

**EFEKTIVITAS REDUKSI LIMBAH PADAT AMPAS
INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN MAGGOT *BLACK
SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens*)
DI KECAMATAN MUARA BULIAN**

S K R I P S I



**RIZKA SAFITRI
(F1G321008)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA, DAN LINGKUNGAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul Efektivitas Reduksi Limbah Padat Ampas Industri Tahu Menggunakan Maggot *Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)* Di Kecamatan Muara Bulian merupakan hasil karya sendiri dan tidak terdapat karya maupun pendapat yang telah diterbitkan oleh orang lain, kecuali digunakan sebagai acuan maupun kutipan dalam penulisan laporan ini.

Tanda tangan yang tertera pada halaman pernyataan ini adalah asli. Apabila tidak asli saya siap menerima sanksi dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, 15 Juli 2025

Rizka Safitri

F1G321008

RINGKASAN

Limbah padat ampas tahu yang dihasilkan dari proses produksi tahu di Pabrik Tahu Pal 9, Kecamatan Muara Bulian, menimbulkan permasalahan lingkungan karena belum dikelola secara optimal. Limbah ini berpotensi mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan tepat. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah teknologi biokonversi dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. Maggot BSF dikenal memiliki kemampuan tinggi dalam mengurai limbah organik dan menghasilkan biomassa yang bernilai ekonomi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas dan efisiensi penggunaan maggot BSF dalam mereduksi limbah padat organik dari industri tahu. Penelitian dilakukan selama 45 hari menggunakan tiga jenis limbah, yaitu ampas tahu, limbah sayuran, dan campuran keduanya, yang masing-masing diolah menggunakan biokonverter berisi 100 gram maggot BSF dan 1000 gram limbah per hari. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan massa maggot, massa limbah sebelum dan sesudah proses biokonversi, suhu, kelembapan, serta pH lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa maggot BSF mampu mereduksi limbah secara efektif, dengan efektivitas tertinggi sebesar 16,76% pada hari ke-16 dan rata-rata efektivitas sebesar 7% untuk limbah ampas tahu. Proses biokonversi berjalan optimal pada suhu rata-rata 28,38°C, kelembapan 81,92%, dan pH sekitar 6,8. Terdapat hubungan positif yang signifikan antara laju pertumbuhan maggot BSF dengan tingkat reduksi limbah, di mana semakin tinggi pertumbuhan maggot, semakin besar reduksi limbah yang terjadi.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa maggot BSF efektif dalam mengurangi limbah padat ampas tahu dan memiliki potensi untuk diterapkan sebagai solusi pengelolaan limbah organik yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomi. Selain itu, proses ini juga menghasilkan biomassa maggot yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak dan ikan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan teknologi pengolahan limbah organik skala kecil maupun besar dengan pendekatan yang berkelanjutan.

SUMMARY

*The solid waste from tofu dregs produced by the tofu manufacturing process at Pal 9 Tofu Factory, located in Muara Bulian Subdistrict, poses environmental problems due to inadequate management. If not properly treated, this waste has the potential to pollute the environment. One method that can be used to address this issue is bioconversion technology utilizing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae. BSF maggots are known for their high capacity to decompose organic waste and generate biomass with economic value.*

This study aims to analyze the effectiveness and efficiency of using BSF maggots in reducing solid organic waste from the tofu industry. The research was conducted over a period of 45 days using three types of waste: tofu dregs, vegetable waste, and a mixture of both. Each type was processed using a bioconverter containing 100 grams of BSF maggots and 1000 grams of waste per day. Observed parameters included maggot mass growth, waste mass before and after the bioconversion process, temperature, humidity, and environmental pH.

The results showed that BSF maggots were able to reduce waste effectively, with the highest effectiveness recorded at 16.76% on day 16 and an average effectiveness of 7% for tofu dregs waste. The bioconversion process operated optimally at an average temperature of 28.38°C, humidity of 81.92%, and pH of approximately 6.8. There was a significant positive correlation between the growth rate of BSF maggots and the level of waste reduction, indicating that higher maggot growth corresponded with greater waste reduction.

Based on these results, it can be concluded that BSF maggots are effective in reducing solid tofu dregs waste and have the potential to be applied as an environmentally friendly and economically valuable organic waste management solution. In addition, this process also produces maggot biomass that can be used as an alternative feed for livestock and fish. This research is expected to serve as a foundation for the development of small- and large-scale organic waste processing technologies using a sustainable approach.

**EFEKTIVITAS REDUKSI LIMBAH PADAT AMPAS
INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN MAGGOT *BLACK
SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens*)
DI KECAMATAN MUARA BULIAN**

S K R I P S I

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan



**RIZKA SAFITRI
(F1G321008)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA, DAN LINGKUNGAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **EFEKTIVITAS REDUKSI LIMBAH PADAT AMPAS
INDSUTRI TAHU MENGGUNAKAN MAGGOT *BLACK SOLDIER FLY*
(*Hermetia illucens*) DI KECAMATAN MUARA BULIAN** yang telah disusun
oleh **RIZKA SAFITRI, NIM: F1G321008**, telah dipertahankan didepan tim
penguji pada tanggal 8 Juli 2025 dan dinyatakan lulus.

Susunan Tim Penguji:

Ketua : Ir. Winny Laura Christina Hutagalung, S.T.,M.T
Sekretaris : Zuli Rodhiyah, S.Si., M.T.
Anggota : 1. Ir. Febri Juita Anggraini, S.T., M.T.
2. Ir. Hariestya Viereco, B.Eng., M.Eng.
3. Ir. Lailal Gusri, S.T., M.Sc.

Disetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Ir. Winny Laura Christina H, S.T., M.T.,
NIP. 199009152022032013

Zuli Rodhiyah, S.Si., M.T
NIP. 199011112023212058

Diketahui:

Dekan,

Ketua Jurusan,

Drs. Jefri Marzal, M.Sc.,D.I.T
NIP. 196806021993031004

Nazarudin, S.Si., M.Si.,Ph.D.
NIP. 197404121999031004

RIWAYAT HIDUP



Rizka Safitri lahir di Desa Pasar Terusan pada tanggal 3 Maret 2003. Ia merupakan anak pertama dari dua bersaudara, putri dari pasangan Bapak Saipul dan Ibu Sumiati. Pendidikan formalnya dimulai di SDN 133/1 Pasar Terusan dan diselesaikan pada tahun 2015. Selanjutnya, penulis melanjutkan ke jenjang pendidikan menengah pertama di MTsN 2 Batanghari dan lulus pada tahun 2018.

Pendidikan menengah atas ditempuh di SMAN 6 Batanghari dan diselesaikan pada tahun 2021. Setelah itu, penulis melanjutkan studi ke jenjang perguruan tinggi pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, mulai tahun 2021 hingga selesai.

Penulis pernah mengikuti beberapa program Kampus Merdeka diantaranya adalah Program Pengabdian Mahasiswa kepada Masyarakat (P2M2) dan program Pertukaran Mahasiswa Merdeka (PMM) yang dilaksanakan di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada tahun 2022. Penulis juga pernah mendapatkan beasiswa dari Yayasan Karya Salemba Empat pada tahun 2022/2023.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian yang berjudul **“Efektivitas Reduksi Limbah Padat Ampas Industri Tahu Menggunakan Maggot *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) di Kecamatan Muara Bulian”**. Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan penelitian dalam rangka penulisan skripsi pada Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Kimia, dan Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi.

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada program studi Teknik Lingkungan Universitas Jambi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, sejak awal hingga proses penyelesaian proposal ini. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
2. Bapak Nazarudin, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Sipil dan Lingkungan Universitas Jambi.
3. Ibu Ir. Febri Juita Anggraini, S.T., M.T., selaku Ketua program Studi Teknik Lingkungan Universitas Jambi
4. Ibu Ir. Winny Laura Christina Hutagalung, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dukungan kepada penulis selama penyusunan laporan penelitian ini.
5. Ibu Zuli Rodhiyah, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dukungan kepada penulis selama penyusunan laporan penelitian ini
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan juga nasehat selama perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini dengan baik.
7. Ayahanda Saipul dan Ibunda Sumiati selaku orang tua penulis yang sudah memberikan doa, motivasi serta dukungan baik secara moril maupun materil kepada penulis.
8. Azwa Jummuthoharo adik penulis yang sudah menyemangati penulis selama pembuatan skripsi.

9. Besse Syaharani Ziadah, Husnul Khatimah, Nala Cinta Pratama, Lisa Sauni, Nur Hidayah, Aida Khairani, Septia Khorunnisa, Putri Ayu Risti, Christavani Sinta Dewi Siregar, Tyas Hanifatunisa, Leony Azhari Siregar selaku teman dekat penulis. Terima kasih karena sudah berkenan menjadi teman perjalanan dalam dunia perkuliahan, yang senantiasa saling mendengarkan keluh kesah, membantu serta memberikan motivasi, dukungan dan juga doa terbaiknya kepada penulis.
10. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Lingkungan Angkatan 2021 Universitas Jambi yang telah memberikan dukungan kepada penulis bukan hanya selama proses pembuatan skripsi tetapi juga yang sudah menemani penulis semasa bangku perkuliahan.
11. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
12. Rizka Safitri atau penulis sendiri, terimakasih karena sudah mengusahakan sejauh ini, untuk semua mimpi, kerja keras, dan kehidupan yang diinginkan. Terimakasih untuk semua proses yang dilalui meski tidak mudah, tapi kita bisa menyelesaikan meski harus jatuh dan bangun.
13. Untuk siapapun pasangan penulis di masa depan kelak, kamu merupakan salah satu alasan penulis menyelesaikan skripsi ini, meski untuk saat ini keberadaanmu belum diketahui dimana dan sedang menggenggam tangan siapa, penulis meyakini bahwa yang ditakdirkan pasti dipertemukan. Skripsi ini menjadi bukti nyata bahwa tidak ada laki-laki manapun yang menemani penulis dalam menyusun skripsi ini. Jika nanti sudah waktunya untuk bertemu dan kamu membaca karya tulis ini, aku harap kamu tidak akan merasakan perasaan cemburu perihal nama lain disini.

Sebagai penyusun skripsi ini, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menyempurnakan laporan ini. Kami berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Jambi, 15 Juli 2025



Rizka Safitri
F1G321008

DAFTAR ISI

	HALAMAN
SURAT PERNYATAAN	i
RINGKASAN	ii
SUMMARY	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
RIWAYAT HIDUP	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Industri Tahu	4
2.2 Limbah Industri Tahu	4
2.3 Limbah Sayur	5
2.4 Maggot <i>Black Soldier Fly</i>	6
2.5 Siklus Hidup Maggot <i>Black Soldier Fly</i>	7
2.6 Pemanfaatan Maggot <i>Black Soldier Fly</i>	9
2.7 Pengolahan Limbah Industri Tahu Menggunakan Maggot <i>Black Soldier Fly</i>	10
2.8 Parameter yang Mempengaruhi Reduksi Limbah	11
2.8.1 Suhu	11
2.8.2 Kelembapan	12
2.8.3 pH	12
2.9 Penelitian Terdahulu	12
III. METODE PENELITIAN	15
3.1 Lokasi dan Penelitian	15
3.2 Skema Penelitian	16
3.3 Alat dan Bahan	17

3.3.1 Alat	17
3.3.2 Bahan.....	18
3.4 Prosedur Penelitian	19
3.5 Variabel Penelitian	19
3.6 Data Penelitian	20
3.6.1 Data Primer	20
3.7 Analisis Data	21
3.7.1 Analisis Data Efektivitas	21
3.7.2 Analisis Data Efisiensi Waktu.....	21
3.7.3 Analisis Data Laju Pertumbuhan Maggot BSF Terhadap Reduksi Limbah	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Siklus Perkembangan Maggot <i>Black Soldier Fly</i> didalam Biokonverter	24
4.2 Biokonversi Limbah Ampas Tahu, Limbah Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu Serta Sayuran Menggunakan Maggot <i>Black Soldier Fly</i>	25
4.2.1 Efektivitas Biokonversi Limbah Ampas, Limbah Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu Serta Sayuran Menggunakan Maggot <i>Black Soldier Fly</i>	26
4.2.2 Efisiensi Waktu Biokonversi Limbah Ampas, Limbah Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu Serta Sayuran Menggunakan Maggot <i>Black Soldier Fly</i>	46
4.3 Hubungan Laju Pertumbuhan Berat Maggot BSF Terhadap Reduksi Limbah.	55
4.3.1 Hubungan Laju Pertumbuhan Larva BSF Terhadap Reduksi Limbah Ampas Tahu	55
4.3.2 Hubungan Laju Pertumbuhan Larva BSF Terhadap Reduksi Limbah Sayuran.....	57
4.3.3 Hubungan Laju Pertumbuhan Larva BSF Terhadap Reduksi Limbah Campuran Ampas Tahu dan Sayuran	60
V. KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.1 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu.....	12
2. Variabel Penelitian	20
3. Pengukuran Data.....	20
4. Interval koefisien uji korelasi.....	23
5. Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Ampas Tahu	27
6. Pertambahan Massa Maggot BSF Limbah Sayuran	33
7. Pertambahan Massa Maggot BSF Limbah Campuran	38
8. Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC) Limbah Ampas Tahu	46
9. Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC) Limbah Sayuran	48
10. Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC) Limbah Campuran.....	51
11. Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu	55
12. Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Sayuran.....	57
13. Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Campuran	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Maggot Black Soldier Fly (<i>Hermetia Illunces</i>).....	6
2. Siklus Hidup Maggot BSF	8
3. Peta Lokasi Penelitian	15
4. Skema Penelitian	16
5. Biokonverter	17
6. Timbangan	17
7. Jaring Lalat	18
8. Termometer	18
9. Sensor Kelembapan	18
10. pH Meter.....	18
11. Prosedur Penelitian.....	19
12. Siklus Perkembangan Maggot BSF dalam Biokonvertor	25
13. Jenis limbah yang digunakan dalam proses biokonversi	26
14. % Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu	30
15. Grafik Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Ampas Tahu.....	31
16. Pengukuran Pertamabahan Massa Maggot BSF Limbah Ampas Tahu ...	32
17. Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Sayuran	35
18. Grafik Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Sayuran	36
19. Pengukuran Petumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Sayuran	37
20. Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu dan Limbah Sayuran	41
21. Grafik Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Campuran.....	42
22. Perhitungan Penambahan Massa Limbah Campuran.....	43
23. Grafik Perbandingan Pertumbuhan Massa Maggot BSF Pada Tiap Biokonverter	43
24. Grafik Perbandingan Nilai Efektivitas Pertumbuhan Massa Maggot BSF	44
25. Perbandingan Efisiensi Konversi Limbah Keseluruhan.....	45
26. Grafik Efisiensi Waktu Biokonversi (EDC) Limbah Ampas Tahu	48
27. Grafik Efisiensi waktu biokonversi Limbah Sayuran	50
28. Grafik Efisiensi Waktu Biokonversi (EDC) Limbah Campuran	52
29. Grafik Perbandingan Efisiensi Waktu Biokonversi (EDC) Tiap Jenis Limbah.....	53
30. Nilai GR Maggot BSF Limbah Ampas Tahu	57
31. Nilai GR Maggot BSF Limbah Sayuran.....	59
32. Nilai GR Maggot BSF Limbah Campuran Ampas Tahu dan Sayuran.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Wawancara	67
2. Tabel Output Uji Anova dan Uji Korelasi.....	68
3. Perhitungan Persentase Efektivitas.....	69
4. Perhitungan Efisiensi Konsumsi Pakan	71
5. Dokumentasi Penelitian	74

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pabrik Tahu Pal 9, yang berlokasi di Kecamatan Muara Bulian, merupakan salah satu UMKM yang berdiri sejak tahun 2004 dan mempekerjakan enam karyawan. Setiap harinya, pabrik ini memproduksi tahu dengan menggunakan 80 kg kedelai sebagai bahan baku, yang menghasilkan sekitar 32 kg ampas tahu. Proses produksi tahu yang berlangsung setiap hari menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Hingga saat ini, limbah dari industri tahu Pal 9 belum dikelola secara maksimal. Ampas tahu, yang menjadi limbah utama, biasanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Lampiran 1). Meskipun langkah ini patut diapresiasi, penggunaannya masih terbatas dan belum cukup efektif dalam mengurangi jumlah limbah secara signifikan. Akibatnya, banyak ampas tahu yang tidak terolah dan berpotensi mencemari lingkungan.

Pengelolaan limbah ampas tahu semakin mendesak mengingat dampak negatifnya terhadap lingkungan dan Kesehatan serta kurangnya pengelolaan limbah yang dilakukan oleh pemilik usaha. Penelitian yang dilakukan oleh (Rolia & Amran, 2015) menunjukkan bahwa pembuangan limbah ampas tahu secara sembarangan dapat menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan yang serius. Limbah ampas tahu yang dihasilkan dari produksi tahu akan menghasilkan bau busuk, terutama dalam 12 jam setelah ampas tahu tersebut dihasilkan (Sina *et al.*, 2021). Namun, dengan adanya inovasi seperti yang diperkenalkan oleh (Salman *et al.*, 2022), limbah ampas tahu kini dapat diolah menjadi sumber daya yang bermanfaat. Salah satu teknologi yang digunakan adalah biokonversi dengan larva *Black Soldier Fly* (BSF), yang memungkinkan pengurangan dampak negatif limbah dan menciptakan nilai ekonomis baru. Teknologi pengolahan Limbah organik dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly* (BSF) kini telah mengalami perkembangan pesat. Metode ini tidak hanya mudah diterapkan dan ekonomis, tetapi juga memberikan nilai tambah secara ekonomi (Azriya *et al.*, 2022).

Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) (*Hermetia illucens*) atau larva lalat tentara hitam memiliki peran penting dalam biokonversi sampah, khususnya limbah organik. Maggot BSF sangat efektif dalam menguraikan sampah organik, seperti sisa makanan, limbah pasar sayur-sayuran, limbah pertanian, dan limbah industri makanan (seperti ampas tahu). Teknologi biokonversi ini memanfaatkan larva BSF sebagai agen pengurai, yang mampu mereduksi sampah organik hingga 56%. Menurut Ansyari *et al.*, (2024) yang menunjukan

bahwa maggot BSF mampu untuk mereduksi limbah sayur-sayuran hingga mencapai 80 %. Pada proses biokonversi, terdapat tiga produk utama yang dihasilkan. Pertama, larva BSF yang belum menjadi pupa, dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak dan ikan. Kedua, cairan hasil aktivitas larva yang dapat digunakan sebagai pupuk cair. Ketiga, sisa sampah organik kering atau sisa pakan maggot, yang bisa diolah lebih lanjut menjadi bahan baku pupuk kompos (Nofiyanti *et al.*, 2022), dengan demikian, penerapan teknologi biokonversi ini tidak hanya membantu mengurangi limbah ampas tahu secara signifikan, tetapi juga menawarkan solusi yang berkelanjutan dan menguntungkan dari sisi ekonomi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi penggunaan larva (BSF) sebagai agen biokonversi dalam mengurangi jumlah limbah ampas dari industri tahu. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan tingkat efisiensi dari penggunaan larva (BSF) sebagai agen biokonversi pada tiga jenis biokonverter yang berisi limbah yang berbeda, dimana biokonverter pertama akan berisi limbah ampas tahu, biokonverter kedua akan berisi limbah sayur-sayuran dan biokonverter terakhir akan berisi limbah campuran ampas tahu dan limbah sayur-sayuran. Adanya pemanfaatan larva BSF, diharapkan dapat memberikan solusi yang ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah sekaligus mengurangi dampak negatifnya terhadap kesehatan masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Limbah ampas dari industri tahu dapat digunakan sebagai bahan pakan untuk maggot BSF. Dalam penelitian ini, maggot BSF akan dimanfaatkan sebagai agen biokonversi dengan menggunakan tiga jenis biokonverter yang pertama berisi limbah ampas tahu, yang kedua berisi limbah sayur-sayuran, dan yang ketiga berisi campuran limbah ampas tahu dan sayur-sayuran. Dari ketiga biokonverter tersebut, terdapat beberapa permasalahan yang perlu diteliti lebih lanjut :

1. Bagaimana siklus perkembangan maggot BSF dalam biokonverter?
2. Bagaimana efektivitas serta efisiensi waktu pada proses reduksi limbah dari ketiga biokonverter tersebut?
3. Bagaimana hubungan laju pertumbuhan berat maggot BSF terhadap reduksi limbah ampas tahu, limbah sayur-sayuran dan limbah campuran ampas tahu dan sayur-sayuran?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis siklus perkembangan maggot BSF dalam biokonverter.
2. Menghitung efektivitas serta efisiensi waktu dari proses reduksi limbah dari ketiga biokonverter tersebut.
3. Menganalisis hubungan laju pertumbuhan berat maggot BSF terhadap reduksi limbah ampas tahu, limbah sayur-sayuran dan limbah campuran ampas tahu dan sayur-sayuran.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pengelolaan limbah padat organik berupa ampas tahu dari industri tahu di Kecamatan Muara Bulian, khususnya dari pabrik tahu Pal 9 Muara Bulian.
2. Metode pengelolaan limbah yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada penggunaan larva *Black Soldier Fly* sebagai agen biokonversi.
3. Efektivitas biokonversi yang dianalisis hanya mencakup kemampuan larva BSF dalam mereduksi jumlah limbah ampas tahu.
4. Penelitian ini membatasi durasi biokonversi limbah ampas tahu dengan maggot BSF dalam periode waktu tertentu yang ditentukan oleh kondisi optimal larva BSF.

1.5 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini dapat dibuat hipotesis antara lain sebagai berikut :

- Hipotesis 0 (H0): Laju pertumbuhan berat maggot BSF tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap tingkat reduksi limbah pada ketiga jenis biokonverter.
- Hipotesis 1 (H1): Laju pertumbuhan berat maggot BSF memiliki hubungan signifikan terhadap tingkat reduksi limbah pada ketiga jenis biokonverter.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

Industri tahu merupakan salah satu bentuk industri kecil yang memiliki karakteristik pengelolaan yang relatif sederhana. Kegiatan produksi tahu di Indonesia sebagian besar dijalankan oleh usaha-usaha skala kecil dengan keterbatasan modal. Menurut Subekti, (2011), industri tahu tersebar luas di berbagai wilayah Indonesia, baik di daerah pedesaan maupun perkotaan, sehingga dapat ditemukan hampir di setiap pelosok negeri. Lokasi usaha ini umumnya berada di lingkungan tempat tinggal, dekat dengan konsumen, untuk memudahkan distribusi dan pemasaran. Meskipun tersebar luas, industri tahu masih didominasi oleh sumber daya manusia dengan tingkat pendidikan yang relatif rendah, yang berdampak pada efisiensi pengelolaan dan minimnya inovasi dalam pengolahan limbah. Dalam konteks pengolahan limbah, sebagian besar pelaku industri tahu belum menerapkan praktik pengolahan limbah yang memadai, sehingga sering kali menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Hal ini menjadi salah satu tantangan utama bagi keberlanjutan industri tahu di masa depan, terutama dalam upaya menciptakan industri yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Djayanti, (2015) menjelaskan bahwa industri tahu merupakan salah satu industri kecil yang menghasilkan produk pangan berbahan dasar kedelai. Pengelolaan industri tahu umumnya dilakukan secara mandiri oleh keluarga dengan skala usaha rumah tangga, di mana proses produksi dan pengelolaannya sering kali tidak terpisah dari aktivitas rumah tangga sehari-hari. Industri ini cenderung tumbuh di kawasan pemukiman penduduk, sehingga memudahkan akses bahan baku dan distribusi produk ke pasar lokal. Meskipun dikelola secara sederhana, industri tahu berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat dan membuka peluang usaha bagi banyak keluarga di berbagai daerah. Dengan demikian, industri tahu dapat dikategorikan sebagai industri tradisional yang memiliki potensi besar untuk berkembang, namun masih menghadapi berbagai tantangan, baik dari segi teknologi, pengelolaan sumber daya manusia, maupun aspek lingkungan yang perlu diperhatikan lebih serius.

