	0.0%	7	100.0%
	fermentasi Buahan	7	100.0%	0	0.0%	7	100.0%
	Kontrol	7	100.0%	0	0.0%	7	100.0%

Tests of Normality							
wadah		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
pengukuran	fermentasi Sayuran	.137	7	.200 [*]	.973	7	.920
	fermentasi Buahan	.150	7	.200 [*]	.939	7	.632
	Kontrol	.162	7	.200 [*]	.913	7	.415

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

2. Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

pengukuran			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.281	2	18	.758

1. Uji *One-Way Anova*

Descriptives

pengukuran

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
fermentasi Sayuran	7	31.143	4.0853	1.5441	27.365	34.921	25.2	36.8
fermentasi Buah	7	29.886	3.8921	1.4711	26.286	33.485	25.1	35.2
Kontrol	7	.957	.3207	.1212	.661	1.254	.5	1.4
Total	21	20.662	14.6186	3.1900	14.008	27.316	.5	36.8

ANOVA

pengukuran

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4082.447	2	2041.223	191.721	.000
Within Groups	191.643	18	10.647		
Total	4274.090	20			

2. Uji *Pos Hoc*

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pengukuran

Bonferroni

(I) wadah	(J) wadah	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
fermentasi Sayuran	fermentasi Buah	1.2571	1.7441	1.000	-3.346	5.860
	Kontrol	30.1857*	1.7441	.000	25.583	34.789
fermentasi Buah	fermentasi Sayuran	-1.2571	1.7441	1.000	-5.860	3.346
	Kontrol	28.9286*	1.7441	.000	24.326	33.532
Kontrol	fermentasi Sayuran	-30.1857*	1.7441	.000	-34.789	-25.583
	fermentasi Buah	-28.9286*	1.7441	.000	-33.532	-24.326

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Lampiran 3

1. Data Pertumbuhan Maggot dan Pengurangan Sampel Fermentasi Sampah Sayur

Hari Ke-	Pengulangan 1			
	Berat Awal Maggot (80 gr)			
	Berat Maggot (gr)	Pertumbuhan Maggot (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Berat Hilang (gr)
1	80 → 103,2	23,2	25,2	2
2	103,2 → 131,5	28,3	30,1	1,8
3	131,5 → 164,4	32,9	35,4	2,5
4	164,4 → 197,9	33,5	36,8	3,3
5	197,9 → 227,1	29,2	32,3	3,1
6	227,1 → 254,7	27,6	30,5	2,9
7	254,7 → 280,4	25,7	27,7	2
TOTAL		200,4	218	17,6

Hari Ke-	Pengulangan 2			
	Berat Awal Maggot (80 gr)			
	Berat Maggot (gr)	Pertumbuhan Maggot (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Berat Hilang (gr)
1	80 → 105,1	25,1	26,8	1,7
2	105,1 → 131,4	26,3	28,6	2,3
3	131,4 → 165,3	33,9	35,4	1,5
4	165,3 → 200,8	35,5	38,7	3,2
5	200,8 → 229,7	28,9	33,6	4,7
6	229,7 → 256,5	26,8	29,5	2,7
7	256,5 → 282,2	25,7	26,7	1
TOTAL		202,2	219,3	17,1

Hari Ke-	Pengulangan 3			
	Berat Awal Maggot (80 gr)			
	Berat Maggot (gr)	Pertumbuhan Maggot (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Berat Hilang (gr)
1	80 → 100,8	20,8	23,1	2,3
2	100,8 → 124,3	23,5	26,3	2,8
3	124,3 → 149,9	25,6	29,5	3,9
4	149,9 → 182,2	32,3	36,3	4
5	182,2 → 219,1	32,9	37,6	4,7
6	219,1 → 241,9	26,8	28,8	2
7	241,9 → 266	24,1	26,1	2
TOTAL		186	207,7	21,7

