

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS REDUKSI LIMBAH SUSU BUBUK
MENGUNAKAN LARVA BLACK SOLDIER FLY
(HERMETIA ILLUCENS)**

Disusun dan diajukan oleh:

**SHANIEN RAIHAN ILHAM
D131 19 1020**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EFEKTIVITAS REDUKSI LIMBAH SUSU BUBUK MENGUNAKAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*HERMETIA ILLUCENS*)

Disusun dan diajukan oleh

Shanien Raihan Ilham
D131191020

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 26 September 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Asiyanthi T Lando, S.T., M.T.
NIP 198001202002122002

Pembimbing Pendamping,



Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T.
NIP 199304282021016000

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM.
NIP 197204242000122001



PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Shanien Raihan Ilham
NIM : D131191020
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Efektivitas Reduksi Limbah Susu Bubuk Menggunakan Larva Black Soldier Fly
(Hermetia Illucens)}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 8 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Shanien Raihan Ilham

ABSTRAK

SHANIEN RAIHAN ILHAM. *Efektivitas Reduksi Limbah Susu Bubuk Menggunakan Larva Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)* (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. Asiyanthi T Lando, S.T., M.T. dan Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T.)

Salah satu yang menjadi permasalahan di negara-negara maju dan berkembang yaitu dalam pengelolaan sampah. Jumlah timbulan sampah yang ada di Indonesia menyentuh angka 18,2 Juta ton/tahun. Sampah dihasilkan merupakan pemborosan dari kegiatan domestik 57% sebagian besar adalah sampah organik. Pertambahan jumlah penduduk dapat meningkatkan permintaan akan produk olahan susu terutama di negara berkembang. Produksi susu di Indonesia pada tahun 2020 sebanyak 946,912 ton, pada tahun 2021 sebanyak 946,388 ton, sedangkan pada tahun 2022 sebanyak 968,980 ton. Hasil observasi di TPS 3R Untia, data susu bubuk kedaluwarsa yang dimiliki oleh PT. Nutrifood Indonesia pada tahun 2022 sebanyak 1,09 ton dan pada tahun 2023 sebanyak 1,72 ton.

Untuk menghancurkan produk susu adalah pembakaran dengan solar atau bensin. Namun, proses ini dapat memiliki efek lingkungan. Pengamatan terhadap dampak dari pemberian produk olahan, berupa susu kedaluwarsa, terhadap pertumbuhan larva Black Soldier Fly (BSF).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pertumbuhan BSF, presentase reduksi sampah hasil biokonversi limbah susu bubuk dengan dan tanpa penambahan sampah organik dan tingkat keberhasilan hidup larva.

Penelitian ini dilakukan dengan metode ekperimental. Penelitian dilakukan selama 14 hari dengan variasi pakan sampah organik 100% (R1), susu bubuk 25% + sampah organik 75% (R2), susu bubuk 50% + sampah organik 50% (R3), dan susu bubuk 75% + sampah organik 25% (R4).

Hasil penelitian diperoleh bahwa persentase reduksi tertinggi berada pada R1 sebesar 89% dan R2 sebesar 86%. Tingkat keberhasilan hidup larva yang terbanyak juga berada di R1 dengan nilai persentase 96% dan R2 sebesar 95%.

Kata Kunci: Larva BSF, Sampah organik, Susu, Susu Bubuk, Biokonversi



ABSTRACT

SHANIEN RAIHAN ILHAM. *Efektivitas Reduksi Limbah Susu Bubuk Menggunakan Larva Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)* (supervised by Dr. Eng. Asiyanthi T Lando, S.T.,M.T and Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T)

One of the challenges in both developed and developing countries is waste management. Indonesia, for example, produces a staggering 18.2 million tons of waste per year. The majority of this waste, approximately 57%, is generated from domestic activities, with a significant portion being organic waste. Furthermore, the increasing population can lead to a higher demand for dairy products, especially in developing nations. In 2020, Indonesia produced 946,912 tons of milk, which increased to 946,388 tons in 2021 and 968,980 tons in 2022.

An observational study conducted at TPS 3R Untia revealed that PT. Nutrifood Indonesia possessed 1.09 tons of expired powdered milk in 2022 and 1.72 tons in 2023. To dispose of expired dairy products, incineration using gasoline or diesel fuel is a common method. However, this process can have adverse environmental effects. Thus, this study aimed to investigate the growth characteristics of Black Soldier Fly (BSF) larvae, the percentage reduction of waste through the bioconversion of powdered milk waste with and without the addition of organic waste, and the survival rate of the larvae.

The research was conducted using an experimental method over a 14-day period. Various feeding ratios were employed, including 100% organic waste (R1), 25% powdered milk + 75% organic waste (R2), 50% powdered milk + 50% organic waste (R3), and 75% powdered milk + 25% organic waste (R4). The results indicated that the highest percentage reduction was achieved in R1 at 89% and R2 at 86%. Moreover, the highest larval survival rate was observed in R1 with a percentage of 96%, followed closely by R2 with 95%.

Keywords: Black Soldier Fly Larvae, Organic Waste, Milk, Powdered Milk, Biodegradation



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Sampah.....	6
2.2 Penggolongan Sampah.....	6
2.3 Sampah Organik.....	8
2.4 Biokonversi Limbah Metode Lalat <i>Black Soldier Fly</i> (BSF)	8
2.5 Siklus Hidup <i>Black Soldier Fly</i>	9
2.6 Indeks Pengurangan Limbah.....	12
2.7 Keuntungan Lalat Black Soldier Fly.....	13
2.8 Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Larva	15
2.9 Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
Metode Penelitian.....	24
Alat dan Bahan.....	24
Prosedur dan Teknik Pengumpulan Data	28



3.4 Populasi dan Sampel	28
3.5 Variabel Penelitian	29
3.6 Metode Penelitian	30
3.7 Analisa Data	32
3.8 Bagan Alir Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Uji Dasar	39
4.2 Karakteristik <i>Black Soldier Fly (BSF)</i>	41
4.3 Reduksi Sampah.....	61
4.4 Tingkat Keberhasilan Hidup Larva (<i>Survival Rate</i>)	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus Hidup Maggot	10
Gambar 2. Lokasi Penelitian	24
Gambar 3. Diagram Alir Metode Penelitian	32
Gambar 4. Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 5. Variasi Komposisi	41
Gambar 6. Grafik Berat Larva	43
Gambar 7. Grafik Pertumbuhan Panjang Larva	47
Gambar 8. Tingkat Keasaman Setiap Reaktor, (a) R1, (b) R2, (c) R3, (d) R4	49
Gambar 9. Suhu Setiap Reaktor, (a) R1, (b) R2, (c) R3, (d) R4	51
Gambar 10. Grafik Reduksi Sampah	62
Gambar 11. Grafik Persentase Reduksi Sampah.....	62
Gambar 12. Grafik <i>Waste Reduction Index</i>	62
Gambar 13. Grafik Efisiensi Konversi Limbah Tercerna	64
Gambar 14. Rekapitulasi Persentase Reduksi Sampah, WRI dan ECD	65
Gambar 15. Grafik Tingkat Keberhasilan Hidup Larva.....	68
Gambar 16. Grafik Tingkat Keberhasilan Hidup Larva.....	68



