



SKRIPSI

EFEKTIVITAS REDUKSI LIMBAH AMPAS TAHU MENGUNAKAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*HERMETIA ILLUCENS*)

Disusun dan diajukan oleh:

NUR RAMADANTI
D131 19 1029



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EFEKTIVITAS REDUKSI LIMBAH AMPAS TAHU MENGUNAKAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*HERMETIA ILLUCENS*)

Disusun dan diajukan oleh

Nur Ramadanti
D1311791029

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 3 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,

Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng.
NIP 197512142015041000

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;
Nama : Nur Ramadanti
NIM : D131191029
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Efektivitas Reduksi Limbah Ampas Tahu 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, 18 Agustus 2023

Yang Menyatakan


Nur Ramadanti





ABSTRAK

NUR RAMADANTI. *Efektivitas Reduksi Limbah Ampas Tahu Menggunakan Larva Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)* (dibimbing oleh Asiyanthi T. Lando, dan Ibrahim Djameludin)

Adanya kepadatan penduduk dibarengi dengan tingginya tingkat konsumsi masyarakat yang menyebabkan timbulan sampah terus meningkat. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), pada tahun 2022 total volume timbulan sampah di Indonesia sebesar 19,45 juta ton yang terdiri dari sampah organik sebagai sampah terbesar dengan proporsi 41,55%. Ampas tahu merupakan salah satu contoh sampah organik yang berasal dari industri tahu rumahan yang selama ini tidak termanfaatkan kecuali sebagai pakan ternak atau dibuang begitu saja. kandungan air dalam ampas tahu dapat merugikan karena menyebabkan ampas tahu mudah basi, menimbulkan bau busuk yang menyebabkan polusi bau dan lingkungan. Proses pengolahan limbah organik salah satu upaya adalah dengan cara biokonversi. Biokonversi merupakan proses lanjutan yang memanfaatkan larva serangga yang terjadi secara alamiah memakan dan mengubah kandungan nutrisi limbah organik menjadi biomassa larva serangga.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh rasio komposisi media pakan terhadap pertumbuhan larva BSF dan mengetahui pengaruhnya terhadap tingkat keberhasilan hidup larva BSF serta mengetahui besaran persentase reduksi limbah ampas tahu menggunakan larva BSF

Jenis penelitian ini yaitu eksperimental dengan menvariasikan media pakan larva BSF yaitu D1 100% sampah organik, D2 75% sampah organik 25% ampas tahu, D3 50% sampah organik 50% ampas tahu, D4 25% sampah organik 74% ampas tahu dan D5 100% ampas tahu. Pengamatan dilakukan selama 14 hari.

Hasil penelitian didapatkan bahwa reaktor D2 dengan rasio 75% sampah organik 25% ampas tahu merupakan komposisi media pakan yang paling cocok untuk pertumbuhan larva BSF dengan tingkat reduksi sampah sebesar 97% dan dengan tingkat reduksi terendah pada reaktor D5 100% ampas tahu sebesar 89% yang disebabkan oleh kadar air dan kadar protein yang tinggi sehingga menyulitkan larva BSF untuk mereduksi sampah.

Keywords: Ampas Tahu, Larva BSF, Reduksi



ABSTRACT

NAMA LENGKAP MAHASISWA. *Effectiveness of Tofu Dregs Waste Reduction Using Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)* (Supervised by Asiyanthi T. Lando, and Ibrahim Djamaludin)

The existence of population density is accompanied by a high level of community consumption which causes waste generation to continue to increase. Based on data from the National Waste Management Information System (SIPSN) of the Ministry of Environment and Forestry (KLHK), in 2022 the total volume of waste generation in Indonesia will be 19.45 million tons consisting of organic waste as the largest waste with a proportion of 41.55%. Tofu pulp is one example of organic waste from the home-based tofu industry that has not been utilized except as animal feed or just thrown away. the water content in tofu pulp can be detrimental because it causes tofu pulp to spoil easily, causing foul odors that cause odor and environmental pollution. The process of processing organic waste in addition to being utilized into biogas and compost, one of the efforts is by means of bioconversion. Bioconversion is an advanced process that utilizes insect larvae that occur naturally to eat and convert the nutrient content of organic waste into insect larvae biomass.