2. Data Pertumbuhan Maggot dan Pengurangan Sampel Fermentasi Sampah Buah

Pengulangan 1

Hari Ke-	Berat Awal Maggot (80 gr)			
	Berat Maggot (gr)	Pertumbuhan Maggot (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Berat Hilang (gr)
1	80 → 103,8	23,8	25,2	1,4
2	103,8 → 132,2	28,4	30,1	1,7
3	132,2 → 163,3	31,1	35,4	4,3
4	163,3 → 197,6	34,3	36,8	2,5
5	197,6 → 229,8	32,2	32,3	0,1
6	229,8 → 258,7	28,9	30,5	1,6
7	258,7 → 284,3	25,6	27,7	2,1
TOTAL		204,3	218	13,7

Pengulangan 2

Hari Ke-	Berat Awal Maggot (80 gr)			
	Berat Maggot (gr)	Pertumbuhan Maggot (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Berat Hilang (gr)
1	80 → 102,8	22,8	24,1	2,3
2	102,8 → 127,3	24,5	25,3	2,8
3	127,3 → 153,9	26,6	28,5	3,9
4	153,9 → 187,2	33,3	35,3	4
5	187,2 → 220,1	32,9	34,6	4,7
6	220,1 → 246,9	26,8	27,8	2
7	246,9 → 271	24,1	25,1	2
TOTAL		191	200,7	21,7

Pengulangan 3

Hari Ke-	Berat Awal Maggot (80 gr)			
	Berat Maggot (gr)	Pertumbuhan Maggot (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Berat Hilang (gr)
1	80 → 103,8	23,8	25,1	1,3
2	103,8 → 130,3	26,5	27,3	0,8
3	130,3 → 157,9	27,6	30,5	2,9
4	157,9 → 192,2	34,3	35,3	1
5	192,2 → 228,1	35,9	36,6	0,7
6	228,1 → 257,9	29,8	30,8	1
7	257,9 → 285	27,1	28,1	1
TOTAL		205	213,7	8,7

3. Data Pengurangan Sampel Kontrol

Pengulangan 1

Sampel Fermentasi Sampah Sayur dan Buah Tanpa Maggot

Hari Ke -	Sampel Awal (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Sisa sampel (gr)
1	40	0,8	39,2
2	40	1,3	38,7
3	40	0,7	39,3
4	40	1,4	38,6
5	40	1	39
6	40	0,5	39,5
7	40	1	39
TOTAL	280	6,7	273,3

Pengulangan 2

Sampel Fermentasi Sampah Sayur dan Buah Tanpa Maggot

Hari Ke -	Sampel Awal (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Sisa sampel (gr)
1	40	1,2	38,8
2	40	1	39
3	40	1,5	38,5
4	40	1,6	38,4
5	40	0,9	39,1
6	40	0,5	39,5
7	40	1	39
TOTAL	280	7,7	272,3

Pengulangan 3

Sampel Fermentasi Sampah Sayur dan Buah Tanpa Maggot

Hari Ke -	Sampel Awal (gr)	Pengurangan Sampel (gr)	Sisa sampel (gr)
1	40	0,5	39,5
2	40	0,9	39,1
3	40	0,7	39,3
4	40	1,3	38,3
5	40	1,7	38,3
6	40	1	39
7	40	1,8	38,2
TOTAL	280	7,9	272,1

Lampiran 4

Dokumentasi Penelitian

	
Wadah Sampel	Soil Meter
	
Thermometer	Hygrometer



Hand Scoon



Masker



Neraca Analitik



Box



\

Sampel Buahan



Sampel Sayuran



Proses Pemisahan Maggot



Proses Pengukuran Fisik



Proses Penimbangan Sampel



Proses Pengukuran Fisik

	
Proses Pemisahan Maggot	Proses Penimbangan maggot
	
Kondisi Maggot awal	Kondisi Maggot Akhir

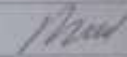
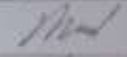
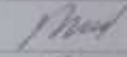
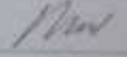
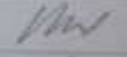
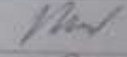
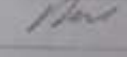
Lampiran 5