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	18
Tabel 2. Alat Penelitian.....	25
Tabel 3. Bahan Penelitian.	27
Tabel 4. Variabel Penelitian.....	29
Tabel 5. Interpretasi Nilai <i>rho</i>	37
Tabel 6. Uji Dasar Susu Bubuk Kedaluwarsa.....	39
Tabel 7. Rekapitulasi Berat Larva.....	42
Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Uji <i>Standard Error</i> Berat Larva	42
Tabel 9. Rekap Panjang Larva	45
Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Uji <i>Standard Error</i> Panjang Larva	46
Tabel 11. Data pH	48
Tabel 12. Data Suhu °C	50
Tabel 13. Uji Normalitas Karakteristik Larva BSF.	53
Tabel 14. Uji <i>Kruskal-Wallis</i> Karakteristik Larva BSF.....	55
Tabel 15. Uji <i>Kruskal-Wallis (Mean Rank)</i> Karakteristik Larva BSF.....	55
Tabel 16. Rekapitulasi Hasil Uji <i>Kruskal-Wallis</i> Karakteristik Larva BSF.	57
Tabel 17. Uji <i>Post Hoc Mann-Whitney</i> Berat Larva BSF.....	57
Tabel 18. Uji <i>Post Hoc Mann-Whitney</i> Panjang Larva BSF.....	59
Tabel 19. Persentase Reduksi Sampah.....	61
Tabel 20. Data ECD	64
Tabel 21. Kriteria tingkat kekuatan korelasi <i>Spearman Rank</i>	66
Tabel 22. Hasil Uji Korelasi <i>Spearman</i> Reduksi Sampah	66
Tabel 23. Hasil Uji Korelasi <i>Spearman</i> Tingkat Keberhasilan Hidup Larva.....	69



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
BSF	<i>Black Soldier Fly</i>
SR	<i>Survival Rate</i>
WRI	<i>Waste Reduction Index</i>
SBK	Susu Bubuk Kedaluwarsa
SO	Sampah Organik



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Kerja	76
Lampiran 2. Foto Reaktor	79
Lampiran 3. Standar Error.....	83



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, tak lupa pula Salawat serta salam semoga tetap tercurakan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, beserta para keluarga dan sahabatnya. Berkat bantuan dan dorongan dari semua pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “**Efektivitas Reduksi Limbah Susu Bubuk Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)**”. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.

Ucapan terimakasih yang tak terhingga penulis ucapkan kepada Muhammad Ilham Jaya dan Ibunda Leylani Muhammad untuk segala kasih sayang, doa, semangat dan dukungan yang begitu besar selama ini. Selesaiannya Tugas Akhir ini tak lepas dari restu dan segala pengorbanan kalian, semoga Allah senantiasa melindungi mereka.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan bukan tanpa hambatan. Ada banyak hambatan serta masalah yang dilalui oleh penulis dalam proses penyelesaiannya. Namun berkat bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T., selaku Kepala Lab Riset Sanitasi dan Persampahan.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Asiyanthi T Lando, S.T., M.T., selaku pembimbing I yang lah meluangkan banyak waktu serta senantiasa memberikan pengarahan in dorongan selama proses penelitian.



5. Ibu Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu serta senantiasa memberikan pengarahan dan dorongan selama proses penelitian.
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan yang telah mengajar dan membimbing saya selama masa perkuliahan, serta Ibu Sumi , kak Tami dan Pak Olan selaku staff yang selalu siap sedia membantu dalam menyelesaikan berkas-berkas.
7. Kepada saudara, kakak dan adik saya Muhammad Sabil Fathurrahman dan Shahnaz Maghfirah Ilham yang telah sabar menemani, mengantar kemanapun demi tugas akhir saya.
8. Kepada Syao.id, Putri Aurelia Velensia dan Andi Amorita Aqilah yang telah memberikan dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir dan senantiasa menemani saya.
9. Kepada Geyz, Ardita, Dhilaep, Putri, Nabiladt, Alya yang juga telah memberikan dukungan.
10. Kepada Grup 123 Dhea, Chusnul, Hajra yang juga telah memberikan dukungan.
11. Kepada teman-teman Lingkungan 2019 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam tugas akhir saya.
12. Kepada teman-teman di Lab Riset Sanitasi dan Persampahan yang telah membantu dalam tugas akhir saya.
13. Kepada teman-teman seperjuangan maggot, Viona, Thalia, Nurnisa, Danti, yang sangat membantu baik dalam melakukan penelitian hingga penyelesaian laporan.
14. Kepada diri saya sendiri Shanien Raihan Ilham. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap prosesnya yang bisa dibilang tidak mudah. erima kasih sudah bertahan.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah didefinisikan sebagai sesuatu yang perlu perhatian lebih dikarenakan sampah akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan baik dalam aspek kesehatan, kenyamanan, dan estetika. Sampah dalam artian umum merupakan sisa dari aktivitas manusia yang sudah tidak dipergunakan kembali, baik sampah dalam bentuk padat maupun semi padat (Tchobanoglous, 1993). Sehingga diperlukan pengelolaan dan pengolahan sampah dengan baik dan benar.

Salah satu yang menjadi permasalahan di negara-negara maju dan berkembang yaitu dalam pengelolaan sampah, yang belum dapat ditangani dengan baik. Akan banyak masalah yang akan timbul jika pengelolaan sampah masih buruk, seperti banjir dan air lindi dari sampah tersebut akan dapat mencemari tanah (Lamond dkk, 2012). Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup disampaikan pada tahun 2022, jumlah timbulan sampah yang ada di Indonesia menyentuh angka 18,2 Juta ton/tahun.

Salah satu jenis sampah yang sering kita hasilkan dalam kegiatan kita sehari-hari yaitu sampah organik. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional pada tahun 2021, dilaporkan bahwa 41% sampah dihasilkan merupakan pemborosan dari kegiatan domestik, Dimana dari sampah tersebut 57% sebagian besar adalah sampah organik. Selain itu, 30,5% komposisi sampah Indonesia merupakan sampah sisa makanan.

Produksi sayur dan buah di dunia mencapai 1,5 milyar ton/tahun dan 45% dari produksi tersebut merupakan sampah (Mazareli dkk, 2016). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2014, bahwa tingkat pengelolaan sampah pasar masih jauh di bawah tingkat pengelolaan sampah permukiman, Tingkat pengelolaan sampah permukiman mencapai 16,7 juta ton/tahun sedangkan tingkat pengelolaan sampah pasar hanya mencapai 7,7 juta ton/tahun.

Kelebihan pangan di Indonesia merupakan masalah serius. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2021, hingga 28,3% dari



seluruh sampah adalah limbah makanan. Di urutan kedua ada sampah plastik dengan jumlah 15,73%. Adapun 12,75% dari limbah kayu/ranting. Kemudian hingga 12,36% sampah kertas/karton. Kemudian limbah logam sebesar 6,86%, limbah kain 6,57%, Ditambah limbah berupa kaca dan karet/kulit masing-masing sebesar 6,46 persen dan 3,49 persen. Sedangkan 7,48% sampah lainnya. Sampah makanan merupakan sampah jumlah terbesar di Indonesia, tidak hanya pada tahun 2021 tetapi juga beberapa tahun sebelumnya.

Data menunjukkan bahwa proporsi terbesar sampah organik berupa sisa makanan, karena proses penguraian alami membutuhkan waktu yang cukup lama dan sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal. Menurut Monita (2017), sampah organik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan organik yang dapat atau dapat terurai oleh organisme hidup. Hal ini disebabkan kurangnya keterlibatan masyarakat secara aktif dan teknologi pengolahan sampah yang masih relatif mahal.