2.2 Limbah Industri Tahu

Limbah tahu merupakan salah satu bentuk limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu, terutama pada tahap pencucian kedelai dan pembuatan tahu itu sendiri. Limbah yang dihasilkan dalam proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang paling umum dihasilkan dari industri tahu adalah ampas tahu (Agung &

Winata, 2011). Ampas tahu merupakan residu padat yang diperoleh dari sisa pengolahan kedelai setelah dipisahkan sari kedelainya. Proses ini melibatkan pemerasan dan penyaringan, sehingga menghasilkan ampas yang memiliki tekstur agak padat dan berwarna putih.

Ampas tahu, sebagai limbah padat, tidak hanya merupakan produk sisa dari proses pembuatan tahu, tetapi juga memiliki karakteristik yang membuatnya kurang tahan lama jika disimpan dalam kondisi basah. Menurut penelitian (Sina *et al.*, 2021), ampas tahu basah cenderung cepat mengalami kerusakan, menjadi asam, dan membusuk dalam waktu 2 hingga 3 hari jika tidak ditangani atau diawetkan dengan benar. Hal ini disebabkan oleh kandungan air yang tinggi dalam ampas, yang mempercepat proses pembusukan ketika terpapar udara terbuka. Sebagai limbah padat, ampas tahu memiliki potensi pemanfaatan yang perlu dieksplorasi lebih lanjut, baik dalam bentuk pakan ternak, pupuk organik, maupun bahan baku alternatif dalam berbagai industri. Namun, pengelolaan dan pengolahan yang tepat menjadi faktor penting untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan akibat akumulasi limbah tahu ini.

2.3 Limbah Sayur

Sampah sayur-sayuran merupakan jenis limbah organik yang sering kali dibuang secara terbuka (*open dumping*) tanpa melalui proses pengelolaan lebih lanjut. Metode pembuangan ini dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan, termasuk munculnya bau tidak sedap yang mengganggu kenyamanan masyarakat di sekitarnya. Limbah organik, khususnya dari sayur-sayuran, mencakup bagian terbesar dari total volume sampah, yaitu sekitar 55%. Sampah organik ini memiliki sifat mudah membusuk, sehingga dalam waktu singkat dapat menimbulkan bau yang menyengat dan lingkungan yang tidak sehat (Erickson *et al.*, 2013).

Apabila kondisi ini dibiarkan terus menerus tanpa pengelolaan, maka sampah yang menumpuk dapat mencemari lingkungan. Selain menimbulkan bau, proses pembusukan sampah organik melepaskan gas metana (CH₄), yang merupakan salah satu gas rumah kaca penyebab pemanasan global atau global warming. Dampak jangka panjangnya tidak hanya memengaruhi kualitas udara, tetapi juga berkontribusi terhadap perubahan iklim secara keseluruhan. Seiring dengan meningkatnya volume sampah yang dihasilkan setiap harinya, diperlukan langkah pengelolaan sampah secara *in situ*, yaitu pengelolaan di lokasi penghasil sampah sebelum dilakukan pemindahan ke tempat pembuangan akhir (TPA). Pendekatan ini menggunakan teknologi sederhana untuk mengolah dan mengurangi volume sampah, sehingga jumlah

limbah yang dikirim ke TPA dapat diminimalkan. Dengan demikian, pengelolaan in situ tidak hanya mengurangi beban TPA tetapi juga berpotensi mengurangi dampak negatif sampah terhadap lingkungan (Waluyo, 2020).

2.4 Maggot *Black Soldier Fly*

Black Soldier Fly (BSF), yang memiliki nama latin *Hermetia illucens*, adalah spesies lalat dari ordo Diptera dan termasuk dalam famili Stratiomyidae dengan genus *Hermetia*. BSF berasal dari benua Amerika dan kini telah menyebar ke hampir seluruh dunia di antara garis lintang 45° LU hingga 40° LS. Di Indonesia, BSF dapat ditemukan di daerah Maluku dan Irian Jaya, yang merupakan salah satu habitat alamnya. Suhu optimal untuk pertumbuhan BSF berkisar antara 30°C hingga 36°C, sementara larvanya tidak dapat bertahan pada suhu di bawah 7°C dan di atas 45°C (Dortmans *et al.*, 2017)

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Serangga
Ordo	: Diptera
Famili	: Stratiomyidae
Subfamili	: Hermetiinae
Genus	: <i>Hermetia</i>
Spesies	: <i>Hermetia illucens</i>

Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) atau *Hermetia illucens* merupakan bagian penting dalam siklus hidup lalat BSF yang diawali dari telur. Telur yang dihasilkan oleh lalat BSF akan menetas menjadi larva atau maggot, yang kemudian akan mengalami fase perkembangan menjadi pupa, dan akhirnya menjadi lalat dewasa (Masir *et al.*, 2020). Siklus hidup ini memiliki empat tahapan utama, yaitu fase telur, larva, pupa, dan dewasa, yang merupakan bagian krusial dalam proses reproduksi dan regenerasi lalat BSF (Liu *et al.*, 2017).



Gambar 1. Maggot *Black Soldier Fly* (*Hermetia Illunces*)

Maggot BSF dikenal sebagai organisme dekomposer yang berperan dalam proses penguraian bahan organik. Organisme ini memiliki kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis bahan organik, termasuk sampah rumah tangga, limbah pertanian, dan limbah pabrik, sehingga dianggap sebagai agen biologis yang efektif dalam mengurangi limbah. Kemampuan maggot BSF untuk mengunyah makanannya dibantu oleh mulutnya yang berbentuk pengait (*hook*), yang memungkinkannya mencerna bahan organik dengan efisien (Mokolensang *et al.*, 2018).

Peran maggot BSF dalam proses penguraian ini menjadikannya sebagai salah satu solusi dalam pengelolaan limbah berkelanjutan. Maggot BSF dapat menghasilkan telur dalam jumlah besar, yang merupakan faktor penting dalam memastikan keberlanjutan siklus hidup dan proses reproduksi mereka. Dalam konteks pengelolaan limbah, maggot BSF terbukti mampu mengurangi hingga 80% volume sampah organik, termasuk sampah rumah tangga dan limbah industri lainnya (Dewantoro & Mahmud, 2018). Hal ini menegaskan potensi maggot BSF sebagai agen yang efektif dalam mendukung sistem pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Diener *et al.*, 2015). Dengan demikian, peran maggot BSF dalam siklus hidup lalat *Black Soldier Fly* tidak hanya penting dalam proses reproduksi, tetapi juga dalam aspek ekologis dan ekonomi, terutama dalam konteks pengelolaan limbah organik dan penyediaan sumber protein alternatif yang berkelanjutan.

2.5 Siklus Hidup Maggot *Black Soldier Fly*

BSF (*Black Soldier Fly*) merupakan serangga yang berasal dari sabana di kawasan Amerika Selatan dan kini telah menyebar luas di berbagai wilayah dengan iklim sedang, subtropis, dan tropis. Serangga ini mampu hidup dengan baik pada kisaran suhu optimal antara 25°C hingga 30°C. Siklus hidup BSF dimulai dari telur hingga menjadi lalat dewasa, yang memerlukan waktu sekitar 40 hingga 45 hari. Durasi ini dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan, seperti suhu dan kelembapan, serta jenis dan kualitas media pakan yang digunakan. Siklus hidup BSF terdiri dari beberapa tahapan. Fase pertama adalah fase telur, di mana BSF betina meletakkan telur-telurnya di tempat yang sesuai. Setelah beberapa waktu, telur-telur tersebut menetas dan menghasilkan larva yang dikenal sebagai *Black Soldier Fly* (BSF) atau maggot. Larva ini tumbuh dan berkembang dengan memakan bahan organik sebelum memasuki fase berikutnya, yaitu fase pupa. Pada fase pupa, maggot mengalami proses metamorfosis hingga akhirnya berubah menjadi lalat BSF dewasa yang siap untuk bereproduksi dan mengulang siklus hidupnya.



Gambar 2. Siklus Hidup Maggot BSF

Lalat betina BSF mampu menghasilkan sekitar 320 hingga 1.000 telur yang diletakkan di substrat kering pada lingkungan lembap. Lingkungan lembap ini penting untuk membatasi kehilangan air dari dalam telur. Ketika menetas, larva berukuran sekitar 0,66 mm dan segera mencari material organik sebagai sumber pakan. Di alam, fase larva berlangsung sekitar 3 minggu, namun dapat bertahan hingga 5 bulan tergantung pada ketersediaan pakan. Fase larva ini optimal pada suhu 20-30°C, sementara suhu di luar rentang tersebut akan menghambat pertumbuhan dan proses makan larva. Selama fase larva, terjadi proses biokonversi limbah organik menjadi energi. Larva biasanya aktif makan hingga usia 21-24 hari setelah menetas. Setelah itu, larva memasuki fase prepupa, yang ditandai dengan perubahan warna tubuh dari krem menjadi coklat kehitaman, serta migrasi ke tempat yang lebih kering. Fase berikutnya adalah fase pupa, di mana ukuran tubuh mencapai 12-25 mm. Pada fase ini, larva berhenti bergerak, kulitnya mengeras, dan kaya akan garam kalsium yang membentuk selubung berwarna hitam. Metamorfosis secara keseluruhan memerlukan waktu sekitar 2 minggu, dengan lalat jantan biasanya berkembang lebih cepat dibandingkan lalat betina. Setelah memasuki fase imago, lalat jantan dan betina akan kawin dalam waktu 2 hari. Proses pematangan telur pada lalat betina memerlukan waktu tambahan sekitar 2 hari sebelum telur-telur tersebut diletakkan. Lalat dewasa umumnya memiliki rentang hidup sekitar 5 hingga 14 hari (Tim Energi dan Pengelolaan Limbah, 2023).

2.6 Pemanfaatan Maggot *Black Soldier Fly*

Pengolahan sampah organik merupakan salah satu solusi penting dalam upaya pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Beberapa metode yang telah umum diterapkan di masyarakat dalam pengolahan sampah sisa makanan meliputi biogas, kompos rumah tangga seperti metode Takakura dan open windrow, vermicomposting, serta biokonversi menggunakan *Black Soldier Fly*. Di antara metode-metode tersebut, penggunaan BSF semakin menarik perhatian karena efektivitasnya dalam mendegradasi sampah organik dan menghasilkan produk bernilai ekonomi. Metode BSF memanfaatkan larva lalat tentara hitam, atau lebih dikenal dengan maggot, dalam proses biokonversi. Keunggulan utama dari metode ini adalah kemampuannya untuk mengubah nutrisi dalam sampah menjadi biomassa yang disimpan dalam tubuh larva. Menurut Putri & Mirwan (2023), larva BSF dapat mendegradasi hingga lebih dari 50% dari total sampah organik, sehingga berperan signifikan dalam pengurangan limbah yang harus dibuang ke tempat pembuangan akhir. Selain itu, proses ini juga membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang sering dihasilkan dari dekomposisi sampah organik secara konvensional, serta mampu mengontrol bau dan hama yang biasanya muncul pada tempat pengolahan sampah.

Pemanfaatan larva BSF memiliki berbagai manfaat tambahan. Larva ini mengandung protein tinggi, sehingga potensial sebagai pakan ternak yang lebih murah dan ramah lingkungan. Eksoskeletonnya mengandung kitin, yang berguna dalam industri farmasi dan kosmetik. Kandungan lemaknya juga memungkinkan larva dimanfaatkan sebagai bahan baku biofuel. Selain itu, enzim amilolitik dalam usus larva membantu mengurai nutrisi dari limbah organik menjadi biomassa. Residu hasil biokonversi pun bermanfaat, karena mengandung bakteri *Bacillus sp.* yang mempercepat pelepasan unsur hara ke dalam tanah, mendukung kesuburan tanah. (Ratni & Dewinda, 2022). Dengan demikian, residu dari pengolahan menggunakan BSF ini juga bermanfaat sebagai pupuk organik yang dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Selain limbah makanan, larva maggot BSF dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada berbagai media organik, seperti kotoran ternak (sapi, babi, ayam), sampah buah, dan limbah organik lainnya (Sulistia *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa BSF memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam memanfaatkan berbagai jenis limbah organik, menjadikannya pilihan yang sangat efisien untuk berbagai skala pengolahan limbah. Dengan berbagai keunggulan ini, metode BSF tidak hanya memberikan solusi praktis untuk pengelolaan sampah organik, tetapi juga menawarkan manfaat ekonomi dan

lingkungan yang signifikan. Potensi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, mengendalikan bau, serta menghasilkan produk bernilai tambah, seperti pakan ternak dan biofuel, menjadikan BSF sebagai salah satu teknologi yang patut dikembangkan lebih lanjut dalam upaya pengelolaan sampah berkelanjutan.

2.7 Pengolahan Limbah Industri Tahu Menggunakan Maggot *Black Soldier Fly*

Produk samping dari industri tahu berupa limbah padat yang dikenal dengan sebutan ampas tahu. Limbah padat ini merupakan sisa dari proses pembuatan tahu yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Salah satu bentuk pemanfaatan yang cukup umum adalah dengan mengolah ampas tahu menjadi *tempe gembos*, sebuah produk fermentasi yang dihasilkan dari limbah tahu. Selain itu, ampas tahu juga sering digunakan sebagai pakan ternak, terutama untuk sapi dan bebek. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Hikmah *et al.*, 2019), *tempe gembos* dijual dengan harga yang relatif murah di pasar tradisional, yaitu sekitar Rp 500.

Sebagian besar masyarakat yang terlibat dalam industri tahu masih memanfaatkan ampas tahu untuk diolah menjadi *tempe gembos* atau pakan ternak, seperti sapi dan babi. Namun, pemanfaatan ampas tahu untuk pembuatan *tempe gembos* ini masih belum optimal. Dari segi nilai ekonomi, *tempe gembos* memiliki nilai jual yang rendah, sehingga tidak memberikan keuntungan yang signifikan bagi produsen. Hal ini diperparah dengan selera konsumen yang cenderung kurang menyukai tekstur dan rasa dari produk *tempe gembos* (Sina *et al.*, 2021). Selain itu, rendahnya popularitas produk ini di pasar turut membatasi pengembangan lebih lanjut dari pemanfaatan ampas tahu.

Secara keseluruhan, pemanfaatan limbah padat dari produksi tahu masih memiliki banyak potensi yang belum dimaksimalkan. Pemanfaatan yang lebih inovatif dan efisien dapat membantu meningkatkan nilai ekonomi limbah tersebut sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Upaya untuk meningkatkan kualitas produk turunan dari ampas tahu, seperti inovasi dalam pembuatan produk pangan atau pakan, serta edukasi kepada masyarakat mengenai nilai tambah produk tersebut, sangat diperlukan untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah industri tahu.

Pengelolaan limbah ampas tahu dengan memanfaatkan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan salah satu metode inovatif dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah organik. Ampas tahu yang selama ini dianggap sebagai limbah dapat digunakan sebagai pakan bagi maggot BSF, yang dikenal

memiliki kemampuan tinggi dalam menguraikan limbah organik. Penelitian yang dilakukan oleh (Rukmini *et al.*, 2021) menunjukkan bahwa pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan bagi maggot BSF tidak hanya berpotensi mengurangi volume limbah, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Melalui proses ini, maggot BSF mampu mengonversi limbah ampas tahu menjadi biomassa larva yang bernilai tinggi, yang dapat dijual sebagai pakan hewan ternak atau ikan. Dengan demikian, metode ini tidak hanya membantu mengurangi beban lingkungan dari limbah tahu, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru bagi masyarakat, terutama di sektor peternakan dan perikanan yang membutuhkan sumber pakan alternatif.

2.8 Parameter yang Mempengaruhi Reduksi Limbah

Terdapat berbagai parameter yang berperan penting dalam proses reduksi limbah oleh maggot *Black Soldier Fly* (BSF), di mana masing-masing parameter memiliki fungsinya tersendiri. Maggot BSF membutuhkan kondisi lingkungan yang optimal agar mampu mereduksi limbah secara efektif (Lindawati *et al.*, 2023). Jika kondisi lingkungan sudah memenuhi persyaratan, maggot BSF akan menjalankan proses reduksi limbah dengan baik. Sebaliknya, apabila kondisi lingkungan tidak sesuai, proses reduksi limbah tidak akan berjalan secara maksimal dan bahkan dapat menyebabkan kematian pada maggot BSF. Oleh karena itu, menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai menjadi hal yang sangat krusial dalam mendukung keberhasilan proses ini. Dalam upaya menciptakan kondisi yang optimal untuk proses reduksi limbah, diperlukan penyesuaian terhadap parameter-parameter berikut:

2.8.1 Suhu

Maggot BSF merupakan salah satu organisme yang hidup di wilayah dengan iklim sedang, subtropis, dan tropis. Hewan ini memiliki rentang suhu optimal untuk bertahan hidup dan melakukan aktivitas biologis, termasuk menguraikan limbah, yaitu antara 20°C hingga 30°C (Mangisah *et al.*, 2022). Apabila suhu lingkungan berada di bawah atau melebihi rentang tersebut, maggot BSF akan mengalami kesulitan dalam menjalankan fungsinya sebagai pengurai limbah. Kondisi suhu yang tidak sesuai dapat menghambat metabolisme maggot, sehingga proses penguraian limbah menjadi tidak efektif. Dalam beberapa kasus, suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi bahkan dapat menyebabkan stres atau kematian pada maggot BSF, yang selanjutnya mengganggu keberlangsungan proses reduksi limbah. Oleh karena itu, menjaga suhu lingkungan agar tetap berada dalam kisaran optimal sangat penting untuk mendukung efektivitas maggot BSF dalam mengolah limbah.

2.8.2 Kelembapan

Maggot BSF membutuhkan tingkat kelembapan lingkungan yang optimal, yaitu berkisar antara 40% hingga 60%, agar dapat menjalankan proses reduksi limbah secara efektif. Kelembapan yang sesuai berperan penting dalam mendukung aktivitas biologis maggot, seperti pencernaan dan metabolisme, yang secara langsung memengaruhi kemampuannya untuk menguraikan limbah. Jika kelembapan lingkungan berada di bawah atau di atas kisaran tersebut, proses reduksi limbah dapat terganggu. Kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan dehidrasi pada maggot, sementara kelembapan yang terlalu tinggi dapat menciptakan kondisi yang tidak nyaman, seperti risiko pertumbuhan mikroorganisme patogen (Lindawati *et al.*, 2023).

2.8.3 pH

Maggot BSF memiliki kemampuan untuk mereduksi limbah dengan tingkat keasaman tertentu, yaitu pada pH antara 4,53 hingga 6,43. Rentang pH ini dianggap optimal karena mendukung aktivitas biologis maggot dalam mencerna dan menguraikan limbah secara efektif. Apabila pH limbah berada di luar rentang tersebut, proses reduksi oleh maggot BSF dapat terganggu. pH yang terlalu rendah (terlalu asam) atau terlalu tinggi (terlalu basa) dapat menghambat metabolisme maggot dan menurunkan efisiensi reduksi limbah (Dewi *et al.*, 2023). Oleh karena itu, menjaga tingkat pH limbah agar tetap berada dalam kisaran yang sesuai merupakan salah satu faktor penting untuk memastikan keberhasilan proses penguraian limbah oleh maggot BSF.

2.9 Penelitian Terdahulu

Referensi pada penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Judul	Penulis	Metode	Hasil
-------	---------	--------	-------

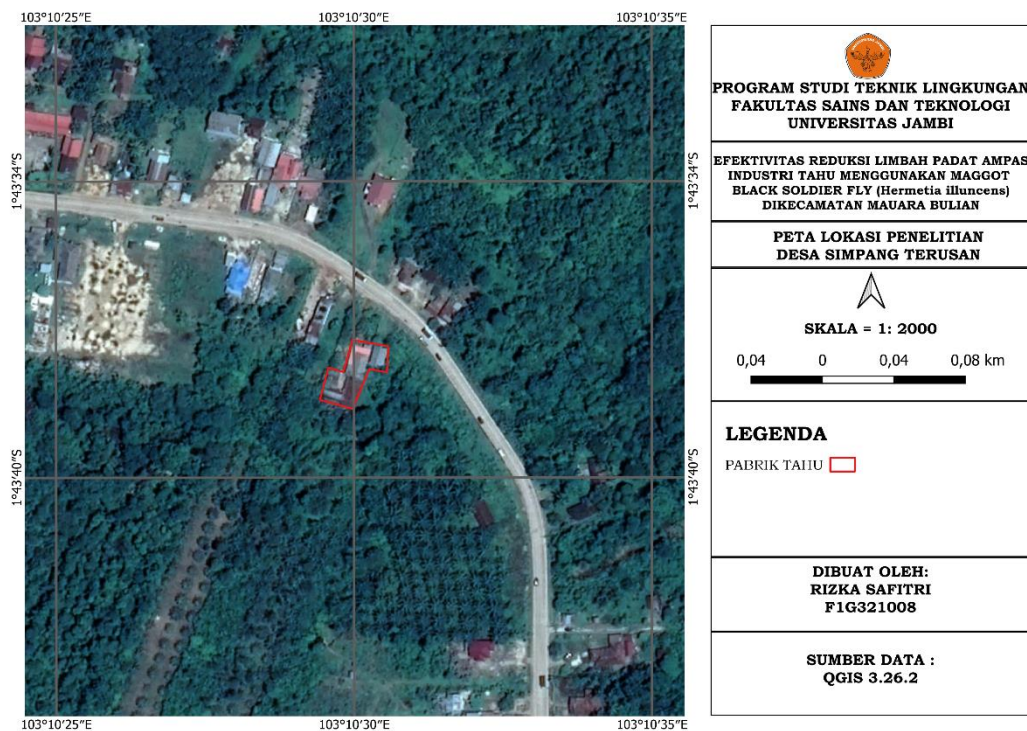
Efektivitas Larva <i>Black Soldier Fly</i> (<i>Hermetia illucens</i>) dalam Mereduksi Sampah Organik Pasar	Nofiyanti dkk., 2022	Metode kuantitatif dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari lima perlakuan dan empat ulangan dengan variasi jumlah pakan dan larva	Perlakuan A (270 gram pakan: 150 gram larva) memberikan bobot akhir maggot tertinggi, yaitu 195 gram. Konsumsi substrat tertinggi pada perlakuan E (55%).
<i>Effectiveness of Organic Waste Degradation Level using the Black Soldier Fly Maggot</i>	Putri dkk., 2022	Penelitian eksperimental di TPS 3R Sekaran dengan maggot BSF pada berbagai jenis sampah organik (nasi, daging, buah, daun) menggunakan Baby Maggot dan Adult Maggot	Tingkat degradasi sampah tertinggi oleh Baby Maggot adalah pada nasi (69,83%), sedangkan oleh Adult Maggot adalah pada daging (0,59 kg/24 jam).
Pemanfaatan Ampas Tahu dan Sampah Pasar Sebagai Pakan Larva BSF	Rukmini, 2021	Penelitian menggunakan kotak plastik dengan campuran ampas tahu, sayur, dan buah sebagai pakan larva BSF tanpa penambahan umpan tambahan	Campuran ampas tahu dan buah menghasilkan ECD (Efisiensi Konversi Umpan Tercerna) tertinggi sebesar 10,2% dan WRI (<i>Waste Reduction Index</i>) sebesar 3,1%.