 **Kemenkes**

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
Jalan Jenderal Sudirman Kav. 52-53
Jakarta 10430
Telp. (021) 21973434
Fax. (021) 21973435
Email: kementerian.kes@kemkes.go.id

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLITEKNES PADANG**

Nama : Rival Naba Khalidi
NIM : 211210568
Pembimbing Utama : Mukhlis, M.T
Judul : Efektivitas Hukuman Sisa Sayuran dan Buah-Buahan Fermentasi Terhadap Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)

No.	Tanggal	Kegiatan atau Status Pembimbing	Tanda tangan
1.	16 Juni 2025	Konsultasi BAB IV	
2.	17 Juni 2025	Perbaikan BAB IV	
3.	18 Juni 2025	Konsultasi BAB IV	
4.	18 Juni 2025	Perbaikan BAB IV	
5.	19 Juni 2025	Konsultasi BAB V	
6.	19 Juni 2025	Perbaikan BAB V	
7.	23 Juni 2025	Konsultasi Abstrak	
8.	23 Juni 2025	Perbaikan Abstrak dan ACC keabsahan isi	

Menyetujui,
Ketua Prodi Sarjana
Terapan Sanitasi Lingkungan


Dr. Aidi Ousadi, SKM, M.Kes
NIP. 19721106 199503 1 001

Disahkan dan ditandatangani oleh pembimbing dan mahasiswa, dan terdapat cap resmi dari Prodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Padang pada tanggal 23 Juni 2025.

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES PADANG**

Nama : Rijal Naha Khalish
NIM : 211210568
Pembimbing Utama : Dr. Wijayantono, SKM, MKes
Judul : Efektivitas Biokonversi Sisa Sayuran dan Sisa Buah Fermentasi Terhadap Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)

No.	Tanggal	Kegiatan atau Saran Pembimbing	Tanda tangan
1.	19 Juni 2025	Konsultasi BAB IV	
2.	19 Juni 2025	Perbaikan BAB IV	
3.	20 Juni 2025	Konsultasi BAB IV	
4.	20 Juni 2025	Perbaikan BAB IV	
5.	23 Juni 2025	Konsultasi BAB V	
6.	23 Juni 2025	Perbaikan BAB V	
7.	24 Juni 2025	Konsultasi Abstrak	
8.	24 Juni 2025	Perbaikan Abstrak dan ACC keseluruhan isi	

Menyetujui,
Ketua Prodi Sarjana
Terapan Sanitasi Lingkungan


Dr. Ajid Ondin, SKM, MKes
NIP. 19721106 199503 1 001

Lampiran 6

Turnitin			
ORIGINALITY REPORT			
20%	17%	9%	5%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	jpmi.journals.id Internet Source	6%	
2	www.coursehero.com Internet Source	1%	
3	Mohammad Akhbar Yassin, Nur Rochman, Setyono Setyono. "Kemangkusan Metarhizium anisoplae dan Beauveria bassiana sebagai Bioinsektisida bagi Hama Gudang Sitophilus oryzae", JURNAL AGRONIDA, 2020 Publication	1%	
4	repository.iainkudus.ac.id Internet Source	1%	
5	Roza Linda, Indah Lestari, Sri Wahyuni Gayatri, Aryanti Bamahry, Rasfayanah F. Matto. "Pengaruh Ekstrak Daun Salam (Eugenia polyantha) terhadap Kadar Glukosa Darah pada Mencit (Mus Musculus)", UMI Medical Journal, 2020 Publication	1%	
6	Submitted to Universitas Sanata Dharma Student Paper	<1%	
7	repository.unej.ac.id Internet Source	<1%	
8	www.scribd.com Internet Source	<1%	