Pertambahan jumlah penduduk dapat meningkatkan permintaan akan produk olahan susu terutama di negara berkembang. Produk olahan susu memiliki umur simpan yang terbatas dari segi kualitas produk dan keamanan konsumen, dan beberapa produk seperti produk olahan susu memiliki umur simpan yang relatif singkat. Susu adalah salah satu tempat berkembang biak terbaik untuk pertumbuhan bakteri dan jamur penyebab penyakit pada manusia, jadi produk susu harus dibuang setelah mencapai tanggal penjualan (Purba dkk, 2021).

Menurut *Institute of Food Science and Technology* (1974), Umur simpan produk pangan adalah waktu antara produksi dan konsumsi dimana produk tersebut berada dalam kondisi memuaskan berdasarkan penampilan, rasa, aroma, tekstur dan sifat nutrisinya. Umur simpan (*shelf life*) susu bubuk berdasarkan kemasan yaitu dengan jangka waktu 1 tahun 4 bulan untuk kemasan *aluminium foil 7 μ* (AL7), dan 1 tahun untuk kemasan *metalized plastic 12 μ* (Aprida dkk, 2017).

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Tahun 2020-2022, Produksi susu di Indonesia pada tahun 2020 sebanyak 946,912 ton, pada tahun 2021 sebanyak 946,388 ton, sedangkan pada tahun 2022 sebanyak 968,980 ton.



sil observasi di TPS 3R Untia, data susu bubuk kedaluwarsa yang dimiliki Nutrifood Indonesia pada tahun 2022 sebanyak 1,09 ton dan pada tahun anyak 1,72 ton.

Meningkatnya jumlah produksi susu akan berdampak pada meningkatnya pula potensi limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan susu. Diperkirakan bahwa setiap 450.000 kg susu menghasilkan 1000-2000 kg limbah *sludge* susu (Pampang, 2020).

Menurut Setyawan (2015), sebuah perusahaan susu Indonesia mengolah 650.000 liter susu cair menjadi 200 ton susu bubuk setiap hari dan menghasilkan sekitar 400.000 liter air limbah dalam prosesnya.

Metode paling umum untuk menghancurkan produk susu adalah pembakaran dengan solar atau bensin. Namun, proses ini dapat memiliki efek lingkungan yang negatif karena pembakaran menghasilkan senyawa karsinogenik dan karbon hitam. Oleh karena itu, diperlukan alternatif cara daur ulang sampah yang lebih ramah lingkungan (Purba dkk, 2021).

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah sampah organik bernilai ekonomis adalah biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Pada tahap larva, BSF dapat mengolah sampah organik. Diketahui bahwa larva BSF dapat mengurangi massa sampah sebesar 52-56%, sehingga larva BSF dapat digunakan sebagai solusi pengurangan sampah organik. (Dormants, bram, dkk, 2021). Penelitian lain juga menemukan bahwa larva BSF dapat menguraikan hingga 80% sampah organik untuk jumlah sampah organik tertentu (Diener, 2010).

Pada penelitian (Purba dkk, 2021) *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) dapat digunakan untuk pengolahan berbagai sampah organik dengan cara dikonsumsi larva. Salah satu hasil terpenting dari proses ini adalah biomassa tubuh yang kaya protein dan lemak, yang memiliki nilai ekonomi potensial sebagai bahan baku dalam industri akuakultur, unggas sebagai sumber protein antibakteri. Pemanfaatan serangga ini sebagai bahan pengolah limbah organik segar telah marak di Indonesia, namun penggunaannya sebagai bahan pengolah limbah produk olahan relatif jarang.

Berdasarkan hal ini, maka dilakukan pengamatan terhadap dampak dari pemberian produk olahan, berupa susu kedaluwarsa, terhadap pertumbuhan larva ura hitam.



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik pengolahan limbah susu bubuk menggunakan metode biokonversi *Black Soldier Fly*?
2. Bagaimana presentase hasil biokonversi limbah susu bubuk dengan dan tanpa penambahan sampah organik?
3. Bagaimana pengaruh penambahan susu bubuk terhadap tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian, sebagai berikut :

1. Menganalisa karakteristik pengolahan limbah susu bubuk menggunakan metode biokonversi *Black Soldier Fly*.
2. Mengetahui presentase hasil biokonversi limbah susu bubuk dengan dan tanpa penambahan sampah organik
3. Mengetahui pengaruh tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly* terhadap penambahan susu bubuk.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Penulis

Sebagai pemenuhan syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 (S1) dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Universitas

Sebagai tambahan arsip jumlah penelitian dan referensi bagi para peneliti selanjutnya, khususnya terkait Pengolahan Persampahan.

Masyarakat

Sebagai bahan bacaan untuk menambah pengetahuan masyarakat mengenai pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly*.



1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup bertujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Tugas akhir ini memiliki ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Sampah yang digunakan sebagai sampel adalah sampah organik yang dihasilkan dari aktivitas pasar. Sampel berupa buah jeruk, apel, pir dan sayur pakcoy.
2. Sampel susu bubuk yang digunakan adalah susu bubuk merek Hilo *Gold* yang telah kadaluarsa dengan jenis susu bubuk skim.
3. Uji coba pengolahan sampah organik menggunakan larva *Black Soldier Fly* berumur 7 hari.
4. Pelaksanaan pengambilan data primer dilakukan selama 14 hari.
5. Total berat sampah pada setiap perlakuan yaitu 1 kg.
6. Larva *Black Soldier Fly* yang digunakan sebanyak 500 ekor pada setiap perlakuan.
7. Pelaksanaan pengambilan data primer dilakukan di Tempat Pengelolaan Sampah (TPS) 3R Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah

Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 menjelaskan terkait pengertian sampah yang merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Tchobanoglous dkk, (1993) menjelaskan pengertian terkait sampah sebagai semua buangan yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan hewan yang berupa padatan, yang dibuang karena sudah tidak berguna atau diperlukan lagi.

Sedangkan Menurut *World Health Organization* (WHO) sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Sampah didefinisikan sebagai limbah yang bersifat padat terdiri dari atas zat organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (Lasanudin dkk, 2021).

2.2 Penggolongan Sampah

Menurut Undang-undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah yang dikelola berdasarkan jenis dan sumbernya terdiri atas :

a. Sampah rumah tangga

Sampah rumah tangga merupakan sampah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga sehari-hari, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Sampah ini berasal dari pemukiman penduduk seperti rumah atau wilayah perumahan.

b. Sampah sejenis rumah tangga

Sampah yang sejenis dengan sampah rumah tangga adalah sampah yang dihasilkan sebagai sampah rumah tangga tetapi tidak berasal dari rumah tangga. Sampah berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan rusus, fasilitas sosial, fasilitas umum dan/atau fasilitas lainnya.



c. Sampah spesifik

Sampah spesifik atau Limbah B3 adalah sampah yang memerlukan penanganan khusus, antara lain sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun, limbah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun, sampah akibat bencana, pembongkaran bangunan, sampah yang belum bisa diolah secara teknologi dan/atau sampah yang timbul secara tidak periodik.