Efektivitas Maggot <i>Black Soldier Fly</i> sebagai Pengurai Sampah Sayur- Sayuran, Sampah Buah-Buahan, dan Sisa Makanan	Lindawati dkk, 2023	Penelitian ini adalah eksperimen dengan desain post-test. Dilakukan selama 12 hari dengan sampel maggot <i>Black Soldier Fly</i> dan sampah organik (sayur- sayuran, buah- buahan, dan sisa makanan) dalam tiga kali pengulangan. Pengukuran suhu, pH, dan kelembaban dilakukan secara teratur.	Maggot <i>Black Soldier Fly</i> menunjukkan peningkatan berat pada sisa makanan sebesar 267% dan menghasilkan penguraian yang paling efektif untuk sisa makanan dengan penurunan berat sampah sebesar 72%. Uji ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan antara jenis sampah yang diuraikan.
---	--------------------------------	--	--

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi daPenelitian

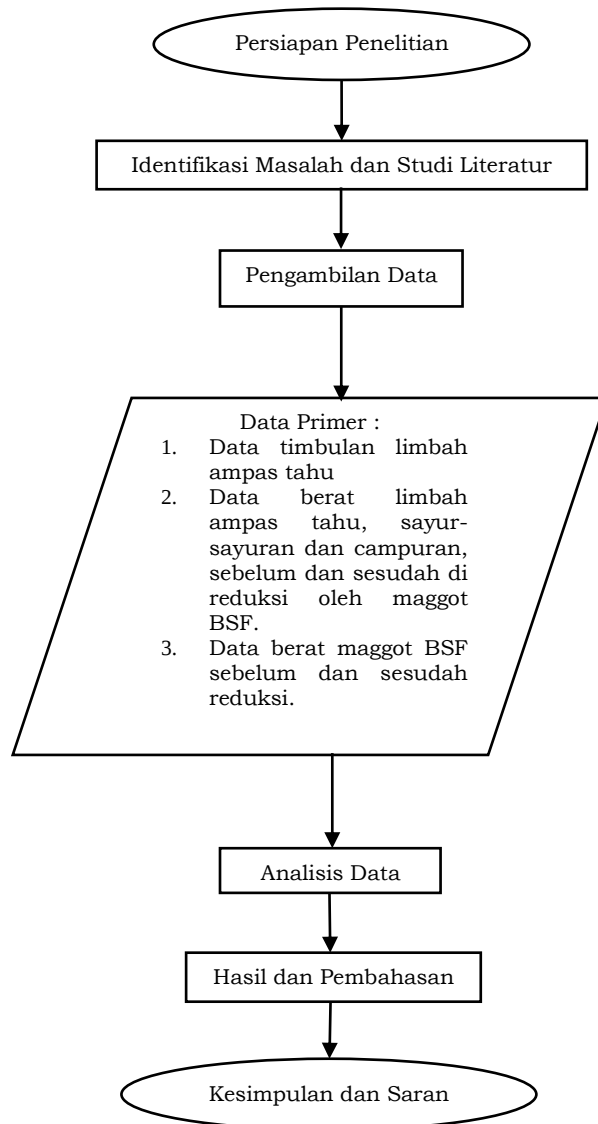
Lokasi pengambilan limbah ampas tahu ini di ambil dari dari Pabrik Tahu Pal 9 Muara Bulian. Eksperimen penelitian dilakukan di rumah maggot yang berlokasi di Desa Pasar Terusan, Kecamatan Muara Bulian. Rumah ini dipilih sebagai lokasi pelaksanaan eksperimen karena memiliki area yang memadai untuk pengolahan limbah dengan menggunakan maggot *Black Soldier Fly*. Waktu penelitian ini dilakukan selama 45 hari pada bulan februari hingga maret 2025. Tempat pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Skema Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini, dibutuhkan alur penelitian yang bertujuan untuk memudahkan penulis serta pembaca dalam memahami tahapan penelitian. Alur penelitian di tunjukan pada skema pnelitian berikut :



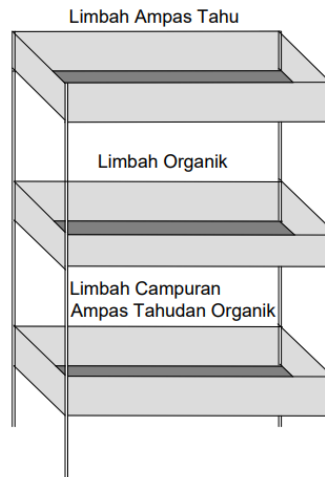
Gambar 4. Skema Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Biokonverter Maggot BSF



Gambar 5. Biokonverter

2. Timbangan



Gambar 6. Timbangan

3. Jaring Lalat Maggot BSF



Gambar 7. Jaring Lalat

4. Termometer



Gambar 8. Termometer

5. Sensor Kelembapan



Gambar 9. Sensor Kelembapan

6. Ph Meter



Gambar 10. pH Meter

3.3.2 Bahan

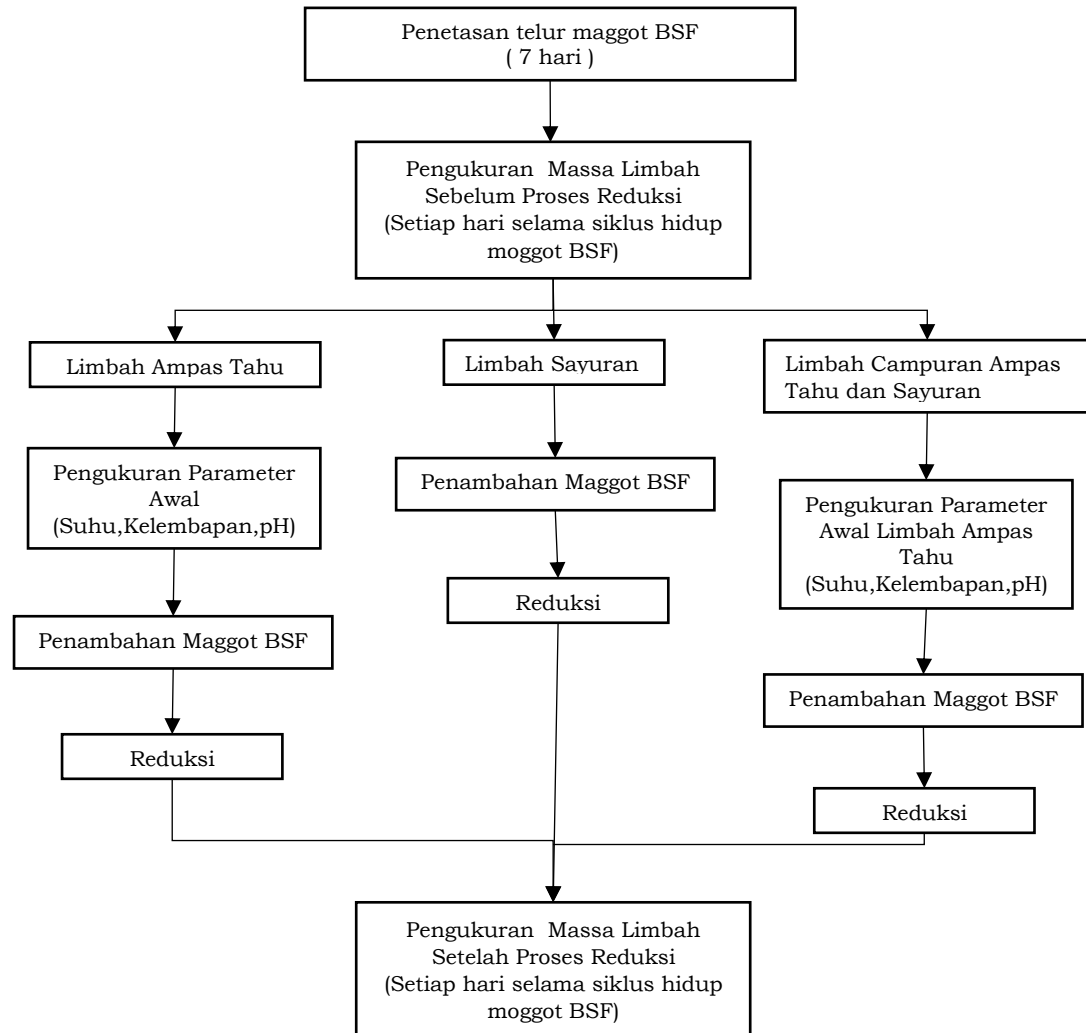
Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Limbah Ampas Tahu

2. Limbah Sayur-sayuran

3.4 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat prosedur penelitian yang dimana



Gambar 11. Prosedur Penelitian

3.5 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat dua jenis variabel utama yang digunakan, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas merupakan variabel yang dapat dihitung, dikendalikan, serta dimanipulasi dalam rangka memengaruhi variabel lain, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh perubahan atau pengaturan pada variabel bebas. Adapun variabel-variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Variabel Penelitian

Variabel Bebas	Variabel Terikat
Kemampuan maggot dalam menguraikan limbah ampas tahu, limbah sayur-sayuran, serta limbah campuran ampas tahu dan sayur-sayuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa efektif maggot dalam memecah limbah berdasarkan jenis limbah yang diberikan.	1. Jumlah massa limbah ampas tahu 2. Jumlah massa limbah sayur-sayuran 3. Jumlah massa limbah campuran antara ampas tahu dan sayur-sayuran

3.6 Data Penelitian

Berdasarkan judul penelitian ini yaitu “Efektivitas Reduksi Limbah Padat Ampas Industri Tahu di Kecamatan Muarabulian” data yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

3.6.1 Data Primer

Data primer ini merupakan data yang di ambil langsung di lokasi penelitian, Pengambilan data primer mencakup pengukuran berat limbah ampas tahu yang dihasilkan setiap hari dari pabrik tahu milik Pak Samsudin, pengukuran efektivitas biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF), serta pengukuran efisiensi waktu yang diperlukan untuk mereduksi limbah tersebut. Efektivitas diukur berdasarkan jumlah limbah yang berhasil direduksi, sementara efisiensi waktu diukur dari durasi yang dibutuhkan maggot BSF untuk mereduksi limbah dalam kondisi berbeda, seperti limbah murni, organik, dan campuran. Data yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Massa limbah yang direduksi.
2. Massa maggot BSF
3. Waktu reduksi

Pada pengukuran data yang dibutuhkan dalam penelitian ini digunakan tabel sebagai berikut dalam mempermudah pengukuran.

Tabel 3. Pengukuran Data

Hari	Massa Maggot	Massa Limbah Tahu	Massa Limbah Sayuran	Massa Limbah Campuran
1				
2				

3.7 Analisis Data

Tahapan analisis data pada penelitian ini yaitu dengan melakukan perhitungan berdasarkan data primer yang telah didapatkan. Analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.7.1 Analisis Data Efektivitas

Pada analisis data untuk efektivitas reduksi limbah ampas tahu menggunakan maggot *Black Soldier Fly* (BSF), uji ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antara berat maggot BSF sebelum dan sesudah proses reduksi pada tiap jenis limbah. Uji ini bertujuan untuk menilai pengaruh pemberian jenis pakan terhadap pertumbuhan larva BSF serta efektivitas biokonversi yang dihasilkannya. Dalam prosedurnya, berat awal larva diukur sebelum diberikan limbah yang akan direduksi, kemudian dibandingkan dengan berat akhir setelah proses penguraian berlangsung selama periode tertentu. Tingkat efektivitas dihitung dengan persamaan:

$$\text{Persentase Efektivitas} = \frac{L_{\text{end larva}} - L_{\text{stars larva}}}{L_{\text{stars larva}}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

Dimana :

L end larva : Massa akhir larva

L stars larva : Massa awal larva

Perhitungan ini dilakukan pada setiap sampel dengan waktu tertentu, di mana 100 gram maggot BSF akan mengurai 1000 gram limbah tiap harinya dalam waktu 23 hari selama siklus fase larva BSF.

3.7.2 Analisis Data Efisiensi Waktu

Analisis data efisiensi waktu biokonversi limbah menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dimulai dengan menghitung indeks pengurangan limbah atau *weste reduction index* (WRI). WRI merupakan indeks pengurangan limbah oleh larva setiap harinya. Tingkat WRI yang tinggi menunjukkan bahwa kemampuan reduksi yang di miliki larva juga tinggi. Untuk menghitung WRI dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Diener *et al.*, 2009):

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2})$$

$$D = \frac{W-R}{W} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 3})$$

Dimana :

- WRI : Indeks pengurangan limbah
- D : Penurunan limbah total
- t : Total waktu larva memakan limbah (Hari)
- R : Sisa limbah total setelah waktu tertentu
- W : Jumlah limbah total (g)

Selanjutnya untuk menghitung untuk menghitung efisiensi waktu dilakukan perhitungan Efisiensi konsumsi pakan atau (ECD) *Efficiency of Conversion of Digested-feed*. EDC berfungsi untuk mengetahui jumlah makanan yang dapat dicerna oleh larva BSF dalam kurun waktu tertentu. Untuk menghitung EDC dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$EDC = \frac{D}{t} \times 100 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 4})$$

Dimana :

- EDC : Efisiensi konsumsi pakan
- D : Total penurunan limbah (g)
- T : Total waktu larva memakan limbah (Hari)

3.7.3 Analisis Data Laju Pertumbuhan Maggot BSF Terhadap Reduksi Limbah

Pada analisis data laju pertumbuhan maggot BSF terhadap limbah reduksi limbah ampas tahu, limbah sayur-sayuran serta limbah campuran ampas tahu serta sayur-sayuran. Analisis data dilakukan dengan mengukur tingkat laju pertumbuhan larva maggot BSF atau *larval growth rate (GR) (g/ d)*. Tingkat pertumbuhan larva maggot BSF merupakan laju tumbuh dan berkembang maggot dari tahap awal hingga tahap akhir. Untuk mengetahui *larval growth rate (GR)* digunakan persamaan sebagai berikut (Jucker *et al.*, 2020) :

$$GR = \frac{L_{\text{end larva}} - L_{\text{stars larva}}}{t} \dots\dots\dots \text{Persamaan 5}$$

Dimana :

- GR : Laju pertumbuhan larva maggot bsf (g/hari)
- L end larva : Massa akhir larva
- L stars larva : Massa awal larva
- t : Waktu (hari)

Selanjutnya analisis akan dilanjutkan dengan dengan uji korelasi untuk melihat tingkat keeratan hubungan tingkat laju pertumbuhan dari variabel bebas yaitu kemampuan maggot dalam mereduksi dan variabel terikat yaitu massa limbah yang akan direduksi.

Pada uji korelasi tingkat keeratan hubungan dilihat dari interval koefisien pada table 4.

Tabel 4. Interval koefisien uji korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber : Reza, (2016).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Siklus Perkembangan Maggot *Black Soldier Fly* didalam Biokonverter

Proses biokonversi maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dilakukan di dalam biokonverter. Biokonverter berfungsi sebagai alat atau wadah utama tempat berlangsungnya proses penguraian limbah organik yang dilakukan oleh maggot BSF. Keberadaan biokonverter sangat penting dalam mendukung efisiensi biokonversi karena memungkinkan pengendalian kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan pH, yang berpengaruh terhadap pertumbuhan serta kinerja maggot dalam mereduksi limbah.

Siklus perkembangan maggot BSF dimulai dari fase telur yang diletakkan oleh lalat BSF betina. Setelah mengalami inkubasi selama beberapa hari, telur akan menetas menjadi larva. Pada fase larva ini, maggot BSF menunjukkan aktivitas metabolisme yang tinggi dan memiliki kemampuan signifikan dalam mengurai serta mengonsumsi limbah organik. Fase ini merupakan tahap utama dalam proses biokonversi karena larva memanfaatkan limbah sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuhnya. Seiring berjalannya waktu, larva akan mengalami perubahan ke fase pupa. Pada fase ini, maggot BSF mulai mempersiapkan diri untuk bermetamorfosis menjadi lalat dewasa. Selama fase pupa, aktivitas konsumsi makanan berhenti, dan energi yang diperoleh selama fase larva digunakan untuk mendukung transformasi morfologis menuju tahap imago atau lalat dewasa (Mangisah *et al.*, 2022).

Larva BSF kemudian dipindahkan ke dalam biokonverter untuk menjadi agen proses biokonversi terhadap limbah organik seperti pada Gambar 12. Sebagai wadah utama dalam proses ini, biokonverter memainkan peran penting dalam menyediakan lingkungan yang optimal bagi maggot BSF untuk berkembang dan berkontribusi dalam proses penguraian limbah. Siklus perkembangan maggot BSF terus berlanjut, didalam biokonverter dimulai dengan tahap persiapan yang mencakup beberapa langkah utama tujuan dilakukannya pengamtan terhadap siklus hidup maggot BSF dalam biokonverter adalah untuk.

Langkah pertama dalam proses biokonversi adalah penimbangan massa awal maggot BSF sebelum dimasukkan ke dalam biokonverter. Setelah itu, dilakukan pengukuran parameter awal limbah ampas tahu yang akan digunakan sebagai pakan maggot BSF. Parameter yang diukur meliputi nilai pH, suhu, dan kelembapan limbah. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi lingkungan dalam biokonverter sesuai dengan kebutuhan maggot BSF sehingga proses biokonversi dapat berjalan secara optimal.

Setelah parameter awal limbah diperiksa dan dicatat, dilakukan penimbangan massa limbah sebelum diberikan kepada maggot BSF. Maggot yang telah ditempatkan dalam biokonverter kemudian dibiarkan menjalani proses biokonversi selama 24 jam. Selama periode ini, maggot BSF akan aktif mengonsumsi limbah dan mengurai bahan organik yang terdapat di dalamnya. Setelah periode biokonversi berakhir, dilakukan kembali pengukuran massa maggot BSF untuk mengetahui pertumbuhan biomassa yang terjadi selama proses berlangsung. Selain itu, dilakukan pula pengukuran massa limbah yang telah mengalami biokonversi untuk menentukan tingkat reduksi limbah oleh maggot BSF.



Gambar 12. Siklus Perkembangan Maggot BSF dalam Biokonvertor

4.2 Biokonversi Limbah Ampas Tahu, Limbah Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu Serta Sayuran Menggunakan Maggot *Black Soldier Fly*

Biokonversi merupakan salah satu metode pengolahan limbah organik yang saat ini banyak dikembangkan sebagai solusi atas permasalahan limbah, khususnya limbah organik yang berasal dari aktivitas industri maupun rumah tangga. Proses ini melibatkan pemanfaatan mikroorganisme atau makroorganisme, salah satunya adalah larva *Black Soldier Fly* (BSF), yang berperan sebagai agen biodegradasi dalam mempercepat proses penguraian limbah (Devina *et al*, 2022). Pada penelitian ini, percobaan biokonversi limbah ampas tahu menggunakan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dilaksanakan selama 45 hari, dimana, pada fase larva (24 hari awal) maggot berada pada puncak

aktivitas metabolisme dan konsumsi pakan dalam siklus hidupnya. Selanjutnya maggot BSF akan memasuki fase prepupa selama 6 hari, pada fase ini maggot akan mulai berkurang dalam mengkonsumsi limbah dan mulai mempersiapkan diri untuk memasuki fase pupa selama 13 hari. Setelah memasuki fase pupa maggot BSF akan mulai berhenti makan dan mulai mencari tempat yang kering untuk bermetamorfosis selama 2 hari untuk menjadi lalat BSF. Seiring berlangsungnya proses biokonversi, pertumbuhan massa maggot BSF diamati menunjukkan korelasi positif dengan penurunan jumlah limbah, dimana semakin besar massa maggot BSF maka semakin banyak pula massa limbah yang berhasil diurai.

4.2.1 Efektivitas Biokonversi Limbah Ampas, Limbah Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu Serta Sayuran Menggunakan Maggot *Black Soldier Fly*

Penelitian ini diawali dengan pengukuran terhadap suhu, pH, dan kelembapan limbah ampas tahu untuk memastikan kesesuaian kondisi lingkungan terhadap pertumbuhan optimal maggot BSF. Kemudian dilanjutkan dengan mengukur berat awal larva *Black Soldier Fly* (BSF) sebelum proses biokonversi, yang kemudian diukur kembali setelah satu siklus biokonversi selama 24 jam. Setiap hari, larva diberikan 1000 gram limbah sebagai pakan dan beratnya dicatat untuk mengetahui pertumbuhan harian selama penelitian. Pada percobaan ini, digunakan 100gram larva BSF untuk mengurai 1000 gram limbah per unit, dengan jenis limbah terdiri dari ampas tahu, sayur-sayuran, dan campuran keduanya.