The purpose of this thesis was to determine the effect of the ratio of feed media composition on the growth of BSF larvae and to determine its effect on the survival rate of BSF larvae and to determine the percentage reduction of tofu pulp waste using BSF larvae.

This type of research is experimental by varying the feed media for BSF larvae, namely D1 100% organic waste, D2 75% organic waste 25% tofu pulp, D3 50% organic waste 50% tofu pulp, D4 25% organic waste 74% tofu pulp and D5 100% tofu pulp. Observations were made for 14 days.

The results showed that reactor D2 with a ratio of 75% organic waste 25% tofu dregs was the most suitable feed media composition for the growth of BSF larvae with a waste reduction rate of 97% and with the lowest reduction rate in reactor D5 100% tofu dregs at 89% which was caused by high water content and protein content making it difficult for BSF larvae to reduce waste.

Keywords: Tofu dregs, BSF Larvae, Reduction



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Gambaran Umum Sampah.....	6
2.2 Gambaran Umum Larva <i>Black Soldier Fly</i> (BSF).....	15
2.3 Reduksi Sampah Organik dengan Larva <i>Black Soldier Fly</i>	22
2.4 Indeks Reduksi Sampah oleh BSF	24
2.5 Ampas Tahu	25
2.6 Analisa Statistik	28
2.7 Penelitian Terdahulu	32
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	35
3.1 Rancangan Penelitian.....	35
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	36
3.3 Alat dan Bahan.....	36
3.4 Jenis dan Sumber data.....	42
3.5 Tahapan Penelitian.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Pertumbuhan Larva <i>Black Soldier Fly</i> (BSF)	50
4.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Larva BSF	59
4.3 Tingkat Keberhasilan Hidup Larva BSF (<i>Survival Rate</i>)	66
4.4 Reduksi Sampah Organik.....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Siklus Hidup Larva <i>Black Soldier Fly</i>	17
Gambar 2 Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	35
Gambar 3 Lokasi Penelitian.....	36
Gambar 4 Reaktor tampak atas	37
Gambar 5 Tempat Penyimpanan Reaktor	37
Gambar 6 Thermometer HTC – 2	37
Gambar 7 <i>Thermometer Soil</i>	38
Gambar 8 Timbangan Digital (a) Besar; (b) Kecil.....	38
Gambar 9 Mesin Pencacah Sampah Organik.....	38
Gambar 10 Ember	39
Gambar 11 (a) Saringan Diameter Besar; (b) Saringan Diameter Kecil.....	39
Gambar 12 Penggaris	39
Gambar 13 Pinset	40
Gambar 14 Kain Tile.....	40
Gambar 15 Karet Pengikat.....	40
Gambar 16 Larva Berumur 7 Hari	41
Gambar 17 Sampah Organik (a) Sebelum dicacah; (b) Setelah dicacah	41
Gambar 18 Ampas Tahu	42
Gambar 19 Tempat Penyimpanan Reaktor Tampak Depan.....	43
Gambar 20 Tempat Penyimpanan Reaktor Tampak Samping.....	43
Gambar 21 Reaktor (a) D1, (b) D2, (c) D3, (d) D4, (e) D5	44
Gambar 22 IBM SPSS Statistics 22	47
Gambar 23 Berat Larva BSF.....	51
Gambar 24 Pertumbuhan Larva BSF	53
Gambar 25 Panjang Larva BSF.....	54
Gambar 26 Suhu Reaktor (a) D1; (b) D2; (c) D3; (d) r D4; (e) D5	60
Gambar 27 Data pengukuran pH Reaktor (a) D1; (b) D2; (c) D3; (d) R D4; (e) D5	62
Gambar 28 Tingkat <i>Survival Rate</i>	67
Gambar 29 Persentase Hasil Reduksi Sampah Organik	70
Gambar 30 Nilai <i>Waste Reduction Index</i>	72