Tchobanoglous dkk, (1993) Pengelompokkan sampah menurut sumbernya yaitu :

a. Pemukiman

Sampah di daerah pemukiman sebagian besar rumah atau apartemen. Jenis sampah adalah sisa makanan, kertas, karton, plastik, tekstil, kulit, sampah kebun, kayu, kaca, logam, barang bekas rumah tangga, sampah beebahaya, dan sebagainya.

b. Komersial

Sampah komersial yaitu termasuk toko, restoran, pasar, kantor, hotel dan lain-lain. Jenis sampah yang lain yang dihasilkan adalah kertas, karton, plastik, kayu, sisa makanan, kaca, logam, sampah berbahaya dan beracun, dan sebagainya.

c. Institusi

Sampah bersumber dari instusi yaitu sekolah, rumah sakit, penjara, pusat pemerintahan, dan lain-lain. Adapun jenis sampah yang dihasilkan dari instusi sama dengan sampah yang dihasilkan pada daerah komersial.

d. Konstruksi dan pembongkaran bangunan

Termasuk pembangunan baru, perbaikan jalan dan sebagainya. Jenis sampah antara lain kayu, baja, beton, debu dan lain-lain.

e. Fasilitas Umum

Sampah dari fasilitas umum seperti penyapuan jalan, taman, pantai, tempat rekreasi dan lain-lain. Jenis sampah yang dihasilkan adalah *rubbish*, sampah taman, ranting, dedaunan dan sebagainya.



ngolah limbah domestik seperti Instalasi pengolahan air minum
 Instalasi pengolahan limbah dan insinerator. Jenis limbah yang dihasilkan
 meliputi pengolahan lumpur, debu, dan sebagainya.

g. Industri

Sampah dari industri merupakan jenis sampah yang dihasilkan dari sisa proses produksi, buangan non industri dan sebagainya

h. Pertanian

Jenis sampah yang dihasilkan dari sektor pertanian yaitu sisa makanan busuk dan sisa pertanian.

2.3 Sampah Organik

Sampah organik adalah sampah yang timbul dari sisa-sisa makhluk hidup (alam) seperti hewan, manusia, tumbuhan yang mengalami pembusukan atau pelapukan. Limbah ini tergolong limbah yang ramah lingkungan karena dapat dengan cepat didegradasi oleh bakteri di alam (Batubara dkk, 2022).

Menurut (Putri dkk, 2022) Sampah pasar adalah sampah sejenis rumah tangga yang dihasilkan oleh kegiatan jual beli secara tidak langsung di pasar yang setiap hari menghasilkan sampah. Sampah organik yang mudah terurai seperti sisa sayur dan buah mendominasi sampah pasar. Pada tahun 2021, salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah sampah adalah sampah pasar tradisional yang jumlahnya mencapai 22,04% dari total produksi sampah Indonesia.

2.4 Biokonversi Limbah Metode Lalat *Black Soldier Fly* (BSF)

Biokonversi *Black Soldier Fly* merupakan teknologi ramah lingkungan atau bisa dikatakan teknologi hijau yang dapat dikembangkan untuk mengurangi sampah organik. *Black Soldier Fly* merupakan spesies lalat yang dapat mengkonsumsi berbagai jenis sampah organik dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan pengomposan tradisional (Amrul dkk, 2022). *Black Soldier Fly* atau *Hermetia Illucens* dalam bahasa latin adalah spesies lalat dari *ordo Diptera*, *family Stratiomyidae* dengan *genus Hermetia* dan merupakan lalat yang berasal asli dari benua Amerika (Hem, 2011).

Menurut (Popa & Green, 2012) Ada beberapa manfaat yang dapat dihasilkan dari

dan larva BSF antara lain:

larva BSF dapat mendegradasi sampah organik menjadi nutrisi untuk pertumbuhan larva BSF itu sendiri.



2. Larva BSF juga dapat mengkonversi sampah organik menjadi kompos dengan kandungan penyubur yang tinggi bagi tanaman.
3. Mampu mengendalikan bau dan hama serta mengurangi emisi gas rumah kaca selama proses penguraian sampah.
4. Larva BSF yang telah disangrai dapat digunakan sebagai pakan ternak karena tubuh maggot/larva mengandung zat kitin dan protein yang cukup tinggi.
5. Dapat digunakan sebagai *biofuel* karena kandungan lemak tubuh larva BSF yang tinggi.

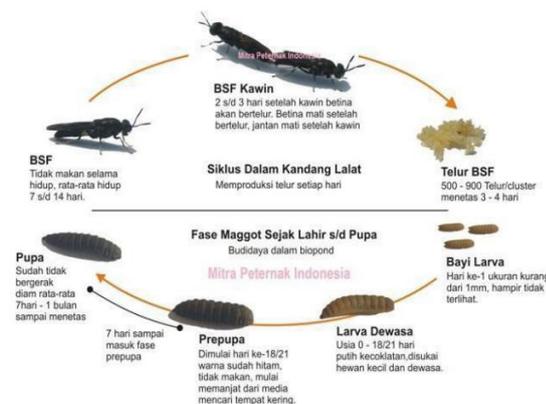
Larva *Black Soldier Fly* memakan semua jenis sampah organik dari hewan dan tumbuhan (Bullock dkk, 2013). Diketahui juga bahwa larva BSF dapat memakan berbagai makanan. Larva BSF dapat memakan berbagai macam limbah, baik segar maupun busuk, seperti daging, kotoran hewan, buah-buahan, sisa restoran, limbah dapur selulosa, dan banyak limbah organik lainnya (Alvarez, 2012). Berdasarkan dari beberapa hasil penelitian menggunakan larva BSF dapat disimpulkan bahwa pengolahan sampah organik dengan biokonversi larva BSF memiliki potensi dan manfaat yang besar dari aspek sosial, lingkungan maupun ekonomi. Biokonversi larva BSF dapat dimanfaatkan sebagai alternatif yang sangat memungkinkan untuk pengolahan sampah organik di Indonesia karena keterlibatan masyarakat dan akses sumber. Keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan sampah memegang peranan penting. Pemanfaatan BSF untuk mengurai sampah organik tidak hanya mengurangi jumlah sampah organik yang dibuang ke TPA, tetapi juga memberikan manfaat sosial dan ekonomi berupa lapangan kerja baru atau peluang bisnis melalui berbagai produk biokonversi (Arfidianingrum dkk, 2023)

2.5 Siklus Hidup *Black Soldier Fly*

Berasal dari Amerika, *black soldier fly* (BSF) telah menyebar ke beberapa daerah subtropis dan tropis di dunia, termasuk Indonesia, yang umumnya dikenal sebagai “maggot” (Wardhana, 2016). Warna tubuh *black soldier fly* (BSF) adalah hitam dan pangkal perutnya transparan (*wasp waist*), sehingga sekilas menyerupai ah. Panjang lalat BSF berkisar di ukuran 15-20 mm. Lalat jenis BSF 1 lebih besar dari lalat lainnya dan tidak menyebabkan penyakit karena idupnya hanya untuk kawin dan bereproduksi (Monita dkk, 2017).



Siklus hidup BSF dari telur hingga lalat dewasa membutuhkan waktu 40-44 hari. Itu semua tergantung kondisi lingkungan dan pengelolaan makanan dan minuman BSF, penempatan rumah BSF dan sebagainya. Lalat BSF tumbuh relatif cepat, dengan inkubasi telurnya selama 3 hari, menjadi larva selama 18 hari kemudian menjadi pupa selama 14 hari, setelah 14 hari pupa BSF menjadi lalat dewasa selama tiga hari, kemudian kawin selama tiga hari dan bertelur selama tiga hari (Wardhana, 2017). Siklus hidup BSF merupakan siklus *metamorphosis* sempurna dengan 4 (empat) tahap yaitu telur, larva, pupa dan BSF dewasa. (Popa dan Green, 2012).