Gambar 13. Jenis limbah yang digunakan dalam proses biokonversi

Data hasil pengamatan terhadap pertumbuhan maggot BSF pada proses biokonversi limbah ampas tahu dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5. Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Ampas Tahu

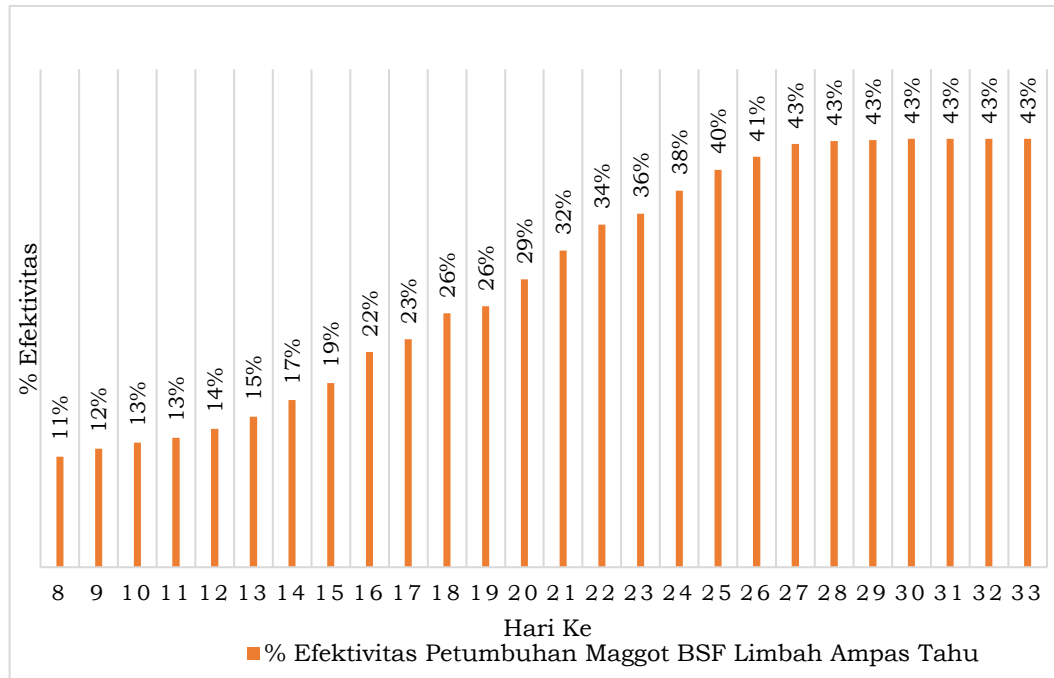
Hari ke-	Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu				Parameter Awal Limbah Ampas Tahu			Kondisi Lingkungan Biokonverter	
	Massa Sebelum Biokonversi	Massa Setelah Biokonversi	Massa Limbah Awal	% Efektivitas	Ph	Suhu	Kelembapan	Suhu	Kelembapan
(1-8)	Penetasan Telur	Penetasan Telur	-		-	-	-	-	-
8	100	111	1000	11%	7	28 °C	Low	26,3 °C	89%
9	111	119	1000	12%	7	27,1 °C	Low	29,8 °C	93%
10	117	125	1000	13%	7	27,3 °C	Low	27,7 °C	86%
11	123	130	1000	13%	7	28,3 °C	Low	26,0 °C	88%
12	130	139	1000	14%	7	27,1 °C	Low	27,4%	83%
13	139	151	1000	15%	5	30,1 °C	Low	29,3 °C	82%
14	151	168	1000	17%	7	27,4 °C	Low	26,9 °C	79%
15	168	185	1000	19%	6,8	29,2 °C	Low	28,2 °C	82%
16	185	216	1000	22%	6,3	28,5 °C	Low	26,9 °C	86%
17	216	229	1000	23%	7	27,4 °C	Low	26,1 °C	84%
18	229	255	1000	26%	7	30,1 °C	Low	28,7 °C	85%
19	255	262	1000	26%	7	29,2 °C	Low	27,6 °C	88%
20	262	289	1000	29%	7	27,3 °C	Low	27,1 °C	86%
21	289	318	1000	32%	6,8	29,9 °C	Low	28,5 °C	89%
22	318	344	1000	34%	7	29,8 °C	Low	27,8 °C	82%
23	334	355	1000	36%	7	29,5 °C	Low	26,6 °C	85%
24	355	378	1000	38%	7	29,3 °C	Low	28,5 °C	84%

Hari ke-	Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu				Parameter Awal Limbah Ampas Tahu			Kondisi Lingkungan Biokonverter	
	Massa Sebelum Biokonversi	Massa Setelah Biokonversi	Massa Limbah Awal	% Efektivitas	Ph	Suhu	Kelembapan	Suhu	Kelembapan
25	378	399	1000	40%	7	27,7 °C	Low	28,6 °C	88%
26	399	412	1000	41%	6,9	29,2 °C	Low	28,8 °C	82%
27	412	425	1000	43%	7	30,1 °C	Low	30,0 °C	87%
28	425	428	1000	43%	7	28,7 °C	Low	29,3 °C	85%
29	428	429	1000	43%	6,7	29,5 °C	Low	28,2 °C	86%
30	429	430	1000	43%	6,8	27,8 °C	Low	26,10%	81%
31	430	430	1000	43%	7	29,6 °C	Low	29,4 °C	87%
32	430	430	1000	43%	7	28,3 °C	Low	28,6 °C	76%
33	430	430	1000	43%	7	30 °C	Low	28,6 °C	80%
34	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	27,3 °C	80%
35	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,3 °C	84%
36	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,8 °C	85%
37	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,5 °C	78%
38	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	29,6 °C	89%
39	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	28,5 °C	82%
40	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	28,3 °C	80%
41	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	29,2 °C	83%
42	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	28,5 °C	88%
43	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,8 °C	80%
44	Lalat	Lalat	-	-	-	-	-	29,7 °C	76%
45	Lalat	Lalat	-	-	-	-	-	28,7 °C	80%

Selama 34 hari pengamatan sejak penetasan telur hingga fase pupa, efektivitas biokonversi maggot BSF dihitung berdasarkan persentase pertambahan massa biomassa terhadap massa awal limbah ampas tahu pada Tabel 5. Pengamatan dimulai pada hari ke-8, karena pada waktu tersebut larva (BSF) telah mencapai ukuran yang dianggap optimal untuk memulai proses biokonversi. Ukuran tubuh maggot yang cukup besar pada tahap ini menunjukkan bahwa mereka telah melewati fase awal pertumbuhan dan siap untuk mengonsumsi serta menguraikan limbah secara lebih efektif dan efisien. Berdasarkan data pada Tabel 5, hasil pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata efektivitas pertumbuhan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) selama proses biokonversi limbah ampas tahu mencapai 29%. Selama masa pengamatan selama 34 hari, nilai efektivitas mengalami tren peningkatan yang konsisten sejak hari ke-8 hingga hari ke-33, dengan efektivitas awal sebesar 11% dan mencapai puncaknya pada hari ke-27 hingga hari ke-33 sebesar 43%. Hal ini menunjukkan bahwa seiring berjalannya waktu, maggot BSF semakin aktif dalam mengonsumsi dan mengonversi limbah menjadi biomassa.

Pada fase awal (hari ke-8 hingga ke-13), efektivitas pertumbuhan masih relatif rendah (11–15%), hal ini dapat disebabkan oleh proses adaptasi maggot terhadap substrat limbah ampas tahu. Namun, mulai hari ke-14, efektivitas mulai meningkat secara signifikan dari 17% hingga mencapai 40% pada hari ke-25. Kenaikan ini mencerminkan peningkatan aktivitas metabolik maggot yang didukung oleh kondisi lingkungan yang relatif stabil, dengan suhu berkisar antara 26–30 °C dan kelembapan tinggi di atas 80% (Parhusip & Gandhi, 2023). Puncak efektivitas tercapai pada hari ke-27 hingga hari ke-33, dengan nilai konversi tetap di angka 43%, menandakan bahwa konsumsi limbah oleh maggot telah mencapai titik maksimum. Setelah hari ke-33, tidak terjadi lagi pertambahan massa maggot, yang menunjukkan bahwa larva telah mencapai fase akhir pertumbuhan dan mulai bertransisi ke fase pupa pada hari ke-34 (Auliani *et al.*, 2021).

Pertumbuhan massa maggot yang diamati selama proses biokonversi ini selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui tingkat efektivitas biokonversi limbah. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan rumus yang tercantum dalam Persamaan 1. Hasil dari perhitungan efektivitas tersebut akan divisualisasikan dalam Gambar 14.



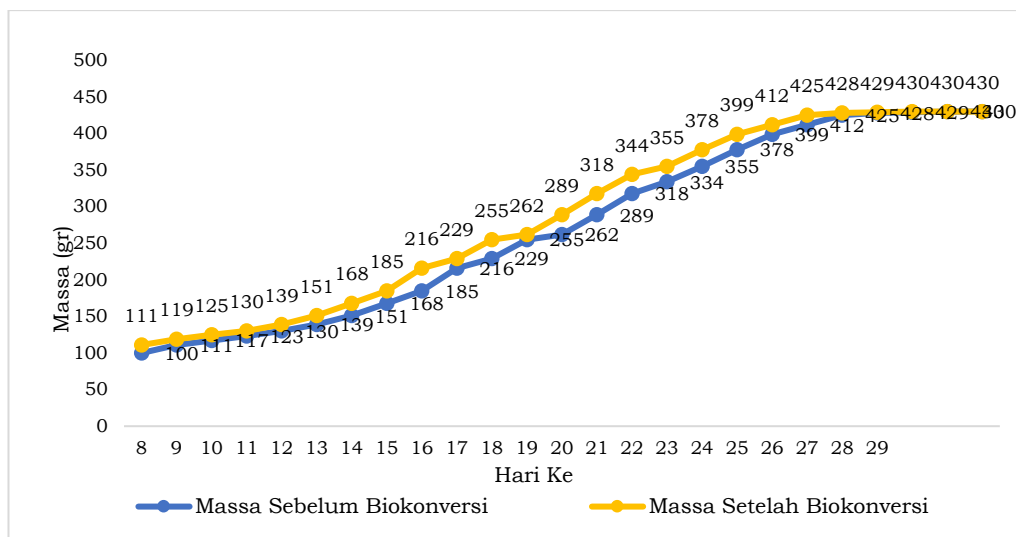
Gambar 14. % Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu

Gambar 14 menunjukkan pada fase awal, efektivitas masih tergolong rendah, yakni antara 11% hingga 15%. Mulai hari ke-14, terjadi peningkatan efektivitas yang lebih tajam dari 17% menjadi 43%. Lonjakan paling signifikan terjadi antara hari ke-20 hingga hari ke-27, yang naik dari 29% menjadi 43% dalam waktu satu minggu. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan pada periode tersebut sangat mendukung pertumbuhan maggot, baik dari segi suhu, kelembapan, maupun ketersediaan nutrisi dari limbah (Parhusip & Gandhi, 2023).

Penelitian ini tidak hanya melakukan pengamatan terhadap proses biokonversi limbah, tetapi juga melakukan pengukuran parameter lingkungan yang berperan penting dalam mendukung keberhasilan proses tersebut. Parameter yang diukur meliputi pH, suhu, dan kelembapan dari limbah ampas tahu sebelum diberikan kepada maggot (BSF), serta suhu dan kelembapan lingkungan di sekitar biokonverter. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi lingkungan berada dalam kisaran optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas biologis larva BSF.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata pH limbah ampas tahu berada pada angka 6,82, yang masih berada dalam rentang ideal untuk aktivitas larva BSF. Suhu limbah yang tercatat rata-rata sebesar 28,38 °C, sedangkan suhu lingkungan biokonverter tercatat sedikit lebih rendah, yaitu 28,1 °C. Kedua

suhu tersebut termasuk dalam kisaran suhu optimal bagi pertumbuhan maggot BSF, yang umumnya berkisar antara 25 °C hingga 30 °C. Sementara itu, kelembapan udara di lingkungan biokonverter memiliki rata-rata sebesar 81,92%, yang menunjukkan kondisi lembap yang sangat mendukung metabolisme dan kenyamanan larva selama proses biokonversi berlangsung hal ini sesuai dengan Ahmad & Sulistyowati (2021), yang menyatakan bahwa faktor lingkungan seperti pH netral (6,7–7), suhu 27–30 °C, dan kelembapan rendah (25–85%) tetap dalam kondisi yang mendukung pertumbuhan maggot secara optimal selama proses biokonversi. Kondisi ini cukup ideal untuk mendukung pertumbuhan maggot BSF secara optimal. Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel 6 dapat dilihat pertumbuhan massa maggot BSF setiap harinya dimana data tabel 6 tersebut kemudian divisualisasikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Ampas Tahu

Pertumbuhan massa maggot (BSF) pada Gambar 15 di atas berdasarkan massa sebelum dan sesudah biokonversi limbah ampas tahu selama periode hari ke-8 hingga hari ke-31 dimana waktu ini maggot berada pada fase larva dan *pre-pupa* dimana pada fase ini maggot aktif dalam mengkonsumsi limbah. Gambar 15 ini memberikan gambaran visual yang jelas mengenai dinamika proses biokonversi serta efektivitas pemanfaatan limbah sebagai pakan maggot. Pada tahap awal (hari ke-8 hingga ke-13), terlihat adanya peningkatan massa yang cukup stabil dimana hal menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Amir *et al.*, (2025). Massa sebelum biokonversi meningkat sebanyak 39 gram dari 100 gram menjadi 139 gram, sedangkan massa setelah biokonversi meningkat sebanyak 40 gram dari 111 gram menjadi 151 gram. Hal

ini menunjukkan bahwa pada fase awal, maggot mulai aktif dalam mengonsumsi limbah dan menunjukkan pertumbuhan massa yang menjanjikan.

Memasuki hari ke-14 hingga hari ke-21, terjadi lonjakan pertumbuhan yang lebih signifikan. Massa setelah biokonversi naik sebanyak 150 gram dari 168 gram ke 318 gram, mencerminkan tingkat konversi yang optimal pada fase pertumbuhan maggot. Perbedaan antara massa sebelum dan sesudah biokonversi semakin melebar, menandakan bahwa proses konversi limbah menjadi biomassa berlangsung secara efisien pada fase ini. Pada hari ke-22 hingga ke-27, pertumbuhan maggot mulai menunjukkan perlambatan. Meskipun massa setelah biokonversi terus meningkat sebanyak 81 gram dari 344 gram menjadi 425 gram, namun grafik menunjukkan kurva yang mulai mendatar. Hal ini mengindikasikan bahwa maggot mulai memasuki fase akhir pertumbuhannya, dan efektivitas konsumsi limbah mulai menurun.

Setelah hari ke-27 hingga ke-31, grafik menunjukkan fase stagnasi. Massa sebelum dan sesudah biokonversi terlihat hampir sejajar dan tidak menunjukkan pertambahan signifikan, yaitu berhenti di angka 430 gram. Hal ini menunjukkan bahwa maggot telah mencapai fase maksimum pertumbuhan dan mendekati masa transisi menuju pupa, sehingga laju konsumsi limbah dan pertambahan massa berhenti. Secara keseluruhan, grafik ini mendukung hasil sebelumnya bahwa efektivitas biokonversi tertinggi terjadi pada fase pertumbuhan aktif maggot (hari ke-14 hingga ke-21), dan menurun drastis saat memasuki fase *pre-pupa* dan pupa.



Gambar 16. Pengukuran Pertamabahan Massa Maggot BSF Limbah Ampas Tahu

Biokonversi limbah sayuran oleh manggot BSF dalam biokonvertor diamati pertumbuhan massa maggot BSF dari sebelum dan sesudah proses biokonversi. Data hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 6.

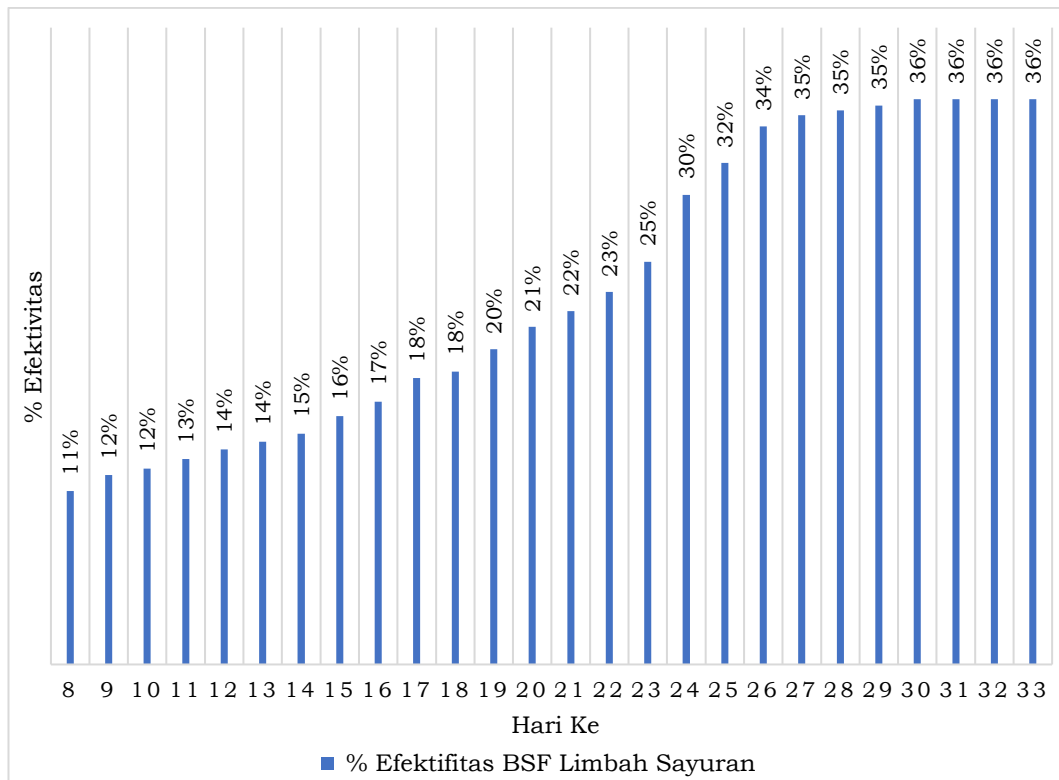
Tabel 6. Pertambahan Massa Maggot BSF Limbah Sayuran

Hari ke-	Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Sayur-Sayuran				Kondisi Lingkungan Biokonverter	
	Massa Sebelum Biokonversi	Massa Setelah Biokonversi	Massa Limbah Awal	% Efektivitas	Suhu	Kelembapan
(1-8)	Penetasan Telur	Penetasan Telur	-		-	-
8	100	109	1000	11%	26,3 °C	89%
9	109	119	1000	12%	29,8 °C	93%
10	119	123	1000	12%	27,7 °C	86%
11	123	129	1000	13%	26,0 °C	88%
12	129	135	1000	14%	27,4%	83%
13	135	140	1000	14%	29,3 °C	82%
14	140	145	1000	15%	26,9 °C	79%
15	145	156	1000	16%	28,2 °C	82%
16	156	165	1000	17%	26,9 °C	86%
17	165	180	1000	18%	26,1 °C	84%
18	180	184	1000	18%	28,7 °C	85%
19	184	198	1000	20%	27,6 °C	88%
20	198	212	1000	21%	27,1 °C	86%
21	212	222	1000	22%	28,5 °C	89%
22	222	234	1000	23%	27,8 °C	82%
23	234	253	1000	25%	26,6 °C	85%
24	253	295	1000	30%	28,5 °C	84%
25	298	315	1000	32%	28,6 °C	88%
26	315	338	1000	34%	28,8 °C	82%
27	337	345	1000	35%	30,0 °C	87%
28	345	348	1000	35%	29,3 °C	85%
29	348	351	1000	35%	28,2 °C	86%
30	351	355	1000	36%	26,10%	81%
31	355	355	1000	36%	29,4 °C	87%
32	355	355	1000	36%	28,6 °C	76%
33	355	355	1000	36%	28,6 °C	80%
34	Pupa	Pupa	-	-	27,3 °C	80%
35	Pupa	Pupa	-	-	26,3 °C	84%
36	Pupa	Pupa	-	-	26,8 °C	85%
37	Pupa	Pupa	-	-	26,5 °C	78%
38	Pupa	Pupa	-	-	29,6 °C	89%
39	Pupa	Pupa	-	-	28,5 °C	82%
40	Pupa	Pupa	-	-	28,3 °C	80%
41	Pupa	Pupa	-	-	29,2 °C	83%
42	Pupa	Pupa	-	-	28,5 °C	88%
43	Pupa	Pupa	-	-	26,8 °C	80%

Hari ke-	Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Sayur-Sayuran				Kondisi Lingkungan Biokonverter	
	Massa Sebelum Biokonversi	Massa Setelah Biokonversi	Massa Limbah Awal	% Efektivitas	Suhu	Kelembapan
44	Lalat	Lalat	-	-	29,7 °C	76%
45	Lalat	Lalat	-	-	28,7 °C	80%

Data pada Tabel 6, efektivitas pertumbuhan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) pada limbah sayur-sayuran selama masa biokonversi menunjukkan tren peningkatan yang stabil dari hari ke-8 hingga hari ke-33, dengan rata-rata efektivitas sebesar 24%. Pada awal pengamatan (hari ke-8 hingga hari ke-13), efektivitas masih tergolong rendah, berkisar antara 11% hingga 14%, yang mencerminkan fase adaptasi awal maggot terhadap substrat limbah. Peningkatan mulai terlihat signifikan sejak hari ke-14 hingga hari ke-26, di mana efektivitas bertambah dari 15% menjadi 34%, menandai fase pertumbuhan aktif maggot dengan konsumsi limbah yang optimal. Puncak efektivitas terjadi pada hari ke-30 hingga ke-33, dengan nilai maksimal sebesar 36%, yang kemudian tetap stabil hingga akhir fase larva. Setelah hari ke-33, maggot mulai memasuki fase pupa, ditandai dengan tidak adanya penambahan massa dan penurunan aktivitas konsumsi limbah. Kondisi lingkungan selama proses berlangsung terpantau relatif stabil, dengan suhu berkisar antara 26–30 °C dan kelembapan dominan berada di atas 80%, yang merupakan kisaran ideal untuk pertumbuhan maggot.

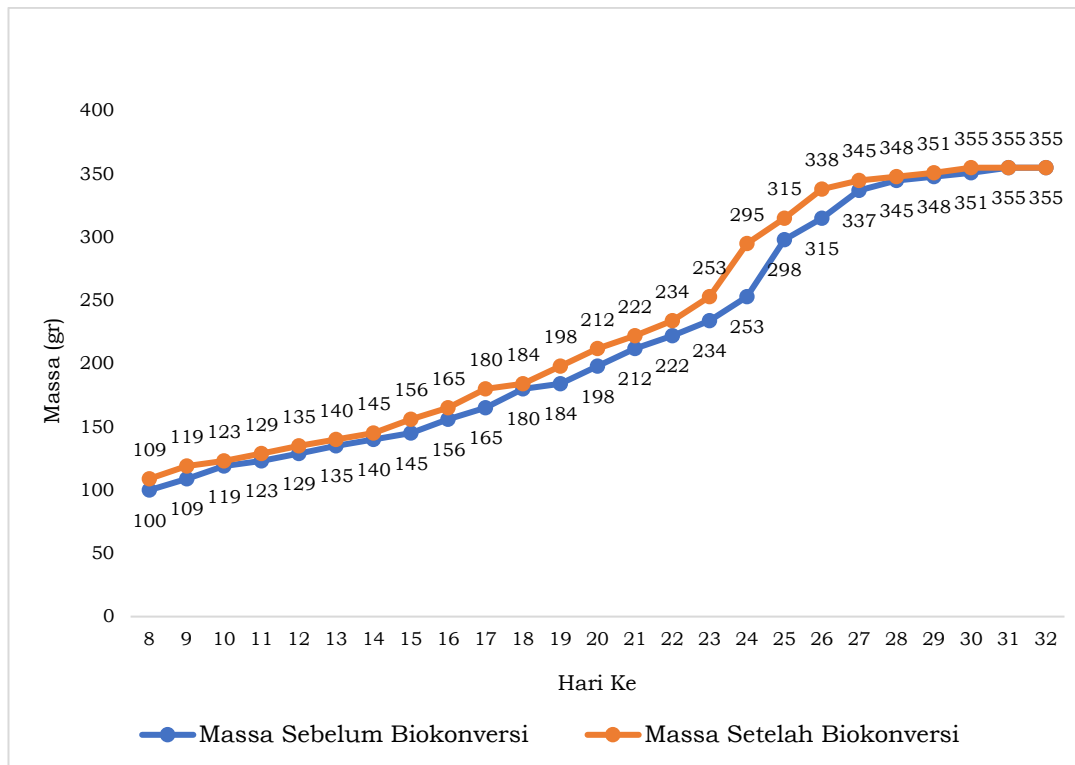
Selain itu pengukuran terhadap kondisi lingkungan yang dilakukan menghasilkan rata-rata suhu 28,1 °C dan rata-rata kelembapan udara sebesar 81,92% berdasarkan tabel 6. Hasil pengukuran kondisi lingkungan yang didapatkan masih termasuk kondisi ideal untuk menunjang aktivitas metabolisme serta pertumbuhan maggot BSF secara maksimal menurut (Parhusip & Gandhi, 2023). Untuk memperjelas visualisasi dari data pertumbuhan efektivitas yang telah dipaparkan, informasi dalam Tabel 7 akan ditampilkan kembali dalam bentuk grafik pada Gambar 17.



Gambar 17. Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Sayuran

Gambar 17 menunjukkan tren peningkatan efektivitas pertumbuhan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dalam mengonversi limbah sayuran sepanjang hari ke-8 hingga hari ke-33. Puncak efektivitas tercapai pada hari ke-30 dan bertahan hingga hari ke-33, menandakan bahwa proses biokonversi telah mencapai titik maksimal sebelum maggot bertransisi ke fase pupa. Fenomena ini mengindikasikan bahwa maggot telah memasuki fase pupa, suatu tahap dalam siklus hidup BSF di mana larva berhenti mengonsumsi limbah dan mulai memfokuskan energinya pada proses metamorfosis menuju fase dewasa. Peningkatan efektivitas yang stagnan ini selaras dengan karakteristik biologis siklus hidup BSF, di mana setelah melewati fase larva aktif yang intensif dalam mengonsumsi substrat, aktivitas makan akan berhenti seiring transisi ke fase pupa (Putra & Ariesmayana, 2020). Dengan demikian, data ini tidak hanya menggambarkan dinamika efektivitas pertumbuhan, tetapi juga mengonfirmasi bahwa keberhasilan biokonversi sangat dipengaruhi oleh fase perkembangan maggot.

Data pertumbuhan massa maggot BSF yang didapat selama proses pengamatan biokonversi limbah sayuran akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik pertumbuhan massa maggot BSF dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Sayuran

Gambar 18 menunjukkan pola pertumbuhan massa maggot *Black Soldier Fly* (BSF) yang diberi pakan limbah sayur-sayuran, dengan tren peningkatan yang konsisten sejak hari ke-8 hingga hari ke-24. Pada awal proses biokonversi, massa maggot tercatat sebesar 100 gram dan mengalami peningkatan secara bertahap hingga mencapai 295 gram pada hari ke-24. Kenaikan massa ini mencerminkan tingkat konsumsi dan konversi limbah yang aktif oleh maggot, di mana limbah organik diubah menjadi biomassa dengan efisiensi yang cukup tinggi. Pertumbuhan optimal maggot terlihat jelas pada rentang hari ke-23 hingga ke-25, yang ditandai dengan lonjakan massa yang signifikan. Lonjakan ini mengindikasikan bahwa maggot berada pada fase larva aktif, yaitu fase dengan aktivitas makan yang intensif serta laju pertumbuhan yang cepat. Setelah melewati fase ini, pertumbuhan mulai melambat. Peningkatan massa yang terjadi setelah hari ke-25 berlangsung sangat minimal, hingga akhirnya mencapai titik stagnan pada hari ke-31 hingga ke-32 dengan total massa sebesar 355 gram. Kondisi ini menandakan berakhirnya fase larva aktif dan awal transisi menuju fase pupa, di mana maggot tidak lagi mengonsumsi limbah secara aktif.

Selain itu, Gambar 18 juga memperlihatkan bahwa perbedaan antara massa sebelum dan sesudah biokonversi mulai menyempit menjelang akhir pengamatan. Hal ini menunjukkan menurunnya aktivitas konsumsi limbah oleh

maggot secara drastis, sejalan dengan penurunan efektivitas biokonversi yang telah disajikan sebelumnya. Puncak efektivitas terjadi sebelum hari ke-25, dan setelahnya cenderung mengalami penurunan hingga tidak lagi terjadi peningkatan massa. Fakta ini memperkuat bahwa periode paling efektif dalam proses biokonversi limbah sayuran oleh maggot BSF berlangsung selama sekitar 17 hari aktif, yaitu dari hari ke-8 hingga ke-25. Dengan demikian, Gambar 18 menegaskan bahwa maggot BSF mampu mengonversi limbah sayuran secara efisien dalam waktu relatif singkat sebelum memasuki fase metamorfosis.



Gambar 19. Pengukuran Petumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Sayuran

Proses biokonversi limbah campuran ampas tahu dan sayuran oleh maggot BSF menghasilkan data pengamatan massa sebelum dan sesudah proses biokonversi. Data hasil pengamatan ini dapat dilihat pada Tabel 7 :

Tabel 7. Pertambahan Massa Maggot BSF Limbah Campuran

Hari ke-	Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu dan Sayur-sayuran				Parameter Awal Limbah Ampas Tahu			Kondisi Lingkungan Biokonverter	
	Massa Sebelum Biokonversi	Massa Setelah Biokonversi	Massa Limbah Awal	% Efektivitas	Ph	Suhu	Kelembapan	Suhu	Kelembapan
(1-8)	Penetasan Telur	Penetasan Telur	-	-	-	-	-	-	-
8	100	111	1000	11%	7	28 °C	Low	26,3 °C	89%
9	111	121	1000	12%	7	27,1 °C	Low	29,8 °C	93%
10	121	125	1000	13%	7	27,3 °C	Low	27,7 °C	86%
11	125	131	1000	13%	7	28,3 °C	Low	26,0 °C	88%
12	131	136	1000	14%	7	27,1 °C	Low	27,4%	83%
13	136	148	1000	15%	5	30,1 °C	Low	29,3 °C	82%
14	148	166	1000	17%	7	27,4 °C	Low	26,9 °C	79%
15	166	189	1000	19%	6,8	29,2 °C	Low	28,2 °C	82%
16	189	206	1000	21%	6,3	28,5 °C	Low	26,9 °C	86%
17	206	213	1000	21%	7	27,4 °C	Low	26,1 °C	84%
18	213	223	1000	22%	7	30,1 °C	Low	28,7 °C	85%
19	223	237	1000	24%	7	29,2 °C	Low	27,6 °C	88%
20	237	249	1000	25%	7	27,3 °C	Low	27,1 °C	86%
21	249	266	1000	27%	6,8	29,9 °C	Low	28,5 °C	89%
22	266	277	1000	28%	7	29,8 °C	Low	27,8 °C	82%
23	277	281	1000	28%	7	29,5 °C	Low	26,6 °C	85%
24	281	299	1000	30%	7	29,3 °C	Low	28,5 °C	84%

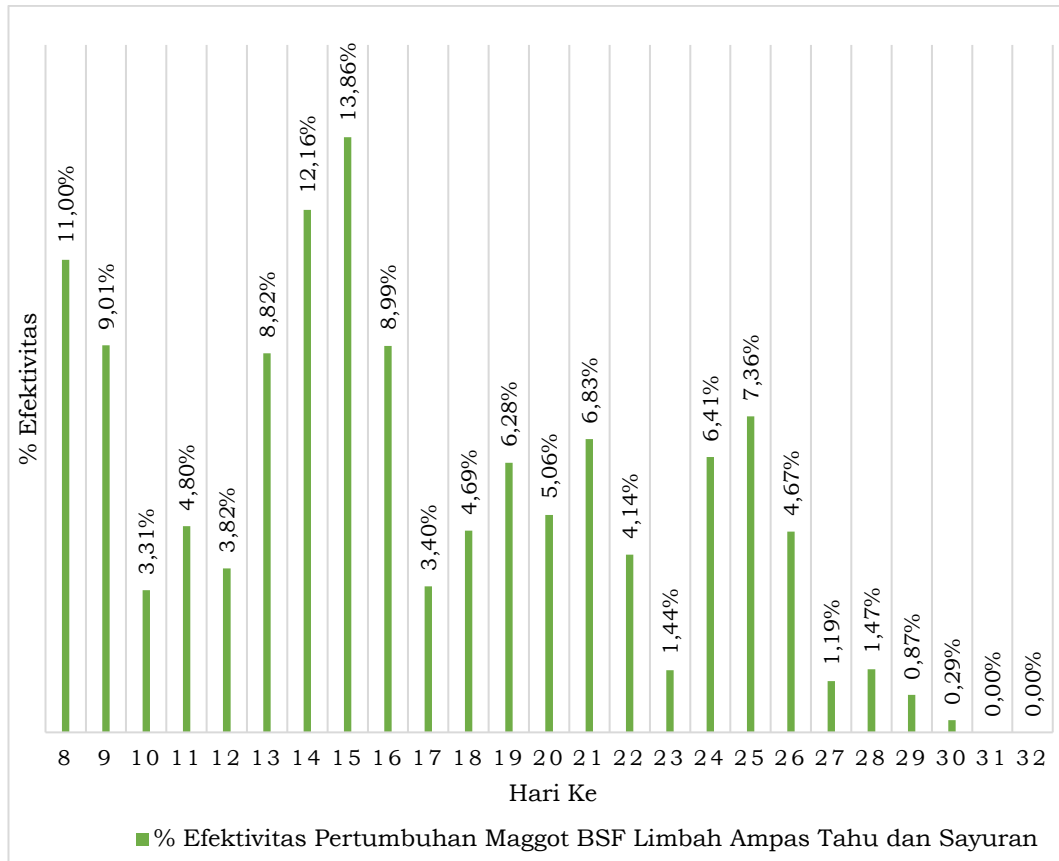
Hari ke-	Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu dan Sayur-sayuran				Parameter Awal Limbah Ampas Tahu			Kondisi Lingkungan Biokonverter	
	Massa Sebelum Biokonversi	Massa Setelah Biokonversi	Massa Limbah Awal	% Efektivitas	Ph	Suhu	Kelembapan	Suhu	Kelembapan
25	299	321	1000	32%	7	27,7 °C	Low	28,6 °C	88%
26	321	336	1000	34%	6,9	29,2 °C	Low	28,8 °C	82%
27	336	340	1000	34%	7	30,1 °C	Low	30,0 °C	87%
28	340	345	1000	35%	7	28,7 °C	Low	29,3 °C	85%
29	345	348	1000	35%	6,7	29,5 °C	Low	28,2 °C	86%
30	348	349	1000	35%	6,8	27,8 °C	Low	26,10%	81%
31	349	349	1000	35%	7	29,6 °C	Low	29,4 °C	87%
32	349	349	1000	35%	7	28,3 °C	Low	28,6 °C	76%
33	349	349	1000	35%	7	30 °C	Low	28,6 °C	80%
34	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	27,3 °C	80%
35	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,3 °C	84%
36	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,8 °C	85%
37	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,5 °C	78%
38	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	29,6 °C	89%
39	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	28,5 °C	82%
40	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	28,3 °C	80%
41	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	29,2 °C	83%
42	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	28,5 °C	88%
43	Pupa	Pupa	-	-	-	-	-	26,8 °C	80%
44	Lalat	Lalat	-	-	-	-	-	29,7 °C	76%
45	Lalat	Lalat	-	-	-	-	-	28,7 °C	80%

Berdasarkan data pada Tabel 7, rata-rata efektivitas pertumbuhan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dalam proses biokonversi campuran limbah ampas tahu dan sayur-sayuran mencapai 25%, dengan tren peningkatan yang konsisten selama masa pengamatan dari hari ke-8 hingga hari ke-33. Efektivitas awal pada hari ke-8 sebesar 11% menunjukkan fase adaptasi maggot terhadap substrat, kemudian terus meningkat hingga mencapai titik maksimal sebesar 35% pada hari ke-28 dan bertahan stabil hingga hari ke-33. Peningkatan signifikan mulai terjadi pada hari ke-14, yang menandai dimulainya fase pertumbuhan aktif maggot dan konsumsi limbah secara optimal.

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa waktu paling efektif untuk proses biokonversi terjadi pada hari ke-14 hingga ke-30, saat efektivitas berada di atas rata-rata dan kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan maggot secara maksimal.

Pengukuran parameter lingkungan selama proses biokonversi juga mendukung hasil pengamatan tersebut. Berdasarkan hasil pengukuran, rata-rata pH limbah ampas tahu mencapai 6,82 masih berada dalam kisaran ideal bagi aktivitas larva BSF. Suhu limbah rata-rata tercatat 28,38 °C, sementara suhu lingkungan biokonverter sedikit lebih rendah, yakni 28,1 °C. Kedua nilai tersebut termasuk rentang suhu optimal bagi pertumbuhan maggot BSF, yaitu 25–30 °C. Adapun kelembapan udara di biokonverter rata-rata 81,92 %, menandakan kondisi lembap yang sangat mendukung metabolisme dan kenyamanan larva selama proses biokonversi. Temuan ini selaras dengan pernyataan Ahmad & Sulistyowati (2021) bahwa pH netral (6,7–7,0), suhu 27–30 °C, dan kelembapan 25–85 % merupakan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan maggot secara optimal.

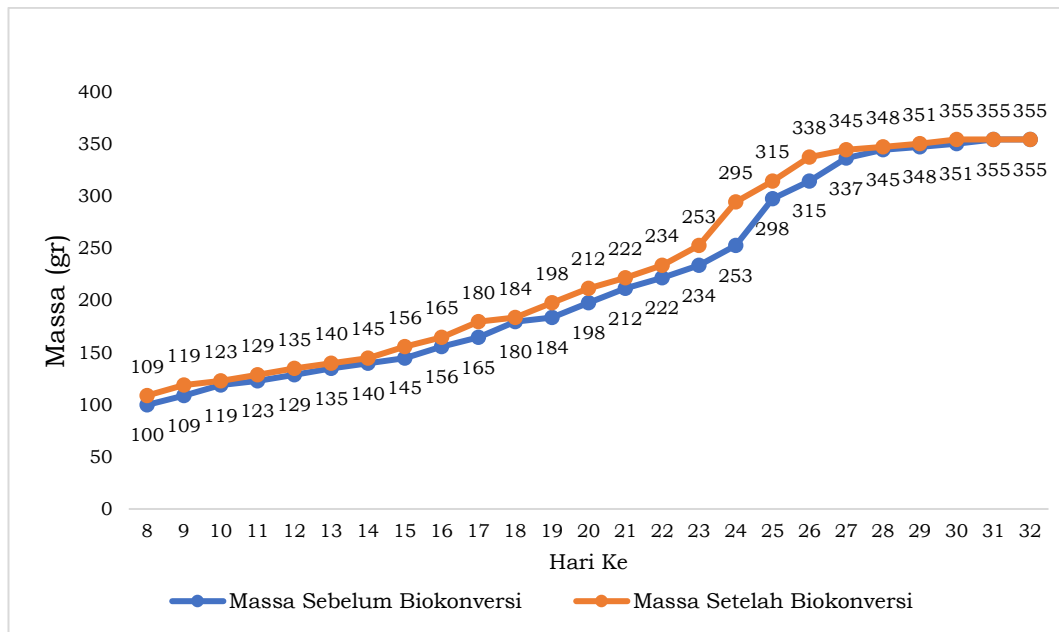
Data pertumbuhan massa maggot BSF yang didapat selama proses pengamatan biokonversi limbah sayuran akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik pertumbuhan massa maggot BSF dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Efektivitas Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu dan Limbah Sayuran

Campuran limbah ampas tahu dan sayuran memberikan sumber nutrisi yang cukup baik, terlihat dari lonjakan massa pada hari ke-13 hingga hari ke-15 pada gambar 20. Ampas tahu yang kaya protein berfungsi sebagai sumber nitrogen, sedangkan sayuran memberikan serat serta karbohidrat tambahan, mendukung proses metabolisme maggot secara optimal. Pada tahap ini, aktivitas konsumsi terhadap limbah menurun drastis, sehingga peningkatan massa pun tidak lagi terjadi.

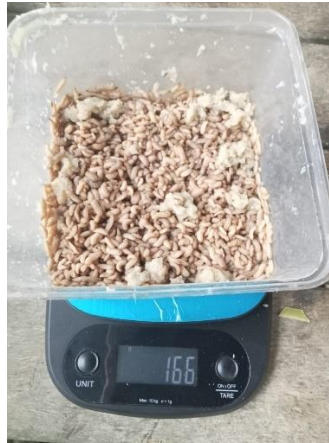
Selanjutnya data pertumbuhan massa maggot BSF selama masa pengamatan akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 21.



Gambar 21. Grafik Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Campuran

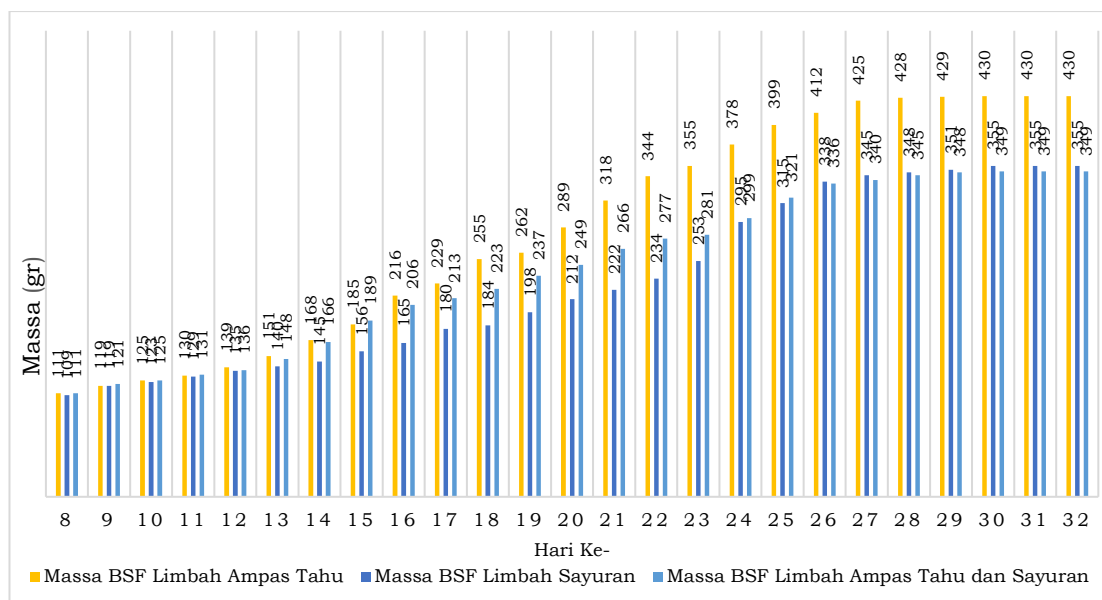
Gambar 21 memperlihatkan pertumbuhan maggot (BSF) pada limbah campuran ampas tahu dan sayur-sayuran yang menunjukkan peningkatan massa yang signifikan selama periode pengamatan dari hari ke-8 hingga hari ke-32. Massa awal maggot pada hari ke-8 sebesar 109 gram, meningkat secara bertahap setiap hari hingga mencapai puncaknya di hari ke-32 dengan massa sebesar 355 gram. Kenaikan massa ini menandakan bahwa limbah campuran tersebut memberikan nutrisi yang cukup lengkap bagi maggot untuk melakukan biokonversi dengan efektif.

Pertumbuhan massa maggot pada limbah campuran ini menunjukkan tren yang lebih cepat dan konsisten dibandingkan dengan biokonversi pada limbah sayur-sayuran saja. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan protein dan nutrisi yang lebih tinggi pada ampas tahu, yang menjadi substrat campuran bersama sayuran, sehingga mempercepat proses metabolisme dan pertumbuhan maggot. Peningkatan massa maggot yang terjadi secara signifikan terutama terlihat pada hari ke-15 hingga hari ke-27, dengan lonjakan yang cukup tajam dari sekitar 165 gram pada hari ke-15 menjadi 338 gram pada hari ke-27. Setelah mencapai puncak massa pada hari ke-27 menunjukkan bahwa massa maggot mulai stagnan hingga hari ke-32, yang menandakan bahwa maggot mulai memasuki fase pra-pupa. Pada fase ini, aktivitas makan dan pertumbuhan melambat karena maggot mempersiapkan diri untuk proses metamorfosis. Fase ini juga mengindikasikan bahwa substrat sudah mulai berkurang secara signifikan sehingga efektivitas biokonversi tidak lagi optimal.



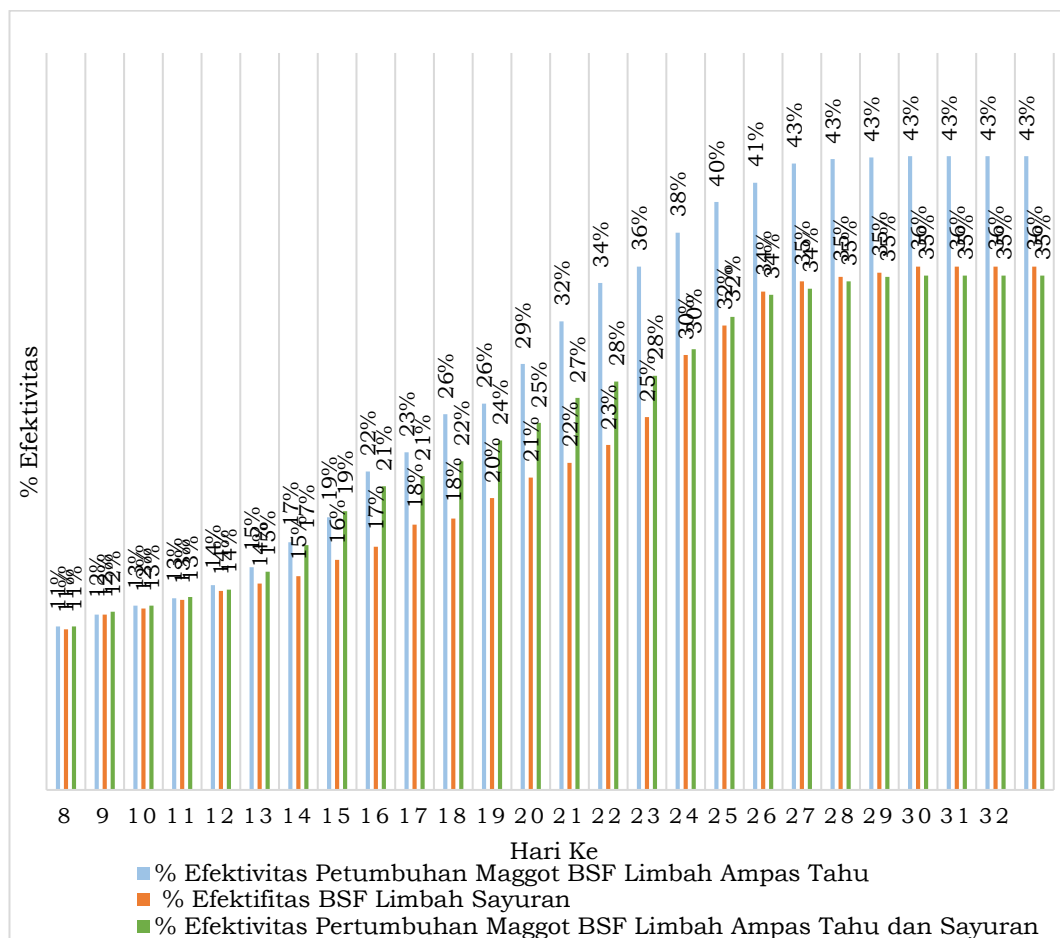
Gambar 22. Perhitungan Penambahan Massa Limbah Campuran

Untuk membandingkan pertumbuhan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) pada berbagai jenis limbah organik, data hasil pertumbuhan maggot pada masing-masing jenis limbah disajikan kembali guna mengamati perbedaan performa biokonversi. Berdasarkan data yang telah diperoleh, diketahui bahwa massa akhir maggot BSF pada limbah ampas tahu mencapai 430 gram. Sementara itu, maggot yang diberi pakan limbah sayuran memiliki massa akhir sebesar 355 gram, dan pada campuran limbah ampas tahu dan sayuran sebesar 349 gram. Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan massa maggot BSF tertinggi terjadi pada perlakuan limbah ampas tahu, diikuti oleh limbah sayuran, dan yang terendah pada campuran keduanya. Perbandingan pertumbuhan massa maggot BSF dapat dilihat pada Gambar 23 dibawah ini :



Gambar 23. Grafik Perbandingan Pertumbuhan Massa Maggot BSF Pada Tiap Biokonverter

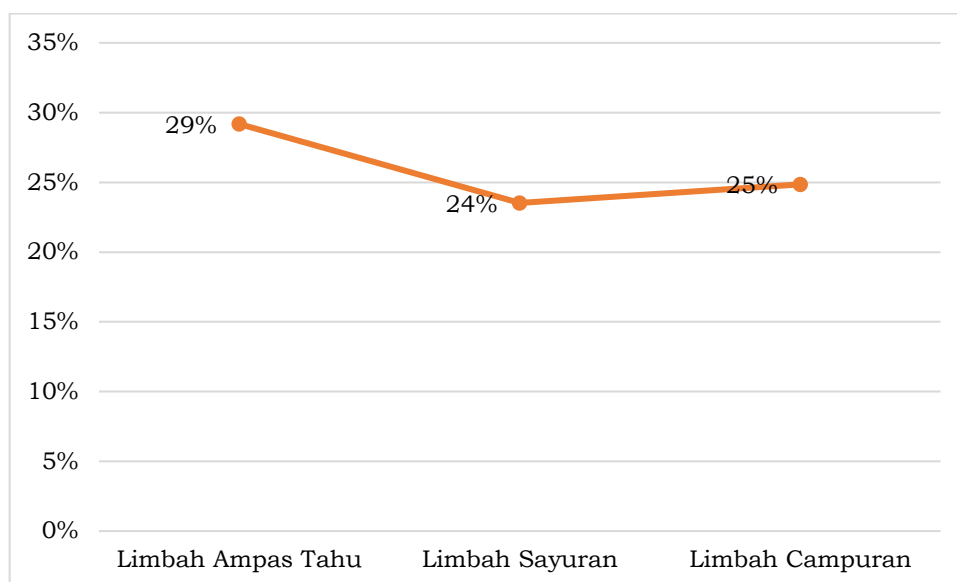
Data hasil pengamatan terhadap pertumbuhan massa maggot pada Gambar 23 selanjutnya dianalisis menggunakan Persamaan 1 untuk menghitung persentase efektivitas pertumbuhan massa maggot BSF. Melalui perhitungan ini, diperoleh informasi mengenai sejauh mana masing-masing jenis limbah mampu mendukung pertumbuhan maggot BSF secara efisien. Perbedaan efektivitas tersebut kemudian disajikan kembali dalam bentuk grafik, guna mempermudah perbandingan visual terhadap efektivitas pertumbuhan maggot BSF pada tiap perlakuan limbah yang berbeda. Grafik perbandingan persen efektivitas dapat dilihat pada gambar 24 dibawah ini.