Gambar 1. Siklus Hidup Maggot
Sumber: Wahyuni dkk, 2020

2.5.1 Fase Telur

Lalat *Black Soldier Fly* betina memproduksi telur hingga 500 telur dalam sekali bertelur. Telur berbentuk oval dengan panjang kurang dari 1 mm. Berat rata-rata telur BSF adalah 0,003 mg. Telurnya berwarna putih pucat, berangsur-angsur berubah menjadi kuning saat menetas. Lalat BSF bertelur di tempat gelap berupa lubang/celah di atas atau di sekitar bahan sisa seperti kotoran, sampah atau sayuran busuk (Booth dan Sheppard, 1984).

Telur BSF menetas pada hari ke-3 dan ke-4. Setiap telur memiliki berat sekitar 1-2 μg (mikrogram). Suhu optimal penyimpanan telur *black soldier fly* (BSF) adalah 28-35 °C. Pada suhu di bawah 25 °C, telur menetas lebih dari 4 hari, alam 2-3 minggu. Telur mati pada suhu di bawah 20°C dan di atas 40°C. F matang sempurna pada kondisi lembab dan hangat dengan kelembapan 0-40%. Telur menetas dengan baik pada kelembapan 60-80%. Jika



kelembapan di bawah 30%, telur akan mengering dan embrio di dalamnya akan mati (Sipayung, 2015).

2.5.2 Fase Larva

Larva yang baru menetas berukuran sangat kecil, berukuran sekitar 1,8 mm dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Tidak seperti lalat dewasa yang lebih menyukai sinar matahari, larva BSF bergantung pada cahaya. Hal ini terlihat jelas saat larva sedang makan, dimana mereka lebih aktif dan lebih cenderung berada di area dengan pencahayaan yang minim. Larva yang baru menetas hidup optimal pada suhu 28–35 °C dan kelembapan sekitar 60–70% (Holmes dkk, 2012). Pada umur satu minggu, larva BSF memiliki toleran terhadap suhu yang lebih rendah. Jika tersedia sumber makanan yang cukup, larva muda dapat bertahan hidup pada suhu di bawah 20 °C dan di atas 45 °C. Namun, larva BSF tumbuh lebih cepat pada suhu 30-36 °C (Sipayung, 2015). Setelah menetas, dari tahap larva hingga tahap prapupa BSF dapat mengurangi sekitar 55% limbah yang diberikan (Diener, 2010).

Selama fase pertumbuhannya, larva BSF mengalami 5 (lima) instar, dimana terjadi perubahan warna dari putih krem menjadi coklat kehitaman pada fase pertumbuhan akhir (Popa dan Green, 2012). Dalam kondisi ideal, larva BSF mencapai tahap pre-pupa dan ukuran maksimum pada hari ke-14 setelah menetas, tetapi bisa memakan waktu hingga 30 hari pada iklim tertentu. Kondisi tidak ideal yang dapat menghambat pertumbuhan larva BSF antara lain suhu yang kurang optimal, kualitas pakan yang buruk, kelembapan udara yang kurang, dan adanya bahan kimia yang tidak cocok untuk larva. Dalam kondisi normal, ukuran rata-rata larva BSF dewasa adalah 16-18 mm dengan berat 150-200 mg. Dalam beberapa kasus, larva dewasa dapat mencapai ukuran 27 mm (1 inci) dan berat hingga 430 mg. Larva BSF membutuhkan bahan organik yang mudah terurai sebagai pakannya seperti kompos, sampah, pupuk kandang, bangkai hewan, sayuran dan buah-buahan yang membusuk. Hal ini membuat sampah atau pakan yang diberikan tidak

urkan bau tidak sedap yang terlalu mencolok jika jumlah larva yang banyak (Sipayung, 2015).



2.5.3 Fase Pupa

Tahap Pupa adalah proses transformasi dari pupa menjadi lalat BSF. Tahap pupasi dimulai pada saat pre-pupa menemukan tempat yang cocok untuk berhenti beraktivitas dan menjadi kaku. Agar proses pupasi tersebut berhasil, sebaiknya kondisi lingkungan di tempat tersebut tidak berubah secara signifikan, atau dapat dikatakan tempat tersebut selalu hangat, kering dan teduh. Fase pupa berlangsung selama 6 hari, setelah 6 hari imago mulai muncul pada hari ke-32 (Rachmawati dkk, 2010). Pupasi juga ditandai dengan keluarnya lalat BSF dari dalam pupa. Lalat BSF ini membutuhkan waktu yang sangat singkat untuk keluar. Dalam waktu kurang dari lima menit, lalat tersebut sudah berhasil membuka bagian pupa yang dulunya merupakan kepala, lalu merangkak keluar untuk mengeringkan sayapnya, lalu melebarkannya dan terbang.

2.5.4 Fase BSF

Panjang tubuh BSF dewasa adalah 12–20 mm dan lebar sayap 8–14 mm. BSF dewasa berwarna hitam dengan kaki putih di bawahnya dan memiliki antena (terdiri dari tiga ruas) 2 (dua) kali panjang kepalanya. Tampilan BSF betina dan BSF jantan tidak berbeda secara signifikan, dengan BSF betina memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dan ukuran segmen kedua perut yang lebih kecil dibandingkan dengan BSF jantan. BSF dewasa relatif berumur pendek, 4-8 hari. BSF dewasa tidak membutuhkan makanan, tetapi menggunakan cadangan energi dari lemak yang tersimpan pada tahap larva. Oleh karena itu, lalat BSF tidak dianggap sebagai vektor penyakit. Lalat dewasa hanya berperan dalam reproduksi. BSF dewasa mulai kawin pada umur 2 hari. Setelah kawin, betina BSF menghasilkan hingga 300-500 telur dan diletakkan di tempat yang lembab dan gelap, seperti pada kayu lapuk (Sipayung, 2015).

2.6 Indeks Pengurangan Limbah

Untuk menunjukkan efisiensi larva dalam mereduksi limbah yang diberikan, inunjukkan efektivitas waktu untuk mereduksi limbah tersebut maka perlu nilai WRI (Supriyatna dan Putra, 2017). *Waste reduction index* dapat dengan rumus sebagai berikut :



$$WRI = \frac{D}{t} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$D = \frac{(W-R)}{W} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

WRI = indeks pengurangan sampah

W = jumlah total sampah (kg)

t = total waktu larva memakan sampah (hari)

R = sisa sampah total setelah waktu tertentu (kg)

D = penurunan sampah total

2.7 Keuntungan Lalat Black Soldier Fly

2.7.1 Ramah Lingkungan

Larva dari BSF dapat mengolah sampah jenis padat maupun jenis cairan, serta cocok untuk dikembangbiakkan secara monokultur karena mudah disebar, aman dan mudah dikembangbiakkan di semua kondisi, tidak mudah terpengaruh oleh mikroorganisme, dan tidak mudah terjangkit parasit. BSF juga mampu bertahan dalam kondisi ekstrem dan mampu bekerjasama dengan mikroorganisme untuk mendegradasi sampah organik (Popa dan Green, 2012).