Gambar 24. Grafik Perbandingan Nilai Efektivitas Pertumbuhan Massa Maggot BSF

Gambar 24 memperlihatkan perbandingan efektivitas pertumbuhan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dalam proses biokonversi terhadap tiga jenis media limbah, yaitu limbah ampas tahu, limbah sayuran, serta campuran ampas tahu dan sayuran, selama periode hari ke-8 hingga ke-33. Secara umum, ketiga jenis media menunjukkan tren peningkatan efektivitas seiring waktu, namun dengan perbedaan signifikan dalam capaian maksimal. Maggot yang diberi pakan limbah ampas tahu menunjukkan efektivitas tertinggi, mencapai 43% pada hari ke-27

dan bertahan stabil hingga hari ke-33, menandakan efisiensi biokonversi yang optimal. Pada media limbah sayuran, efektivitas maksimum tercatat sebesar 36%, yang dicapai lebih lambat dan stabil dari hari ke-30 hingga ke-33. Sementara itu, media campuran ampas tahu dan sayuran juga menunjukkan efektivitas maksimum sebesar 35% mulai hari ke-28, dengan rata-rata pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan limbah sayuran saja. Hasil ini mengindikasikan bahwa limbah ampas tahu lebih cepat dan lebih optimal dikonversi oleh maggot BSF dibandingkan limbah sayuran, sementara media campuran dapat menjadi alternatif yang baik karena tetap memberikan efektivitas tinggi dan mendukung diversifikasi substrat. Kombinasi ini juga menunjukkan potensi pemanfaatan limbah organik secara lebih luas dalam sistem biokonversi berbasis BSF. Untuk melihat perbandingan persentase efektivitas keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Perbandingan Efisiensi Konversi Limbah Keseluruhan

Setelah diperoleh hasil perhitungan nilai efektivitas pertumbuhan maggot (BSF) pada masing-masing jenis limbah, tahap selanjutnya adalah melakukan uji ANOVA satu arah. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara ketiga perlakuan limbah yang digunakan, sekaligus menentukan jenis limbah yang paling efektif dalam mendukung proses biokonversi oleh maggot BSF. Melalui analisis varian satu arah, perbedaan efektivitas yang diamati pada masing-masing perlakuan dapat dievaluasi lebih objektif guna memastikan apakah perbedaan tersebut benar-benar dipengaruhi oleh jenis limbah atau hanya terjadi secara acak (Mahsuri, 2023).

Berdasarkan hasil uji ANOVA satu arah, diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,4398, yang lebih besar dari tingkat signifikansi yang digunakan ($\alpha = 0,05$) (Lampiran 2). Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap efektivitas biokonversi limbah di antara ketiga jenis limbah yang diuji, yaitu limbah ampas tahu, limbah sayuran, dan campuran keduanya. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan diterima, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) ditolak.

Artinya, jenis limbah yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas proses biokonversi oleh maggot BSF dalam hal pertumbuhan massa atau reduksi limbah. Dengan kata lain, maggot BSF mampu melakukan konversi limbah organik dengan efisiensi yang relatif sama pada ketiga jenis limbah yang digunakan.

4.2.2 Efisiensi Waktu Biokonversi Limbah Ampas, Limbah Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu Serta Sayuran Menggunakan Maggot *Black Soldier Fly*

Efisiensi waktu selama proses biokonversi limbah oleh maggot BSF di analisis melalui perhitungan efisiensi konsumsi pakan atau *Efficiency of Diet Consumption* (EDC). Nilai EDC diperoleh berdasarkan total penurunan massa limbah (D) yang dihitung menggunakan persamaan 3. Setelah nilai total penurunan limbah diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan EDC menggunakan persamaan 4, untuk menilai seberapa efisien maggot BSF dalam mengonsumsi limbah dalam kurun waktu 24 jam. Perhitungan ini dilakukan pada tiga jenis limbah yang digunakan dalam penelitian yaitu, limbah ampas tahu, limbah sayuran, dan limbah campuran ampas tahu serta sayuran. Diener *et al.*, (2009) menyatakan bahwa nilai EDC secara langsung mencerminkan efisiensi waktu biokonversi, karena semakin tinggi EDC yang dihasilkan, maka semakin cepat dan optimal proses biokonversi yang dilakukan oleh maggot BSF.

Pengamatan terhadap penurunan massa limbah ampas tahu dilakukan setiap harinya selama proses biokonversi. Data hasil pengamatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

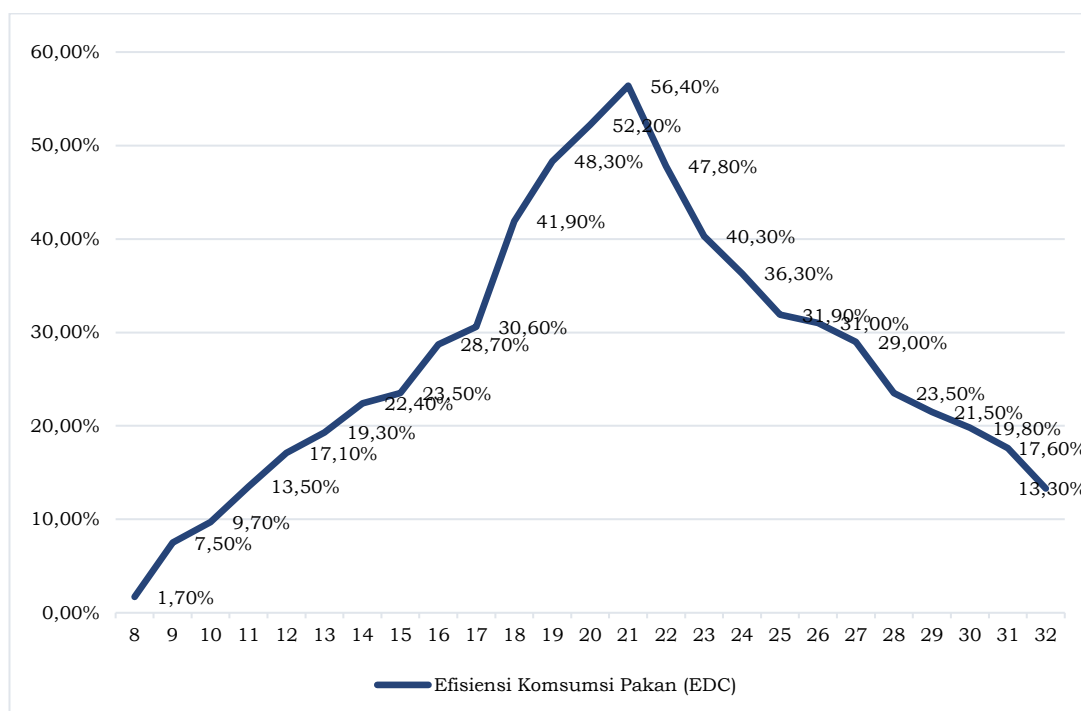
Tabel 8. Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC) Limbah Ampas Tahu

Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC Limbah Ampas Tahu)				
Hari Ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	Penurunan Limbah Total (D)	Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC)
8	1000 g	983 g	0,017	1,70%
9	1000 g	925 g	0,075	7,50%

Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC Limbah Ampas Tahu)				
Hari Ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	Penurunan Limbah Total (D)	Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC)
10	1000 g	903 g	0,097	9,70%
11	1000 g	865 g	0,135	13,50%
12	1000 g	829 g	0,171	17,10%
13	1000 g	807 g	0,193	19,30%
14	1000 g	776 g	0,224	22,40%
15	1000 g	765 g	0,235	23,50%
16	1000 g	713 g	0,287	28,70%
17	1000 g	694 g	0,306	30,60%
18	1000 g	581 g	0,419	41,90%
19	1000 g	517 g	0,483	48,30%
20	1000 g	478 g	0,522	52,20%
21	1000 g	436 g	0,564	56,40%
22	1000 g	522 g	0,478	47,80%
23	1000 g	597 g	0,403	40,30%
24	1000 g	637 g	0,363	36,30%
25	1000 g	681 g	0,319	31,90%
26	1000 g	690 g	0,31	31,00%
27	1000 g	710 g	0,29	29,00%
28	1000 g	765 g	0,235	23,50%
29	1000 g	785 g	0,215	21,50%
30	1000 g	802 g	0,198	19,80%
31	1000 g	824 g	0,176	17,60%
32	1000 g	867 g	0,133	13,30%

Proses biokonversi limbah ampas tahu menggunakan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) menunjukkan adanya variasi efisiensi konsumsi pakan selama periode pengamatan, sebagaimana disajikan dalam Tabel 8. Rata-rata efisiensi konsumsi pakan tercatat sebesar 33%, yang menggambarkan kemampuan maggot dalam mengubah limbah organik menjadi biomassa. Pada tahap awal proses, yaitu dari hari ke-8 hingga hari ke-12, efisiensi konsumsi pakan masih tergolong rendah, dengan nilai di bawah 20%. Rendahnya efisiensi pada periode ini kemungkinan disebabkan oleh adaptasi awal larva terhadap substrat ampas tahu. Memasuki hari ke-13 hingga hari ke-21, efisiensi konsumsi meningkat secara signifikan dan mencapai nilai puncak sebesar 56,40% pada hari ke-21.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa maggot BSF berada dalam fase pertumbuhan aktif, di mana aktivitas metabolisme dan konsumsi limbah berada pada tingkat tertinggi. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Sina *et al.*, (2021), yang juga melaporkan bahwa pada fase pertumbuhan aktif, larva BSF menunjukkan kemampuan optimal dalam mengkonsumsi dan mengurai limbah organik. Setelah hari ke-22, efisiensi mulai mengalami penurunan secara bertahap, yang mengindikasikan bahwa larva mulai memasuki fase *pre-pupa*, di mana konsumsi limbah menurun seiring dengan berkurangnya aktivitas makan dan pergeseran energi menuju proses metamorfosis. Penurunan efisiensi ini terus berlangsung hingga mencapai titik terendah pada hari ke-32, yaitu sebesar 13,30%. Jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Muhlison *et al.*, (2021), yang melaporkan efektivitas biokonversi limbah hingga 86,57%, maka hasil dalam penelitian ini menunjukkan efektivitas yang relatif lebih rendah. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan jenis substrat, sistem pemeliharaan, atau kondisi lingkungan selama proses biokonversi berlangsung. Perubahan nilai efisiensi waktu proses biokonversi limbah ampas tahu disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 26.



Gambar 26. Grafik Efisiensi Waktu Biokonversi (EDC) Limbah Ampas Tahu

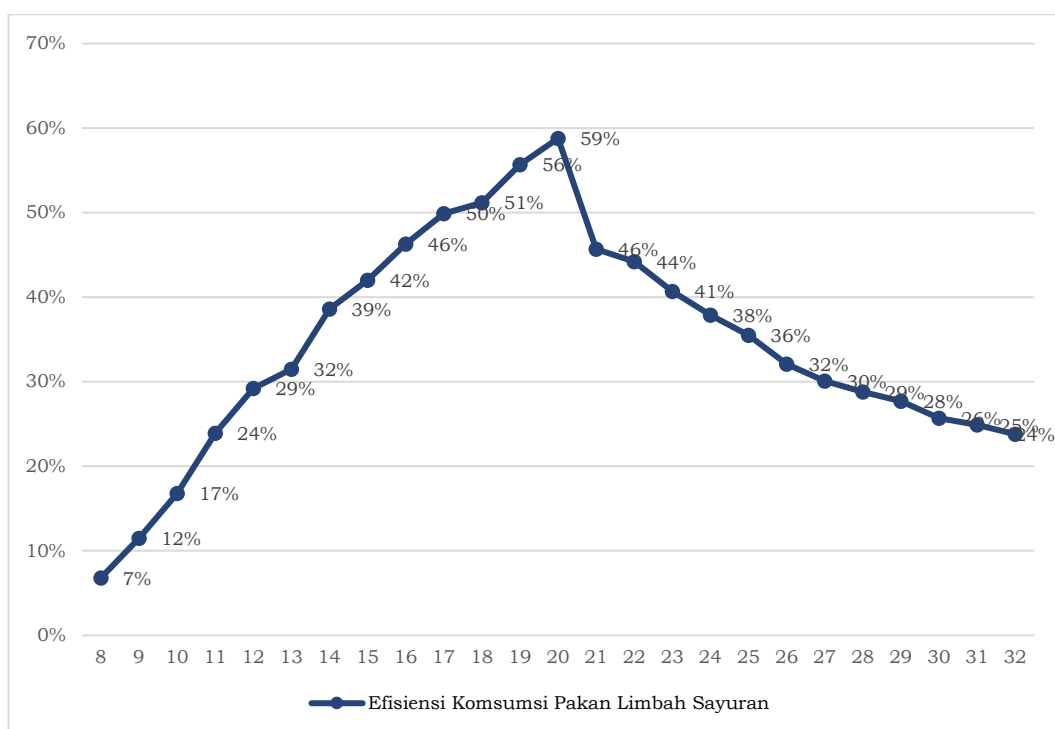
Data penurunan limbah sayuran oleh maggot BSF selama proses biokonversi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC) Limbah Sayuran

Efisiensi Konsumsi Pakan Penurunan Limbah Sayur-Sayuran				
Hari Ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	Penurunan Limbah Total (D)	Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC)
8	1000 g	932 g	0,068	7%
9	1000 g	885 g	0,115	12%
10	1000 g	832 g	0,168	17%
11	1000 g	761 g	0,239	24%
12	1000 g	708 g	0,292	29%
13	1000 g	685 g	0,315	32%
14	1000 g	614 g	0,386	39%
15	1000 g	580 g	0,42	42%
16	1000 g	537 g	0,463	46%
17	1000 g	501 g	0,499	50%
18	1000 g	488 g	0,512	51%
19	1000 g	443 g	0,557	56%
20	1000 g	412 g	0,588	59%
21	1000 g	543 g	0,457	46%
22	1000 g	558 g	0,442	44%
23	1000 g	593 g	0,407	41%
24	1000 g	621 g	0,379	38%
25	1000 g	645 g	0,355	36%
26	1000 g	679 g	0,321	32%
27	1000 g	699 g	0,301	30%
28	1000 g	712 g	0,288	29%
29	1000 g	723 g	0,277	28%
30	1000 g	743 g	0,257	26%
31	1000 g	751 g	0,249	25%
32	1000 g	762 g	0,238	24%

Hasil pengamatan proses biokonversi limbah sayuran oleh maggot BSF menunjukkan peningkatan efisiensi konsumsi pakan seiringan waktu, terutama pada fase awal hingga pertengahan siklus dimana rata-rata EDC menunjukkan hasil sebesar 34%, sedangkan pada awal pengamatan hari ke-8 berdasarkan

Tabel 9, efektivitas penurunan limbah masih rendah, yaitu sebesar 7% . Nilai EDC ini terus meningkat secara signifikan hingga mencapai puncaknya pada hari ke-20 dengan efisiensi konsumsi 59%. Rentang waktu antara hari ke-13 hingga hari ke-21 menjadi periode paling efisien dalam proses biokonversi limbah sayuran ini. Selama periode penurunan limbah nilai EDC konsisten berada di atas 38%, bahkan melebihi 50% pada beberapa hari hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al.*, (2021). Hal ini mengindikasikan bahwa maggot BSF berada dalam fase pertumbuhan aktif dan mampu mengonsumsi limbah sayuran secara optimal. Setelah hari ke-21, efisiensi mulai mengalami penurunan secara bertahap. Untuk melihat perubahan nilai efisiensi waktu proses biokonversi limbah ampas tahu data hasil perhitungan EDC akan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 27.



Gambar 27. Grafik Efisiensi waktu biokonversi Limbah Sayuran

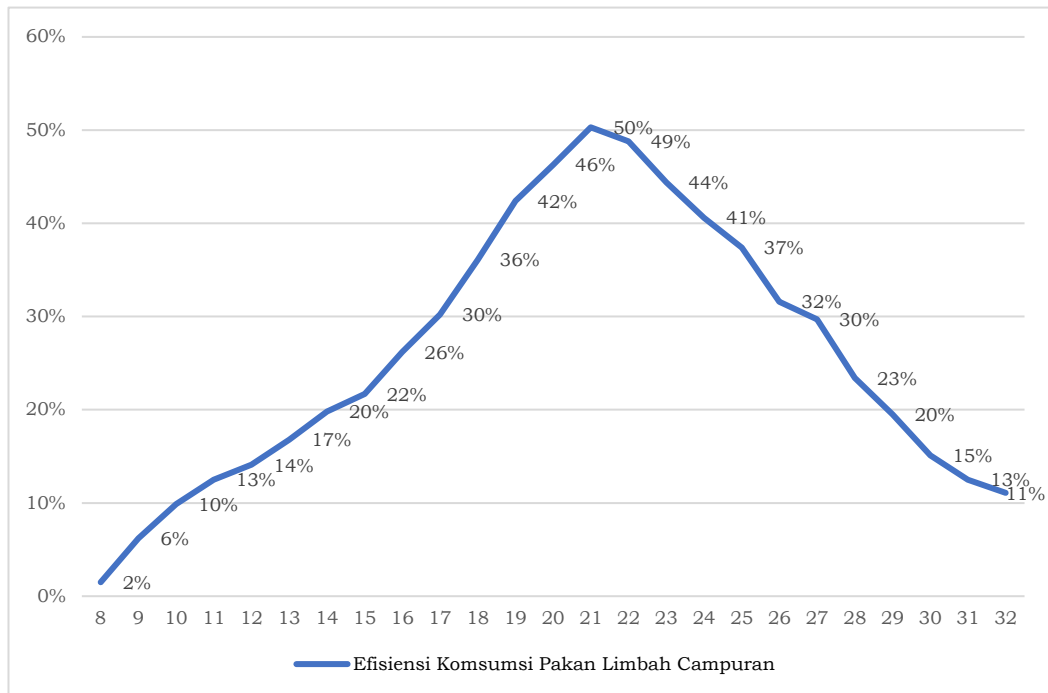
Data penurunan limbah campuran ampas tahu dan sayuran oleh maggot BSF pada proses biokonversi dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 10. Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC) Limbah Campuran

Efisiensi Konsumsi Pakan Limbah Ampas Tahu dan Sayur-Sayuran				
Hari Ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	Penurunan Limbah Total (D)	Efisiensi Konsumsi Pakan (EDC)
8	1000 g	985 g	0,015	2%
9	1000 g	938 g	0,062	6%
10	1000 g	901 g	0,099	10%
11	1000 g	875 g	0,125	13%
12	1000 g	859 g	0,141	14%
13	1000 g	832 g	0,168	17%
14	1000 g	802 g	0,198	20%
15	1000 g	783 g	0,217	22%
16	1000 g	738 g	0,262	26%
17	1000 g	698 g	0,302	30%
18	1000 g	639 g	0,361	36%
19	1000 g	576 g	0,424	42%
20	1000 g	537 g	0,463	46%
21	1000 g	497 g	0,503	50%
22	1000 g	512 g	0,488	49%
23	1000 g	556 g	0,444	44%
24	1000 g	594 g	0,406	41%
25	1000 g	626 g	0,374	37%
26	1000 g	684 g	0,316	32%
27	1000 g	703 g	0,297	30%
28	1000 g	766 g	0,234	23%
29	1000 g	805 g	0,195	20%
30	1000 g	849 g	0,151	15%
31	1000 g	875 g	0,125	13%
32	1000 g	889 g	0,111	11%

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa efisiensi konsumsi pakan (EDC) maggot BSF sejalan dengan efisiensi waktu biokonversi. Limbah sayuran memiliki EDC tertinggi sebesar 59%, diikuti oleh limbah ampas tahu sebesar 56,40%, dan campuran keduanya sebesar 50%. Meskipun terdapat perbedaan tingkat

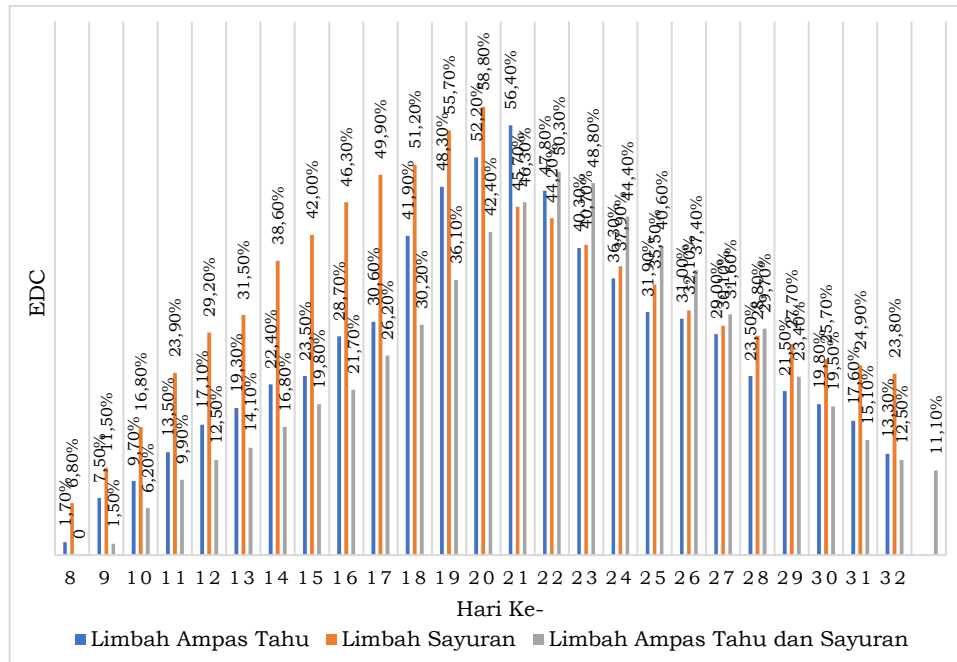
efisiensi, ketiga jenis limbah tetap menunjukkan kinerja yang baik, membuktikan bahwa maggot BSF merupakan agen biokonversi yang efektif dalam mengolah limbah organik secara cepat dan efisien.



Gambar 28. Grafik Efisiensi Waktu Biokonversi (EDC) Limbah Campuran

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa efisiensi konsumsi pakan (EDC) maggot BSF mencerminkan efisiensi waktu dalam proses biokonversi. Limbah sayuran mencatat EDC tertinggi sebesar 59%, menunjukkan dekomposisi yang paling cepat dan efisien. Limbah ampas tahu berada di posisi kedua dengan EDC 56,40%, sementara campuran ampas tahu dan sayuran memiliki efisiensi terendah sebesar 50%. Meskipun terdapat perbedaan, ketiga jenis limbah tetap menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi, menegaskan bahwa maggot BSF efektif sebagai agen biokonversi limbah organik.

Untuk mempermudah melihat perbandingan efisiensi waktu biokonversi dari masing-masing jenis limbah (limbah ampas tahu, limbah sayuran, dan limbah campuran), akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 29.



Gambar 29. Grafik Perbandingan Efisiensi Waktu Biokonversi (EDC) Tiap Jenis Limbah

Efisiensi waktu biokonversi menggunakan maggot BSF bervariasi tergantung jenis limbah yang digunakan. Berdasarkan Gambar 29, efisiensi biokonversi (EDC) tertinggi dicapai oleh limbah sayuran, dengan nilai 58,80% pada hari ke-20. Hal ini menunjukkan bahwa limbah sayuran lebih cepat terdekomposisi dan lebih mudah dikonsumsi oleh maggot, sehingga proses biokonversi berlangsung lebih efisien dan singkat. Setelah hari ke-20, efisiensi pada limbah sayuran menurun secara bertahap, mengindikasikan berkurangnya ketersediaan nutrisi dan melambatnya proses biokonversi.

Sementara itu, limbah ampas tahu menunjukkan efisiensi puncak sebesar 56% yang juga terjadi pada hari ke-20. Meskipun nilai efisiensinya sedikit lebih rendah dibandingkan limbah sayuran, namun kurva efisiensinya menunjukkan peningkatan yang lebih stabil dan konsisten sejak hari ke-10 hingga mencapai puncak. Ini menandakan bahwa kandungan protein yang tinggi pada ampas tahu mendukung pertumbuhan maggot secara optimal, meskipun proses dekomposisinya lebih lambat dibanding sayuran karena kandungan serat dan kadar air yang lebih rendah. Pada limbah campuran ampas tahu dan sayuran, efisiensi biokonversi mencapai nilai maksimum sebesar 52,40% juga pada hari ke-20. Meskipun Nilai (EDC) pada limbah campuran lebih rendah dibandingkan limbah tunggal hal dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah adanya fase adaptasi yang lebih panjang pada maggot terhadap karakteristik nutrisi dari limbah campuran (Ayuningrum & Putra, 2023). Pada

kombinasi ampas tahu dan sayuran, terdapat ketidakseimbangan antara kandungan protein yang tinggi dari ampas tahu dan kadar air serta serat dari sayuran (Purnamasari *et al.*, 2021). Hal ini menyebabkan maggot membutuhkan waktu lebih lama untuk menyesuaikan sistem metabolisme mereka terhadap pakan tersebut, yang berdampak pada efisiensi konsumsi yang lebih rendah, terutama di awal fase biokonversi (Cammack & Tomberlin, 2017). Meski demikian, nilai EDC pada limbah campuran tetap menunjukkan kestabilan dan konsistensi selama proses biokonversi, hanya saja tidak mencapai puncak efisiensi seperti yang ditunjukkan oleh substrat tunggal. Dengan kata lain, meskipun efisiensinya tidak secepat atau setinggi substrat murni, proses biokonversi pada limbah campuran tetap berjalan baik dengan pola yang lebih stabil.

Dibandingkan dengan metode yang lain Larva BSF dikenal memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengonsumsi limbah organik dalam waktu relatif singkat. Proses biokonversi menggunakan maggot BSF mampu mereduksi limbah sayuran hingga 50–80% hanya dalam waktu 7–15 hari (Sina *et al.*, 2021). Selain itu, proses ini menghasilkan dua produk bernilai ekonomis biomassa maggot yang kaya protein dan lemak untuk pakan ternak, serta residu atau frass yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Hal ini menjadikan metode BSF lebih unggul dalam hal kecepatan proses dan potensi nilai tambah dari hasil biokonversi. Sebaliknya, metode kompos memerlukan waktu yang lebih lama, umumnya 4 hingga 8 minggu tergantung pada jenis limbah, kondisi aerasi, dan manajemen pengomposan (Sultoni *et al.*, 2019). Meskipun begitu, metode kompos sangat cocok untuk limbah sayuran yang memiliki kandungan serat tinggi atau yang tidak sesuai sebagai pakan maggot. Produk akhir dari proses kompos adalah pupuk organik yang bermanfaat bagi kesuburan tanah, meskipun tidak menghasilkan nilai ekonomis langsung sebesar maggot BSF.

Secara keseluruhan, efisiensi waktu proses biokonversi tertinggi untuk semua jenis limbah terjadi pada hari ke-20, yang dapat dijadikan acuan waktu optimal untuk memperoleh konversi substrat terbaik. Limbah sayuran memberikan efisiensi paling tinggi dalam waktu singkat, sedangkan limbah campuran menawarkan kestabilan efisiensi dalam jangka waktu yang lebih panjang. Oleh karena itu, penggunaan limbah campuran ampas tahu dan sayuran dinilai paling seimbang dari segi efisiensi dan keberlanjutan proses biokonversi menggunakan maggot BSF.

4.3 Hubungan Laju Pertumbuhan Berat Maggot BSF Terhadap Reduksi Limbah.

Analisis data laju pertumbuhan maggot BSF terhadap reduksi limbah menggunakan pendekatan yang dilakukan dengan mengukur *larval growth rate (GR)* atau laju pertumbuhan larva, yang dinyatakan dalam satuan gram per hari (g/hari) (Jucker *et al.*, 2020). Analisis ini bertujuan untuk menilai pengaruh pertumbuhan larva terhadap kemampuan maggot BSF dalam mereduksi tiga jenis limbah: ampas tahu, sayur-sayuran, dan campuran keduanya. Laju pertumbuhan larva yang tinggi mencerminkan efisiensi konversi limbah, karena pertumbuhan maggot sangat dipengaruhi oleh jumlah dan kualitas nutrisi dalam limbah. Semakin besar peningkatan berat larva, semakin tinggi pula konsumsi dan penguraian limbah organik selama proses biokonversi.

4.3.1 Hubungan Laju Pertumbuhan Larva BSF Terhadap Reduksi Limbah Ampas Tahu

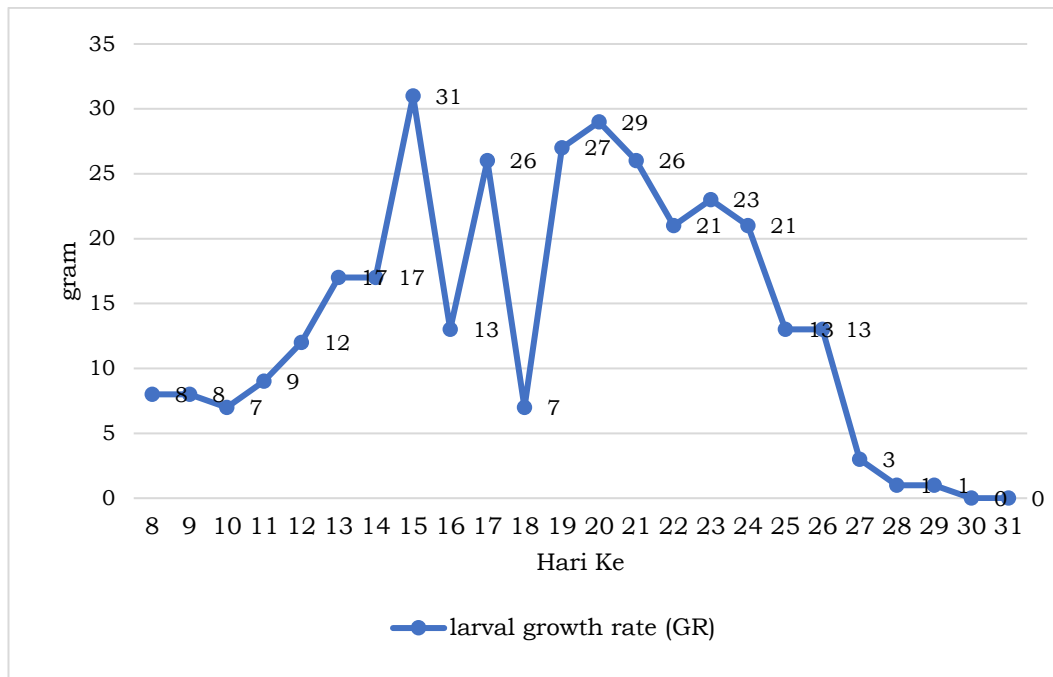
Hubungan laju pertumbuhan larva BSF terhadap reduksi limbah ampas tahu di lihat dari dengan mengukur *larval growth rate (GR)* atau laju pertumbuhan larva, yang dinyatakan dalam satuan gram per hari (g/hari). Data hasil pengukuran GR dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu

Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu			
Hari ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	<i>larval growth rate (GR)</i> (Gram)
8	100 g	111 g	11 g
9	111 g	119 g	8 g
10	119 g	125 g	6 g
11	125 g	130 g	7 g
12	130 g	139 g	9 g
13	139 g	151 g	12 g
14	151 g	168 g	17 g
15	168 g	185 g	17 g
16	185 g	216 g	31 g
17	216 g	229 g	13 g
18	229 g	255 g	26 g
19	255 g	262 g	7 g
20	262 g	289 g	27 g
21	289 g	318 g	29 g
22	318 g	334 g	26 g
23	334 g	355 g	21 g
24	355 g	378 g	23 g
25	378 g	399 g	21 g

Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Ampas Tahu			
Hari ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	<i>larval growth rate (GR)</i> (Gram)
26	399 g	412 g	13 g
27	412 g	425 g	13 g
28	425 g	428 g	3 g
29	428 g	429 g	1 g
30	429 g	430 g	1 g
31	430 g	430 g	0
32	430 g	430 g	0

Laju pertumbuhan larva maggot *Black Soldier Fly* (BSF) pada media limbah ampas tahu pada Tabel 11 menunjukkan pola yang dinamis selama periode pengamatan dari hari ke-8 hingga hari ke-31. Data yang diperoleh dari pengukuran massa larva sebelum dan setelah proses biokonversi digunakan untuk menghitung larva growth rate (GR) atau laju pertumbuhan larva, yang diukur dalam satuan gram per hari. Pada awal masa biokonversi (hari ke-8 hingga ke-12), larva mengalami pertumbuhan yang stabil dengan nilai GR berkisar antara 7 hingga 11 g/hari. Hal ini menunjukkan bahwa pada fase awal, larva masih dalam tahap adaptasi terhadap substrat limbah ampas tahu sebagai media pakan. Memasuki hari ke-13 hingga ke-17, laju pertumbuhan larva meningkat secara signifikan, mencapai puncaknya pada hari ke-17 dengan nilai GR sebesar 31 g/hari. Fase ini dapat disebut sebagai fase pertumbuhan cepat (*log phase*), di mana larva telah beradaptasi penuh dengan substrat dan mulai memanfaatkan nutrisi secara maksimal. Setelah mencapai puncak pertumbuhan, nilai GR mulai mengalami penurunan bertahap mulai dari hari ke-18 hingga hari ke-26. Penurunan ini mengindikasikan bahwa larva mulai memasuki fase akhir pertumbuhan serta kapasitas fisiologis larva dalam menyerap nutrisi menurun seiring bertambahnya usia. Pada hari ke-27 hingga hari ke-31, laju pertumbuhan larva mengalami stagnasi, bahkan mendekati nol. Hal ini menunjukkan bahwa larva telah memasuki fase pematangan (prepupa), di mana energi tidak lagi difokuskan untuk pertumbuhan massa, melainkan untuk mempersiapkan fase metamorfosis. Keadaan ini juga menunjukkan bahwa waktu biokonversi yang optimal telah tercapai sebelum hari ke-27. Hasil dari perhitungan nilai GR kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan melihat perbedaan nilai GR setiap harinya. Grafik nilai Gr dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 30. Nilai GR Maggot BSF Limbah Ampas Tahu

Setelah didapatkan hasil perhitungan GR menggunakan persamaan 5 dilakukan uji korelasi untuk melihat hubungan laju pertumbuhan magot sbf terhadap reduksi limbah. Berdasarkan hasil uji korelasi yang dilakukan untuk melihat hubungan antara laju pertumbuhan maggot BSF (*larval growth rate/GR*) dengan reduksi limbah ampas tahu, diperoleh nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,646 (Lampiran 2). Nilai korelasi sebesar 0,646 mengindikasikan bahwa terdapat hubungan positif yang cukup kuat antara laju pertumbuhan maggot dan jumlah reduksi limbah ampas tahu. Artinya, semakin tinggi laju pertumbuhan maggot, maka semakin besar pula kemampuan maggot BSF dalam mereduksi limbah ampas tahu (Reza, 2016). Korelasi positif ini menunjukkan bahwa efisiensi biokonversi limbah oleh maggot BSF tidak hanya berdampak pada penurunan jumlah limbah, tetapi juga pada peningkatan biomassa maggot itu sendiri. Hal ini memperkuat potensi maggot BSF sebagai agen biokonversi yang efisien dalam pengelolaan limbah organik, khususnya limbah ampas tahu yang umum ditemukan pada limbah agroindustri.

4.3.2 Hubungan Laju Pertumbuhan Larva BSF Terhadap Reduksi Limbah Sayuran

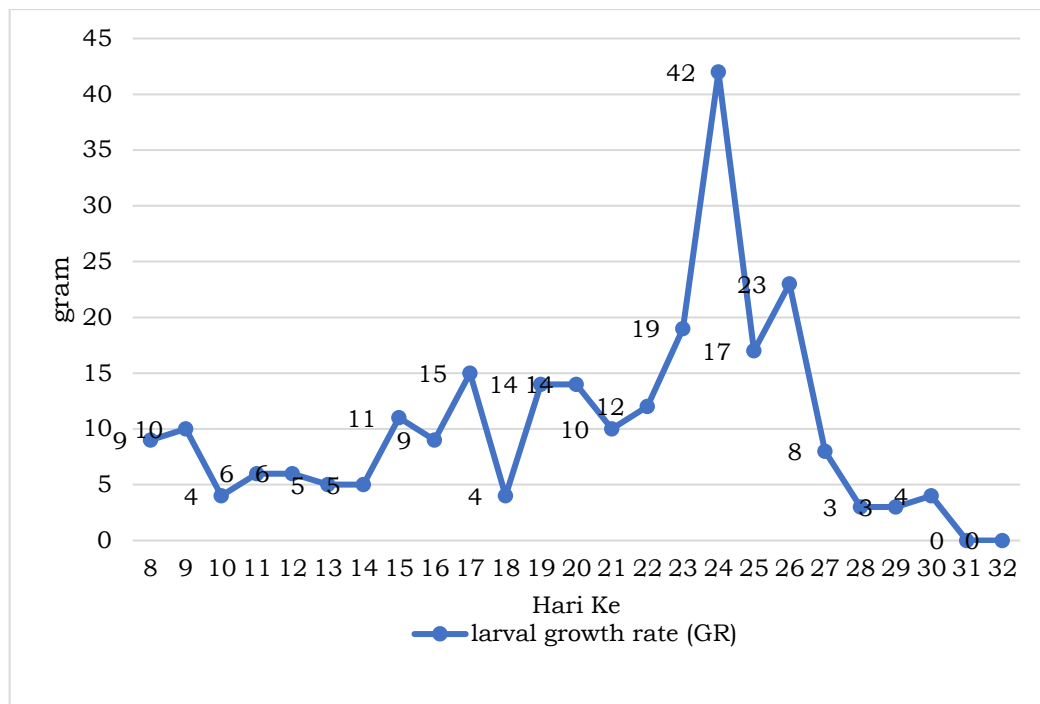
Hubungan laju pertumbuhan larva BSF terhadap reduksi limbah sayuran di lihat dari dengan mengukur *larval growth rate (GR)* atau laju pertumbuhan larva, yang dinyatakan dalam satuan gram per hari (g/hari). Data hasil pengukuran GR dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Sayuran

Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Sayuran			
Hari ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	<i>larval growth rate (GR)</i> (Gram)
8	100 g	109 g	9 g
9	109 g	119 g	10 g
10	119 g	123 g	4 g
11	123 g	129 g	6 g
12	129 g	135 g	6 g
13	135 g	140 g	5 g
14	140 g	145 g	5 g
15	145 g	156 g	11 g
16	156 g	165 g	9 g
17	165 g	180 g	15 g
18	180 g	184 g	4 g
19	184 g	198 g	14 g
20	198 g	212 g	14 g
21	212 g	222 g	10 g
22	222 g	234 g	12 g
23	234 g	253 g	19 g
24	253 g	298 g	42 g
25	298 g	315 g	17 g
26	315 g	337 g	23 g
27	337 g	345 g	8 g
28	345 g	348 g	3 g
29	348 g	351 g	3 g
30	351 g	355 g	4 g
31	355 g	355 g	0
32	355 g	355 g	0

Laju pertumbuhan larva maggot BSF yang dengan media limbah sayuran menunjukkan pola pertumbuhan yang dinamis sepanjang masa biokonversi. Berdasarkan data, laju pertumbuhan dihitung menggunakan rumus larval growth rate (GR), yaitu selisih massa larva akhir dan awal dibagi dengan lama waktu pengamatan (Jucker *et al.*, 2020). Secara keseluruhan, pertumbuhan larva BSF meningkat dari hari ke-8 hingga mencapai puncaknya pada hari ke-20 hingga ke-23, dengan laju pertumbuhan harian (GR) yang tinggi. Fase ini menunjukkan aktivitas makan larva yang intensif dan konversi limbah sayuran menjadi biomassa yang optimal. Setelah puncak tersebut, GR mulai menurun hingga mendekati nol pada akhir pengamatan, menandakan larva memasuki fase prepupa dan mengurangi konsumsi limbah. Meskipun limbah sayuran mampu mendukung pertumbuhan larva, efektivitasnya sedikit lebih rendah dibanding

limbah ampas tahu, diduga karena kadar air dan serat kasarnya lebih tinggi. Perbedaan nilai GR ini divisualisasikan dalam grafik pada Gambar 30.



Gambar 31. Nilai GR Maggot BSF Limbah Sayuran

Setelah dilakukan perhitungan laju pertumbuhan larva (larval growth rate/GR) menggunakan Persamaan 5, langkah selanjutnya adalah melakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara laju pertumbuhan maggot BSF dengan reduksi limbah sayuran. Berdasarkan hasil analisis korelasi, diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar 0,306 (Lampiran 2). Nilai ini menunjukkan adanya hubungan positif yang lemah antara GR dan penurunan limbah sayuran (Reza, 2016). Artinya, meskipun peningkatan laju pertumbuhan larva BSF cenderung diikuti dengan peningkatan reduksi limbah, hubungan tersebut tidak terlalu kuat atau signifikan. Lemahnya korelasi ini kemungkinan disebabkan oleh karakteristik limbah sayuran yang kurang mendukung pertumbuhan larva secara optimal. Kandungan nutrisi yang rendah dan kadar air yang tinggi pada limbah sayuran dapat memengaruhi efisiensi biokonversi serta jumlah limbah yang berhasil direduksi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah sayuran sebagai pakan tunggal bagi maggot BSF kurang efektif untuk mendukung pertumbuhan larva yang maksimal dan tidak secara langsung berkorelasi kuat dengan kemampuan maggot dalam mereduksi limbah. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi tambahan, seperti pencampuran dengan

limbah lain yang lebih kaya nutrisi, agar proses biokonversi menjadi lebih optimal.