2.7.2 Tidak membawa Vektor Penyakit

Larva BSF bukan merupakan vektor suatu penyakit dan relatif aman untuk kesehatan manusia sehingga jarang dijumpai di pemukiman terutama yang berpenduduk padat. Disamping itu, populasi lalat BSF mampu mengurangi populasi lalat *M. domestica* (lalat rumah). Apabila dalam limbah organik telah didominasi oleh larva BSF, maka lalat *M. domestica* tidak akan bertelur di tempat tersebut. Tomberlin & Sheppard (2002) menyebutkan bahwa koloni BSF yang berkembang di kotoran ayam mampu menurunkan populasi lalat *M. domestica* (Diptera: Muscidae) sebesar 94-100%. Secara alamiah, larva lalat BSF akan mengeluarkan senyawa kimia yang mencegah lalat *M. domestica* untuk bertelur di tempat yang terdapatnya (Ardana, 2016). Disamping itu, larva BSF dilaporkan bersifat sebagai antibakteri. Studi antibakteri yang dilakukan di Korea menunjukkan bahwa larva BSF yang diekstrak dengan pelarut metanol memiliki sifat sebagai antibiotik pada



bakteri Gram positif, seperti *Klebsiella pneumonia*, *Neisseria gonorrhoeae* dan *Shigella sonnei*. Sebaliknya, hasil analisis tersebut juga menunjukkan bahwa ekstrak larva ini tidak efektif untuk bakteri Gram positif, seperti *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutans* dan *Sarcina lutea* (Choi dkk, 2012).

2.7.3 Pakan

Pakan ternak dan unggas pemanfaatan larva BSF sebagai pakan ternak memiliki keuntungan secara langsung maupun tidak langsung. Larva BSF dalam mereduksi sampah, tahap akhir larva yang disebut prepupa dapat dipanen sendiri (*selfharvesting*) menghasilkan nilai tambah yang tinggi yaitu mengandung protein 40% dan lemak 30% yang digunakan sebagai pakan ikan dan hewan ternak pengganti tepung ikan (Diener dkk, 2011). Menurut Raharja, dkk (2016) kandungan protein yang dimiliki oleh maggot berkisar antara 45–52% disamping memiliki kandungan protein yang cukup tinggi maggot juga memiliki efek yang baik untuk meningkatkan daya tahan tubuh ikan. Studi lain membuktikan bahwa larva BSF berpotensi juga sebagai sumber biodiesel alternatif. Sebanyak 1.248,6 gram kotoran segar sapi perah yang diurai oleh 1.200 larva BSF dalam waktu 21 hari dilaporkan dapat menghasilkan biodiesel. Dari formula tersebut diperoleh sekitar 70,8 gram larva kering dan diproses untuk menghasilkan sekitar 15,8 gram biodiesel. Residu larva pasca-pemrosesan dapat digunakan untuk pakan ternak (Li dkk, 2011).

2.7.4 Mempercepat Proses Pengomposan

Lalat BSF telah banyak menarik minat peneliti karena kemampuannya dalam merombak limbah organik, khususnya pupuk kandang atau kotoran ternak. Larva lalat BSF dapat dengan sangat cepat mengkonversi bahan organik segar menjadi kompos dan biomassa kaya protein dan lemak. Kompos kualitas tinggi bebas patogen akan memberikan keuntungan dalam mendorong pengembangan budidaya tanaman. Banyak hal yang menjadi pertimbangan dalam memanfaatkan lalat BSF sebagai agensia pengomposan (BPTP Jakarta, 2016). Beberapa hal yang meliputi kemampuan dan kecepatannya dalam mengkonversi bahan organik menjadi pupuk organik atau kompos. Hal ini berbeda dengan cacing yang harus bekerja secara simultan dengan mikroba pendekomposisi dalam mendegradasi limbah organik. Cacing merah hanya mengonsumsi bahan organik



yang telah mengalami dekomposisi awal oleh mikroba. Sementara, larva BSF secara mandiri dapat secara langsung mengonsumsi limbah organik, kemudian menghasilkan bahan organik terdekomposisi yang dapat dimanfaatkan oleh biomassa mikroba agar kompos menjadi lebih matang (BPTP Jakarta, 2016).

Larva BSF mampu mengurai limbah organik, termasuk limbah kotoran ternak secara efektif karena larva tersebut termasuk golongan *detritivora*, yaitu organisme pemakan tumbuhan dan hewan yang telah mengalami pembusukan. Dibandingkan dengan larva dari keluarga lalat *Muscidae* dan *Calliphoridae*, larva ini tidak menimbulkan bau yang menyengat dalam proses mengurai limbah organik sehingga dapat diproduksi di rumah atau pemukiman. Terdapat penurunan senyawa volatil pada media yang diberi larva lalat tentara hitam berdasarkan pengamatan di laboratorium (Banks dkk., 2014).

2.8 Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Larva

2.8.1 Suhu

Kondisi suhu pada media larva akan mempengaruhi produksi serta laju pertumbuhan. Dalam (Tomberlin, 2009) disebutkan bahawa Larva BSF yang dikembangkan di media dengan suhu 27°C pertumbuhannya lebih lambat, dibandingkan suhu 30°C dan jika suhu media mencapai 36°C tidak akan ada maggot yang dapat bertahan hidup. Jika temperatur didalam media terlalu panas, larva akan keluar dari media untuk mencari tempat yang lebih dingin. Jika kondisi media terlalu dingin, metabolisme larva menjadi lebih lambat, akibatnya larva memakan sampah lebih sedikit sehingga pertumbuhannya pun menjadi lambat. Kemudian lingkungan yang teduh juga baik bagi perkembangan larva BSF. Suhu juga berpengaruh terhadap masa inkubasi telur. Suhu yang hangat cenderung memicu telur menetas lebih cepat dibandingkan suhu yang rendah (Wardana, 2016).

2.8.2 pH



tingkat keasaman (pH) menunjukkan banyaknya ion hidrogen pada suatu mikroba membutuhkan suatu kondisi pH tertentu untuk dapat tumbuh, berkaitan dengan permeabilitas membran sitoplasma dan metabolisme

mikrobia. Setiap mikrobia memiliki tingkat toleransi terhadap lingkungan pH yang berbeda-beda tergantung permeabilitas membran sitoplasmanya.

2.8.3 Kelembapan

Kelembapan sangat mempengaruhi keberhasilan pembuatan pupuk kompos. Kelembapan ideal berkisar antara 40% - 60% dengan tingkat yang terbaik adalah 50%. Jika gundukan terlalu lembab maka proses pembuatan pupuk organik akan terhambat. Maka dari untuk mengatasi gundukan yang terlalu lembab dapat ditambahkan bahan campuran lain pada proses pembuatan pupuk organik. Umumnya digunakan campuran serbuk gergaji, jerami, kulit padi, dedak padi, serta daun-daunan kering. (Haryadi, 2001).

Kelembapan juga diketahui mempengaruhi daya bertelur lalat BSF. Sekitar 80% lalat betina bertelur pada kondisi kelembaban lebih dari 60% dan hanya 40% lalat betina yang bertelur ketika kondisi kelembaban kurang dari 60% (Wardana, 2016). Setelah menetas, larva BSF akan mulai memakan sampah yang diberikan, sampai pada tingkat reduksi hampir 55% berdasarkan berat bersih sampah. Selain itu, sumber makanan harus cukup lembab dengan kandungan air antara 60% sampai 90% supaya dapat dicerna oleh larva (Diener, 2010).

Larva BSF tidak memiliki jam istirahat, namun mereka juga tidak makan sepanjang waktu. Kadar air optimum pada makanan larva BSF adalah antara 60-90% ketika kadar air sampah yang diberikan terlalu tinggi akan menyebabkan larva keluar dari reaktor pembiakan, mencari tempat yang lebih kering. Namun, ketika kadar airnya juga kurang akan mengakibatkan konsumsi makanan yang kurang efisien pula sementara suhu makanan yang diberikan optimum pada angka 27-33°C namun pada suhu yang lebih rendah larva BSF tetap dapat bertahan karena adanya asupan panas dari sampah yang dimakannya (Alvarez, 2012).

2.8.4 Ketersediaan Oksigen

Larva BSF membutuhkan oksigen untuk bernapas dan sangat tidak menyukai kondisi dengan kadar karbondioksida yang tinggi. Pada saat kadar karbondioksida pada reaktor pembiakan tinggi, maka larva BSF akan berusaha mencari sumber oksigen. Hal ini sering menyebabkan keluarnya larva dari reaktor pembiakan karena mereka belum mulai berubah menjadi prepupa (Mahardika, 2016).



2.8.5 Pencahayaan

Larva BSF merupakan hewan fotofobia. Pada fase larva mereka cenderung menjauhi sumber cahaya. Pada tahap prepupa mereka akan keluar secara alami dari reaktor pembiakan dan mencari tempat kering dan berlindung yang gelap sebelum berubah menjadi kepompong. Pada kondisi ideal dan tersedianya pasokan sampah organik, larva BSF dapat matang dalam waktu 2 minggu. Namun pada kondisi kurang pasokan makanan dan terlalu rendahnya temperatur dapat memperpanjang waktu pematangan larva, yang bisa mencapai waktu 4 (empat) bulan (Diener, 2010). Saat menjadi lalat, BSF tidak makan dan hanya membutuhkan sumber air dan permukaan yang lembab untuk menjaga tubuhnya agar tetap terhidrasi. Difase hidup ini, yang terpenting adalah tersedianya cahaya alami yang cukup dan suhu yang hangat (25-32°C). Lingkungan yang lembab dapat memperpanjang lama hidup lalat sehingga dapat meningkatkan jumlah telur yang diproduksi. Dalam beberapa penelitian, lalat jenis ini lebih memilih melakukan perkawinan di waktu pagi hari yang terang. Setelah itu, lalat betina mencari tempat yang cocok untuk meletakkan telurnya (Dortmans dkk, 2017).

2.8.6 Ukuran Partikel Makanan

Ukuran partikel atau ukuran sampah organik yang diberikan sebagai sumber makanan untuk larva BSF dapat mempengaruhi kecepatan dan efektivitas larva dalam mengurai sampah organik. Untuk memaksimalkan potensi larva dalam penguraian sampah organik sebaiknya dilakukan pencacahan terhadap sampah hingga sampah sekecil mungkin (Jatmiko, 2021). Permukaan area yang lebih kecil akan memudahkan maggot dalam mengkonsumsi sampah, selain itu maggot lebih menyukai tekstur sampah yang lunak (Nugraha, 2019).

Kualitas dan kuantitas media perkembangan larva lalat sangat mempengaruhi kandungan nutrisi tubuh serta keberlangsungan hidup larva pada setiap instar dan tahap metamorfosis selanjutnya (Gobbi dkk, 2013). Kualitas media perkembangan larva sejalan dengan panjang larva dan persentase daya tahan hidup lalat dewasa.



lan jenis media yang kurang mengandung nutrisi dapat menyebabkan pa kurang dari normal, akibatnya pupa tidak dapat berkembang menjadi asa (De Haas dkk, 2006). Larva BSF yang dikoleksi dari alam dan

ditumbuhkan pada media organik dengan kualitas cukup memiliki performans yang lebih baik dibandingkan dengan larva dari koloni laboratorium (Tomberlin dkk, 2002).

Bobot larva BSF yang diberi pakan dalam jumlah terbatas tidak berbeda nyata dengan yang diberi pakan melimpah. Namun, lalat dewasa yang menetas dari kelompok larva dengan pakan terbatas memiliki umur yang lebih pendek (3-4 hari) (Wardana, 2016). Bahan-bahan yang kaya protein dan karbohidrat akan menghasilkan pertumbuhan yang baik bagi larva. Selain itu, sampah yang telah melalui proses penguraian bakteri atau jamur kemungkinan akan lebih mudah dikonsumsi oleh larva. Ukuran partikel makanan berpengaruh terhadap daya konsumsi larva karena larva tidak memiliki bagian mulut untuk mengunyah, maka nutrisi akan mudah diserap jika substratnya berupa bagian-bagian kecil atau bahkan dalam bentuk cair atau seperti bubur. Larva BSF umumnya memiliki ciri makan searah horizontal dengan makanannya. Namun terkadang larva BSF akan bergerak secara vertikal untuk mengekstrak nutrient yang terdapat pada lindi yang dihasilkan dari pembusukan sampah makanan yang diberikan (Sipayung, 2015).

2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Metode	Hasil
1.	Intan J Purba, Ida Kinasih, Ramadhani E Putra, 2021. Pertumbuhan Larva Lalat Tentara Hitam (<i>Hermetia Illucens</i>) Dengan Pemberian Pakan Susu Kedaluwarsa Dan Alpukat	Produk yang diujikan adalah susu bubuk instan. Pada penelitian ini, 200 ekor larva berusia 7 hari menjadi sampel uji pada tiga kelompok tersebut. Pakan diberikan setiap 3 hari (200 mg/larva/hari) hingga 50% dari larva telah bermetamorfosis menjadi prepupa. Larva dibagi menjadi 3 kelompok yaitu (1) kelompok kontrol berupa campuran <i>cocopeat</i> ,	Untuk pertumbuhan larva, Berat badan larva yang mendapatkan pakan berupa alpukat busuk secara signifikan lebih rendah, Rendahnya berat dari larva yang mengkonsumsi alpukat busuk kemungkinan berkaitan dengan kandungan air dari pakan larva (yang dapat mencapai 55,3% dari total berat. Untuk kelompok lain Terdapat kemiripan pada pola



No.	Judul	Metode	Hasil
		<p>pakan ayam komersil, dan air.</p> <p>(2) pakan berupa <i>cocopeat</i>, susu afkir, dan air yang disebut sebagai kelompok susu</p> <p>(3) pakan berupa campuran <i>cocopeat</i>, buah alpukat yang dihaluskan dengan menggunakan sendok, dan air</p>	<p>pertumbuhan untuk kelompok larva berupa pakan ayam dan campuran <i>cocopeat</i> – susu kedaluwarsa.</p> <p>Kelulusan hidup (survival rate) larva, Tingkat kelulusan hidup larva yang paling tinggi ditunjukkan oleh larva dari kelompok kontrol (100%) diikuti kelompok buah alpukat (98,5%), dan kelompok susu kedaluwarsa (96,5%).</p>
2.	Vennalia Rahmawati Sinaga, Yunita Ismail Masjud., 2023. Kajian Metode Untuk Pengolahan Limbah Susu Menggunakan <i>Black Soldier Fly</i> Larva	<p>Pada penelitian ini menggunakan susu cair UHT, metode eksperimen dengan (RAK), 3 perlakuan dan 2 ulangan perlakuan. Dengan berat masing-masing perlakuan yaitu 2kg atau 2000 gr.</p> <p>(1) PA : Limbah susu 100% (2000 ml)</p> <p>(2) PB : 50% susu: 50% sampah organik (1000 ml susu : 1000 gr sampah)</p> <p>(3) PC : 70% susu : 30% sampah organik (1400ml : 600 gr sampah organik)</p>	<p>Pada penelitian ini jumlah total berat basah diperoleh dari perlakuan B (50%:50%) dengan jumlah rata-rata 3015,25 gr. Dibandingkan dengan perlakuan C 257.05 gr lebih rendah. Berat basah maggot terendah diperoleh perlakuan A dengan rata-rata 8,75 gr. Sedangkan pada berat kering pada perlakuan B rata-rata 266,5 gr diikuti dengan rata-rata bobot kering maggot pada perlakuan C sebesar 213,65 gr dan bobot terkecil pada perlakuan A dengan rata-rata 6,9 gr. Pada hasil residu, residu yang dihasilkan pada perlakuan A lebih besar dengan ulangan 1 dan 2, berat residu pada</p>