4.3.3 Hubungan Laju Pertumbuhan Larva BSF Terhadap Reduksi Limbah Campuran Ampas Tahu dan Sayuran

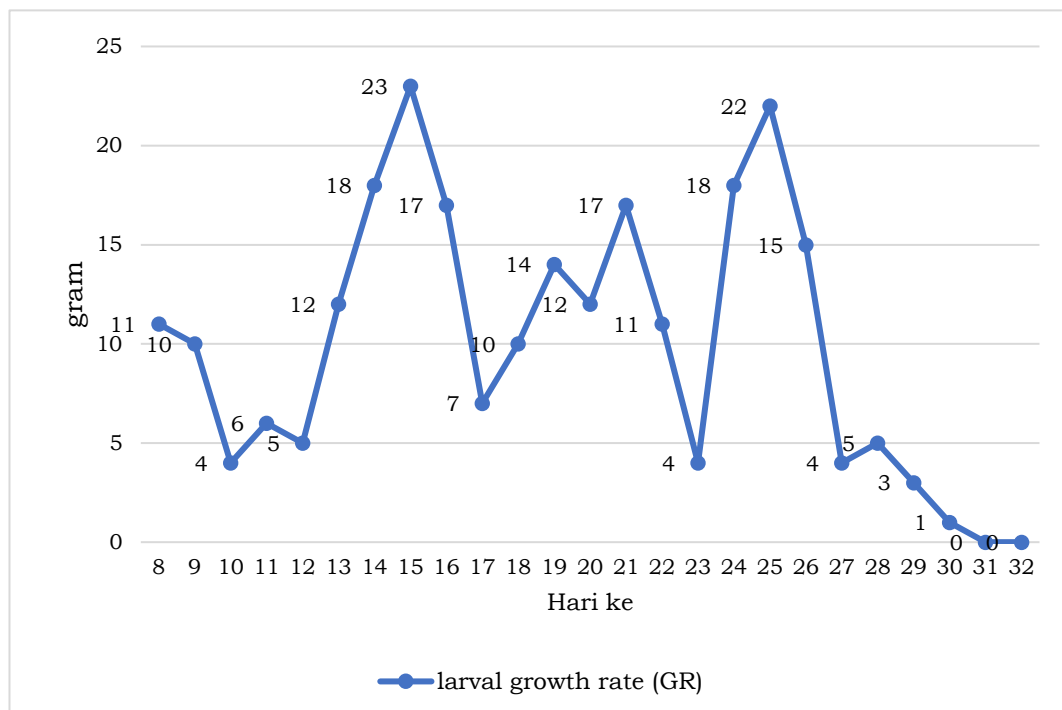
Hubungan laju pertumbuhan larva BSF terhadap reduksi limbah campuran ampas tahu dan sayuran di lihat dari dengan mengukur *larval growth rate (GR)* atau laju pertumbuhan larva, yang dinyatakan dalam satuan gram per hari (g/hari). Data hasil pengukuran GR dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Campuran

Laju Pertumbuhan Maggot BSF Limbah Campuran Ampas Tahu dan Sayuran			
Hari ke-	Massa Sebelum Biokonversi (Gram)	Massa Setelah Biokonversi (Gram)	<i>larval growth rate (GR)</i> (Gram)
8	100 g	111 g	11 g
9	111 g	121 g	10 g
10	121 g	125 g	4 g
11	125 g	131 g	6 g
12	131 g	136 g	5 g
13	136 g	148 g	12 g
14	148 g	166 g	18 g
15	166 g	189 g	23 g
16	189 g	206 g	17 g
17	206 g	213 g	7 g
18	213 g	223 g	10 g
19	223 g	237 g	14 g
20	237 g	249 g	12 g
21	249 g	266 g	17 g
22	266 g	277 g	11 g
23	277 g	281 g	4 g
24	281 g	299 g	18 g
25	299 g	321 g	22 g
26	321 g	336 g	15 g
27	336 g	340 g	4 g
28	340 g	345 g	5 g
29	345 g	348 g	3 g
30	348 g	349 g	1 g
31	349 g	349 g	0
32	349 g	349 g	0

Tabel 13 menunjukkan dinamika laju pertumbuhan larva BSF saat diberi pakan limbah campuran ampas tahu dan sayuran. Laju pertumbuhan (GR) dihitung dari selisih massa larva sebelum dan sesudah biokonversi tiap hari. Pada hari ke-8, GR sebesar 11 gram, dan terus meningkat secara fluktuatif hingga

puncaknya pada hari ke-15 dengan GR tertinggi sebesar 23 gram. Setelah itu, meskipun massa larva tetap bertambah, laju pertumbuhan mulai menurun secara bertahap, hingga mencapai nol pada hari ke-31 dan 32, menandakan larva telah mencapai fase akhir pertumbuhan. Penurunan GR ini menunjukkan menurunnya kemampuan larva dalam mengonsumsi limbah, yang dapat dipengaruhi oleh menurunnya nutrisi, kepadatan larva, serta kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, laju pertumbuhan larva BSF berkorelasi positif dengan reduksi limbah pada fase awal, namun menurun seiring dengan berjalannya waktu.



Gambar 32. Nilai GR Maggot BSF Limbah Campuran Ampas Tahu dan Sayuran

Setelah dilakukan perhitungan larval growth rate (GR) menggunakan persamaan 5, tahap selanjutnya adalah melakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara laju pertumbuhan maggot (BSF) terhadap reduksi limbah pada perlakuan campuran limbah ampas tahu dan sayuran. Berdasarkan hasil uji korelasi, diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar 0,4028 (Lampiran 2). Nilai ini menunjukkan adanya hubungan positif yang sedang antara laju pertumbuhan larva dan penurunan jumlah limbah (Reza, 2016). Artinya, semakin tinggi laju pertumbuhan maggot, semakin besar pula potensi reduksi limbah organik yang terjadi. Meskipun hubungan ini tidak tergolong sangat kuat, namun tetap menunjukkan bahwa pertumbuhan maggot berkontribusi nyata terhadap proses biokonversi limbah organik. Hal ini mendukung penggunaan campuran limbah ampas tahu dan sayuran sebagai media yang efektif dalam budidaya larva

BSF, baik untuk tujuan pengelolaan limbah maupun produksi biomassa larva sebagai sumber protein alternatif.

Berdasarkan hasil uji korelasi yang telah dilakukan, diperoleh bukti bahwa hipotesis nol (H_0), yang menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan signifikan antara laju pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dengan tingkat reduksi limbah, ditolak. Penolakan terhadap hipotesis nol ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang nyata antara kedua variabel tersebut. Dengan demikian, hipotesis alternatif (H_1) diterima, yaitu bahwa terdapat hubungan signifikan antara *larval growth rate* (GR) dan tingkat reduksi limbah organik. Hubungan ini paling jelas terlihat pada perlakuan dengan media ampas tahu dan campuran ampas tahu dengan limbah sayuran, di mana pertumbuhan larva yang lebih tinggi secara konsisten diikuti dengan peningkatan efisiensi dalam mereduksi limbah. Hasil ini memperkuat peran GR sebagai indikator penting dalam proses biokonversi limbah organik menggunakan larva BSF.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang berjudul Efektivitas Reduksi Limbah Ampas Industri Tahu Menggunakan Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) Di Kecamatan Muara Bulian, maka didapatkanlah kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan biokonverter sebagai wadah utama memungkinkan pengendalian lingkungan seperti suhu, pH, dan kelembapan, yang sangat penting bagi pertumbuhan dan efektivitas maggot dalam mengurai limbah. Fase larva merupakan tahap paling aktif dalam konsumsi limbah, sehingga menjadi inti dari proses biokonversi. Dengan prosedur yang terstruktur mulai dari pengukuran parameter awal hingga evaluasi hasil, maggot BSF terbukti mampu mengubah limbah organik menjadi biomassa berguna, sekaligus mengurangi volume limbah secara signifikan.
2. Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan massa maggot BSF tertinggi dengan rata-rata efektivitas 29% pada limbah ampas tahu. Meskipun efektivitas biokonversi bervariasi menurut jenis limbah menunjukkan hasil yang positif, uji ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik. Selain itu hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah sayuran memberikan nilai EDC tertinggi sebesar 59% pada hari ke-20, yang disusul limbah ampas tahu dengan nilai EDC sebesar 56,49%, dan limbah campuran memberikan nilai EDC sebesar 50%.
3. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara laju pertumbuhan larva (GR) maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dengan kemampuan reduksi limbah organik. Dimana hasil uji korelasi yang didapatkan menunjukkan hipotesis alternatif (H_1) diterima, yaitu bahwa terdapat hubungan signifikan antara *larval growth rate* (GR) dan tingkat reduksi limbah organik. Hubungan ini paling jelas terlihat pada perlakuan dengan media ampas tahu dan campuran ampas tahu dengan limbah sayuran.

5.1 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi jenis limbah organik untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi masing-masing dalam proses biokonversi oleh maggot BSF. Tujuannya adalah mengevaluasi karakteristik limbah yang paling mendukung pertumbuhan maggot dan reduksi limbah, sehingga dapat diidentifikasi jenis limbah yang paling potensial untuk diolah secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, T., & Winata, H. S. (2011). Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma. *Jurnal Imiah Teknik Kimia*, 2(2), 19–28.
- Ahmad, S. M., & Sulistyowati, S. (2021). Pemberdayaan Masyarakat Budidaya Maggot Bsf Dalam Mengatasi Kenaikan Harga Pakan Ternak. *Journal of Empowerment*, 2(2), 243.
- Amir, S. M., Fajrina, Z. U., & Rahayu, R. (2025). Efektivitas Larva Black Soldier Permasalahan Sampah Organik dalam Mengatasi. 5(1), 61–68.
- Ansyari, M. T., Afriani, D. T., & Siswoyo, B. H. (2024). Pemanfaatan Limbah Pasar Sayuran dan Ampas Tebu Terhadap Pertumbuhan Maggot BSF (*Hermetia Illucens*). *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 3(2), 130–141.
- Auliani, R., Elsaday, B., Apsari, D. A., & Nolia, H. (2021). Kajian Pengelolaan Biokonversi Sampah Organik melalui Budidaya Maggot Black Soldier Fly (Studi Kasus: PKPS Medan). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2423–2429.
- Aurelia Anggita Putri, & Mohamad Mirwan. (2023). Peningkatan Protein Black Soldier Fly (BSF) Untuk Pakan Ternak Sebagai Hasil Biokonversi Sampah Makanan. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(3), 496–507.
- Ayuningrum, S. U., & Putra, R. E. (2023). The Role Of Organic Waste Feed Combination On Growth Rate And Nutrient Content Of *Hermetia Illucens* Larvae. *Manilkara: Journal of Bioscience*, 2(1), 27–37.
- Azriya, N., Novalia, & Paserya, Q. (2022). Pemanfaatan Pengolahan Sampah Oeganik Menggunakan Larva Black Soldier Fly Mendukung Peningkatan Ekonomi Lingkungan Berkelanjutan. 03(02).
- Cammack, J. A., & Tomberlin, J. K. (2017). The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, 8(2).
- Dewi, M. K., Widiatningrum, T., Subekti, N., & Setiati, N. (2023). Efektivitas Jenis dan Frekuensi Pemberian Sampah Organik terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Biokonversi Maggot BSF (*Hermetia illucens*). *Life Science*, 12(1), 1–9.
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research*, 27(6), 603–610.
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2015). Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 261–270.
- Djayanti, S. (2015). Kajian Penerapan Produksi Bersih di Industri Tahu di Desa Jimbaran, Bandungan, Jawa Tengah. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 6(2), 75–80.

- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. (2017). Proses Pengolahan Sampah Organik dengan *Black Soldier Fly (BSF)*. In *Eawag Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology*.
- Erickson Sarjono Siboro, Edu Surya, & Netti Herlina. (2013). Pembuatan Pupuk Cair Dan Biogas Dari Campuran Limbah Sayuran. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 40–43.
- Hikmah, S. F., Rahman, A., Kholiq, I. N., & Andriani, Z. Z. D. (2019). Teknologi Pengolahan Limbah Industri Tahu sebagai Upaya Pengembangan Usaha Kecil Menengah (UKM) di Kecamatan Gambiran Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Istiqro*, 5(1), 53.
- Jucker, C., Lupi, D., Moore, C. D., Leonardi, M. G., & Savoldelli, S. (2020). *Nutrient recapture from insect farm waste: Bioconversion with hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae)*. *Sustainability (Switzerland)*, 12(1).
- Kim, C., Ryu, J., Lee, J., Ko, K., Lee, J., Park, K. Y., & Chung, H. (2021). *Use of Black Soldier Fly Larvae for Food Waste Treatment and Energy Production in Asian Countries : A Review*. 1–17.
- Lindawati, L., Gameli, C. R., Wijayantono, W., Marza, F., & Afridon, A. (2023). Efektivitas Maggot *Black Soldier Fly* Sebagai Pengurai Sampah Sayur-sayuran, Sampah Buah-Buahan dan Sisa Makanan Tahun 2023. *Jurnal Media Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan*, 33 (1), 33–42.
- Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., Ur Rehman, K., Li, W., Cai, M., Li, Q., Mazza, L., Zhang, J., Yu, Z., & Zheng, L. (2017). *Dynamic Changes Of Nutrient Composition Throughout The Entire Life Cycle Of Black Soldier Fly*. *Plos ONE*, 12(8), 1–21.
- Mahsuri, A. (2023). *Statistika Parametrik Dasar (Uji Hubungan, Uji Perbedaan, dan Aplikasinya Menggunakan JASP)*. 1(1).
- Mangisah, I., Mulyono, & Vitus Dwi, Y. (2022). Maggot Bahan Pakan Sumber Protein Untuk Unggas. In *Matakidi.blogspot*.
- Masir, U., Fausiah, A., & Sagita, S. (2020). Produksi Maggot *Black Soldier Fly (BSF)* (*Hermetia illucens*) pada Media Ampas Tahu dan Feses Ayam. *Agrovital : Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(2), 87.
- Mokolensang, J. F., Hariawan, M. G. V., & Manu, L. (2018). Maggot (*Hermetia illuncens*) sebagai pakan alternatif pada budidaya ikan. *E-Journal Budidaya Perairan*, 6(3), 32–37.
- Muhlison, W., Purnamasari, L., Sucipto, I., Saputra, T. W., & Ahmad, N. K. N. (2021). *Study of the Bioconversion Process of Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) Larvae in Decomposition of Various Variations of Organic Waste*. *Techno Jurnal Penelitian*, 10(2), 115–124.

- Nofiyanti, E., Laksono, B. T., Salman, N., Wardani, G. A., & Mellyanawaty, M. (2022). Efektivitas Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik. *Journal Of Health Science And Prevention*, 7(1).
- Parhusip, A. J. N., & Gandhi, A. (2023). *Pangan Fungsional dan Ekonomi Sirkular Maggot* (Issue November).
- Purnamasari, L., Muhlison, W., & Sucipto, I. (2021). Biokonversi limbah ampas tahu dan limbah sayur dengan menggunakan agen larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*). *Sinergitas Antara Pemerintah, Perguruan Tinggi Dalam Pengembangan Ternak Lokal Yang Berkelanjutan*, 2, 105–111.
- Putra, Y., & Ariesmayana, A. (2020). Efektifitas Penguraian Sampah Organik. 3(1).
- Ratni, N., & Dewinda, I. (2022). Pemanfaatan Larva *Black Soldier Fly* (BSF) dalam Pengolahan Air Lindi (Leachate). *Insologi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(5), 614–622.
- Reza, W. (2016). *Buku Ajaran Analisis Regresi “Pendekatan Praktis dan Sistematis.”* Penerbit Cv.Eureka Media Aksara.
- Rolia, E., & Amran, Y. (2015). Perencanaan Bangunan Pengolahan Limbah Cair Pada Pabrik Tahu Di Kelurahan Mulyojati 16 C Kota Metro. *Jurnal Tapak*, 5(1), 83–88.
- Rukmini, P., Studi, P., Guru, P., Dasar, S., & Kaplongan, J. R. (2021). *Pemanfaatan Ampas Tahu Dan Sampah Pasar Sebagai Pakan Larva BSF*.
- Salman, N., Nofiyanti, E., & Nurfadhilah, T. (2022). The Influence and Effectiveness of Maggot as an Alternative Process for Decomposing Municipal Organic Waste in Indonesia. *Journal Of Health Science And Prevention*, 7(1), 835–841.
- Sina, I., Nugroho, U., & Rosmi, Z. (2021). Analisis Pengolahan Limbah Padat Tahu Terhadap Alternatif Industri Pangan Sosis (Grade B) *Analysis Of Tofu Solid Waste Processing for the Alternative of Sausage Food Industry . Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 5(1).
- Subekti, S. (2011). Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif. *Sains Dan Teknologi*, 1, 1–6.
- Sulistia, S., Charlena, & Ambarsari, H. (2021). Deodorisasi Sludge Limbah Industri Makanan untuk Pakan Maggot BSF (Black Soldier Fly) dengan Teknik Biosorpsi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 222–230.
- Sultoni, Miswan, & Nur, A. (2019). Efektifitas Mikroorganisme Lokal (Mol) Limbah Nasi Sebagai Aktif Ator Pembuatan Pupuk Kompos Organik. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 1(1), 1–8.
- Waluyo, T. (2020). Optimasi Pengkomposan Limbah Sayuran. *Ilmu Dan Budaya*, 41(70), 8275–8297.

Lampiran 1. Hasil Wawancara

Berikut ini merupakan hasil wawancara Bersama pemilik pabrik tahu Pal 9 Muara Bulian

1.	Sudah berapa lama usaha pabrik tahu berjalan?	Usaha pabrik tahu ini telah berjalan sejak tahun 2004 dan hingga saat ini sudah beroperasi selama 20 tahun.
2.	Berapa jumlah karyawan yang bekerja?	Jumlah karyawan yang bekerja di pabrik tahu ini adalah 6 orang.
3.	Berapa banyak penggunaan bahan baku kedelai yang dipakai dalam sekali produksi	Dalam satu kali produksi, pabrik tahu menghabiskan sekitar 80 kg kedelai mentah sebagai bahan baku.
4.	Berapa jumlah limbah yang di hasilkan dalam satu kali produksi?	Limbah yang dihasilkan dalam setiap produksi mencapai 32 kg.
5.	Berapa kali dalam satu minggu produksi tahu dilakukan?	Pabrik tahu ini beroperasi setiap hari, sehingga produksi dilakukan tanpa henti sepanjang minggu.
6.	Bagaimana pengelolaan limbah ampas tahu yang dihasilkan oleh produksi tahu?	Pengelolaan limbah ampas tahu yang dihasilkan saat ini hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak.
7.	Kemana saja hasil produksi di salurkan?	Hasil produksi tahu umumnya dipasarkan di Pasar Keramat Tinggi, Muara Bulian, serta di Pasar Pal 5, Muara Tembesi.

Lampiran 2. Tabel Output Uji Anova dan Uji Korelasi

A. Tabel Output Uji Anova Pada Pertumbuhan Massa Maggot BSF Limbah Ampas Tahu, Limbaha Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu serta Sayuran

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0,0024	2	0,0012	0,8317	0,4398	3,1359
Within Groups	0,0946	66	0,0014			
Total	0,0970	68				

B. Tabel Output Uji Korelasi Antara Penurunan Limbah Ampas Tahu, Limbaha Sayuran, dan Limbah Campuran Ampas Tahu serta Sayuran Terhadap Pertumbuhan Maggot BSF

1. Tabel Output Uji Korelasi Limbah Ampas Tahu

	<i>larval growth rate (GR)</i>	<i>PenurunanLimbah Ampas Tahu</i>
larval growth rate (GR)	1	
Penurunan Limbah Ampas Tahu	0,646104289	1

2. Tabel Output Uji Korelasi Limbah Sayuran

	<i>larval growth rate (GR)</i>	<i>Penurunan Limbah Sayuran</i>
larval growth rate (GR)	1	
Penurunan Limbah Sayuran	0,30626348	1

3. Tabel Output Limbah Campuran Ampas Tahu dan Sayuran

	<i>larval growth rate (GR)</i>	<i>Penurunan Limbah Campuran</i>
larval growth rate (GR)	1	
Penurunan Limbah	0,402871472	1

Lampiran 3. Perhitungan Persentase Efektivitas

a. Perhitungan Persentase Efektivitas limbah Ampas Tahu

Hari Ke- 8

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = \frac{111}{1000} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = 11\ %$$

Hari Ke-9

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = \frac{119}{1000} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = 12\ %$$

Hari Ke-10

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = \frac{125}{1000} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = 13\ %$$

b. Perhitungan Persentase Efektivitas limbah Sayuran

Hari Ke- 8

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = \frac{109}{1000} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = 11\ %$$

Hari Ke-9

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = \frac{119}{1000} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = 12\ %$$

Hari Ke-10

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = \frac{123}{1000} \times 100\ %$$

$$Efektivitas = 12\ %$$

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = \frac{156}{1000} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = 16 \%$$

c. Perhitungan Persentase Efektivitas limbah Campuran

Hari Ke-8

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = \frac{111}{1000} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = 11 \%$$

Hari Ke-9

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = \frac{121}{1000} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = 12 \%$$

Hari Ke-10

$$Efektivitas = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal\ limbah} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = \frac{125}{1000} \times 100 \%$$

$$Efektivitas = 13 \%$$

Lampiran 4. Perhitungan Efisiensi Konsumsi Pakan

- a. Perhitungan Persentase Efektivitas limbah Ampas Tahu
Hari Ke-8

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

$$D = \frac{1000 - 983}{1000}$$

$$D = 0,017$$

$$EDC = \frac{0,017}{1} \times 100$$

$$EDC = 1,70\%$$

Hari Ke-9

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

$$D = \frac{1000 - 925}{1000}$$

$$D = 0,075$$

$$EDC = \frac{0,075}{1} \times 100$$

$$EDC = 7,50\%$$

Hari Ke-10

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

$$D = \frac{1000 - 903}{1000}$$

$$D = 0,097$$

$$EDC = \frac{0,097}{1} \times 100$$

$$EDC = 9,70\%$$

b. Perhitungan Persentase Efektivitas limbah Sayuran

Hari Ke-8

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

$$D = \frac{1000 - 932}{1000}$$

$$D = 0,068$$

$$EDC = \frac{0,068}{1} \times 100$$

$$EDC = 6,80\%$$

Hari Ke-9

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

$$D = \frac{1000 - 885}{1000}$$

$$D = 0,115$$

$$EDC = \frac{0,115}{1} \times 100$$

$$EDC = 11,50\%$$

Hari Ke-10

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

$$D = \frac{1000 - 832}{1000}$$

$$D = 0,168$$

$$EDC = \frac{0,168}{1} \times 100$$

$$EDC = 16,80\%$$

c. Perhitungan Persentase Efektivitas limbah Campuran

Hari Ke-8

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

$$D = \frac{1000 - 985}{1000}$$

$$D = 0,015$$

$$EDC = \frac{0,015}{1} \times 100$$

$$EDC = 1,50\%$$

Hari Ke-9

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

$$D = \frac{1000 - 938}{1000}$$

$$D = 0,062$$

$$EDC = \frac{0,062}{1} \times 100$$

$$EDC = 6,20\%$$

Hari Ke-10

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

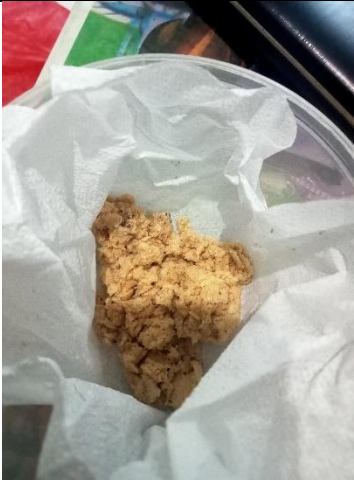
$$D = \frac{1000 - 901}{1000}$$

$$D = 0,099$$

$$EDC = \frac{0,099}{1} \times 100$$

$$EDC = 9,90\%$$

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

Gambar	Keterangan
	Alat yang digunakan sebagai tempat proses biokonversi atau yang disebut biokonverter.
	Telur maggot BSF.
	Maggot BSF usia 5 hari.

	Pengukuran pH dan kelembapan limbah ampas tahu sebelum diberikan pada maggot BSF.
	Pengukuran suhu limbah ampas tahu sebelum diberikan pada maggot BSF.
	Pengukuran suhu lingkungan hidup maggot BSF.

	Pengukuran massa limbah ampas tahu sebelum proses biokonversi.
	Pengukuran massa limbah sayuran sebelum proses biokonversi.
	Pengukuran limbah campuran ampas tahu dan sayuran sebelum proses biokonversi.

		Proses biokonversi limbah ampas tahu oleh maggot BSF.
		Proses biokonversi limbah sayuran oleh maggot BSF.
		Proses biokonversi limbah campuran oleh maggot BSF.

	Pengukuran massa akhir limbah ampas tahu.
	Pengukuran massa akhir limbah sayuran.
	Pengukuran massa akhir limbah campuran ampas tahu dan sayuran.

	Pengukuran pertumbuhan massa maggot BSF limbah ampas tahu.
	Pengukuran pertumbuhan massa maggot BSF limbah sayuran.
	Pengukuran pertumbuhan massa maggot BSF limbah campuran ampas tahu dan sayuran.