No.	Judul	Metode	Hasil
			ulangan 1 yaitu 805,7 gr dan pada ulangan 2 924,5 gr. Adapun hasil reduksi pada perlakuan A yaitu 1194.3, pada perlakuan B yaitu 1566.2 dan pada perlakuan C yaitu 1817.4. Nilai Waste Reduction Index tertinggi terdapat pada perlakuan C yaitu sebesar 4,96%, sedangkan pada perlakuan A yaitu 3.15%, dan pada perlakuan B yaitu 4.59%.
3.	Mirna Apriani, Vivin Setiani, Farah Nabila Thalib, 2023. Pemanfaatan Pepaya sebagai Biostarter dalam Pengomposan Limbah Ikan dan Daun Mangrove Menggunakan Larva <i>Black Soldier Fly</i>	Penelitian ini menggunakan larva berumur 5 hari dan pemberian pakan 3 hari sekali, dan untuk bahan baku pengomposan yaitu limbah ikan dan daun mangrove dengan dan tanpa penambahan Biostarter pepaya. Variasi komposisi yaitu : (1) daun mangrove 100%, (2) limbah ikan 50% & daun mangrove 50%, (3) limbah ikan 30% & daun mangrove 70%. Keterangan : R1 – R3 : Tanpa Biostarter R4 – R6 : Dengan Biostarter	Untuk parameter konsumsi umpan, penambahan biostarter buah pepaya menyebabkan nilai konsumsi umpan semakin tinggi. Nilai persentase konsumsi umpan terus mengalami penurunan pada hari ke-10 hingga akhir pengomposan. Daun mangrove dan limbah ikan memiliki nilai konsumsi umpan lebih tinggi daripada reaktor dengan komposisi daun mangrove 100%. Adapun nilai WRI, setelah hari ke-7 mengalami penurunan hingga akhir pengomposan. Reaktor terbaik adalah R2 karena



No.	Judul	Metode	Hasil
			lebih banyak mereduksi limbah sebab konsumsi limbah pada larva di R2 lebih banyak. Namun, R2 tanpa penambahan biostarter papaya menghasilkan kualitas kompos yang belum terpenuhi menurut standar kompos.
4.	Muhammad Darmawan, Sarto, Agus Prasetya, 2017. Budidaya Larva <i>Black Soldier Fly</i> (<i>Hermetia Illucens.</i>) Dengan Pakan Limbah Dapur (Daun Singkong)	Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan telur larva bsf dan limbah daun singkong yang diambil dari beberapa restoran. Variasi yang digunakan yaitu variasi komposisi pakan (feeding rate) dari limbah daun singkong, dengan variasi 100;150; dan 200 mg/larva/hari. Telur larva yang digunakan sebanyak 30 gram (sekitar 1800 telur larva). Jumlah larva yang dimasukkan kedalam wadah pemeliharaan yaitu 200 ekor larva.	Pada penelitian ini, hanya dihitung hingga hari ke-15, hal ini dikarenakan setelah hari ke-15 massa larva mengalami penurunan dan beberapa larva sudah menjadi pupa. Peningkatan pertumbuhan larva BSF tertinggi dimiliki oleh larva dengan jumlah pakan 200 mg/larva/hari atau disingkat DSK200. Massa larva pada DSK200 adalah 0,1252 g/larva pada hari ke-15. konsumsi pakan terbanyak terjadi pada pakan 100 mg/larva/hari dengan persentase Substrate Consumption (SC) sebesar 51,88% dalam mengonsumsi limbah. nilai WRI terbesar terjadi jumlah pakan limbah daun singkong sebesar 100 mg/larva/hari dengan persentase 17,29%, sedangkan terbesar



No.	Judul	Metode	Hasil
			kedua pada pakan 150 mg/larva/hari dengan WRI 16,83%, dan nilai WRI terendah pada pakan 200 mg/larva/hari sebesar 15,82%.
5.	Widya Pangestu, Agus Prasetya, Rochim Bakti Cahyono, 2017. Pengolahan Limbah Kulit Pisang Dan Nangka Muda Menggunakan Larva <i>Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)</i>	Pada penelitian ini, menggunakan telur bsf, dengan dilakukan penetasan dan diletakkan pada campuran sayuran dan dedak. Limbah organik yang digunakan sebagai media pakan adalah kulit pisang dan nangka muda. Perlakuan variasi feeding rate dilakukan pada masing-masing media pakan dan diganti setiap 3 hari. Perlakuan variasi feeding rate masing-masing media pakan dari kulit pisang dan Nangka muda yaitu 60, 80 dan 100 mg/larva/hari dan media pakan diganti setiap 3 hari. Sebanyak 200 ekor larva black soldier fly diletakkan pada tiap wadah perlakuan.	Pertumbuhan larva black soldier fly cenderung meningkat selama masa pembudidayaan, dimana pada masa pembudidayaan 0 hari berat larva hanya berkisar antara 0,8-0,18 g. Berat larva BSF tertinggi didapatkan pada variasi feeding rate media pakan nangka muda 100 mg/larva/hari sebesar 9,16 g.
6.	Danny Yusufiana Rofi, 2020. Teknologi Reduksi Sampah Organik Buah Dan Sayur Dengan Modifikasi Pakan Larva <i>Black</i>	Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan 4 reaktor yang berisi 200 ekor larva pada setiap reaktornya. Larva yang digunakan berumur 7-18 hari. Variasi umpan yang diberikan pada larva BSF diantaranya: sayuran, sayuran dikukus, buah, buah difermentasi. Setiap	Rata-rata nilai reduksi dari 4 perlakuan dan 2 pengulangan didapatkan hasil tertinggi yaitu pada perlakuan buah difermentasi mencapai 9,25 gram dan paling sedikit yaitu pada perlakuan buah hanya 6,75 gram. penelitian ini dari 4 perlakuan sampel dan 2 pengulangan



No.	Judul	Metode	Hasil
<i>Soldier Fly</i>		reaktor diberikan umpan larva yang berbeda dengan laju pengumpanan 100mg/larva.hari. Frekuensi pemberian umpan dilakukan 1 hari sekali dan diukur pengurangan berat umpan yang diberikan setiap hari.	dengan feeding rate 100mg/larva.hari memiliki rata-rata reduksi sampah organik mencapai 41,30%. Berdasarkan sisa berat sampah organik dapat dihitung persentase reduksi sampah organik dengan larva BSF. dari 4 perlakuan dan 2 pengulangan didapatkan rata-rata nilai WRI tertinggi yaitu pada pemberian umpan buah difermentasi dengan persentase 46,25% sedangkan nilai terkecil yaitu pemberian umpan buah dengan persentase hanya 33,75%.