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Berat spesifik masing-masing karakteristik sampah.....	7
Tabel 2 Komposisi Sampah domestik.....	11
Tabel 3 Timbulan sampah berdasarkan sumbernya.....	13
Tabel 4 Berat jenis sampah berdasarkan jenisnya.....	13
Tabel 5 Kandungan Kimia pada Tubuh BSF	21
Tabel 6 Penelitian Terdahulu	32
Tabel 7 Komposisi Pakan Larva BSF	42
Tabel 8 Mean Rank Kruskal Wallis	57
Tabel 9 Uji Kruskal Wallis Panjang Larva BSF	57
Tabel 10 Mean Rank Kruskal Wallis	58
Tabel 11 Uji Kruskal Wallis Berat Larva BSF	58
Tabel 12 Pengukuran Suhu	59
Tabel 13 Data Pengukuran pH	62
Tabel 14 Mean Rank Kruskal Wallis	65
Tabel 15 Uji Kruskal Wallis Suhu	65
Tabel 16 Mean Rank Kruskal Wallis	66
Tabel 17 Uji Kruskal Wallis pH	66
Tabel 18 Reduksi sampah organik	69
Tabel 19 Nilai <i>Waste Reduction Index</i>	72
Tabel 20 Uji Spearman Panjang Larva BSF Terhadap Reduksi Sampah	74
Tabel 21 Uji Spearman Berat Larva BSF dan Tingkat Reduksi Sampah	75
Tabel 22 Uji Spearman Suhu dan Tingkat Reduksi Sampah	76
Tabel 23 Uji Spearman Tingkat Keasaman (pH) dan Reduksi	77



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>
pH	<i>Tingkat Keasaman</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Uji Normalitas	85
Lampiran 2 Dokumentasi Pengambilan Media Pakan.....	87
Lampiran 3 Kegiatan Proses Penelitian	89
Lampiran 4 Kondisi Media Pakan awal dan Akhir.....	93
Lampiran 5 Kondisi Media Pakan Larva BSF Harian	94
Lampiran 6 Produk Akhir Penelitian	99



KATA PENGANTAR

Tahun ke tahun, bulan ke bulan, minggu ke minggu, hari ke hari, akhirnya tibalah saat pekerjaan besar itu selesai. Entah berapa emosi yang terbangun, berapa kekecewaan yang terpendam, berapa keprihatinan yang tersimpan, dan berapa harapan yang terenggam, mengiringi hari-hari penulisan karya besarku yang pertama dan sekaligus menjadi penutup petualangan ku di 09 ini. Tugas akhir yang berjudul **“Efektivitas Pengolahan Ampas Tahu Menggunakan *Larva Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)*”** telah ku selesaikan sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi dan meraih gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Terhadap semua yang telah dilalui, ku panjatkan puja dan puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas rahmat, karunia, serta izin-Nya sehingga dapat menyelesaikan karya besar ini. Shalawat yang diucapkan senantiasa ku tujukan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wa Sallam yang merupakan sumber ilmu pengetahuan dan hikmah.

Karya diri ini, kupersembahkan kepada kedua orangtua ku, Mama dan Ayah, yang dimana setiap langkah ku diiringi oleh restunya, yang doanya tak pernah putus untukku, terimakasih atas dukungan moril dan materil yang diberikan kepadaku hingga kuselesaikan karya besar ini dengan penuh percaya diri. Untuk saudaraku satu-satunya, Mufida Agritama, terimakasih atas dukungan selama pengerjaan karya besar ini. Semoga kalian diberikan kebahagiaan dan kesehatan yang panjang

Kepada Diriku, terimakasih sudah berjalan, berjuang, berproses sejauh ini. Terimakasih sudah berbesar hati untuk menyadari bahwa banyak hal yang tidak dapat dikendalikan diluar dari dirimu. Semoga dilimpahkan kebahagiaan dan kesehatan agar bisa meraih mimpi dan membanggakan kedua orangtua. Atas pencapaian ini, Berbanggalah!

Penulisan karya ini tidak terlepas dari bantuan dan dedikasi dari banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak, diantaranya:



1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T., selaku Kepala Lab Riset Sanitasi dan Persampahan
5. Ibu Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, tenaga, kesabaran serta ketulusan selama bimbingan kepada saya dan teman-teman hingga karya besar ini selesai. Semoga Ibu diberikan kesehatan serta diselimuti kebahagiaan.
6. Bapak Dr. Ibrahim Djamaluddin, ST., M. Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu disela-sela kesibukannya untuk memberikan arahan dan membimbing hingga karya besar ini selesai.
7. Seluruh dosen yang telah membimbing dan mengajari ku pengetahuan-pengetahuan yang luar biasa, staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan selama saya menempuh perkuliahan, terkhusus kepada Ibu Sumiati, Pak Olan dan Kak Tami, yang telah saya repotkan selama saya menjadi mahasiswa. Semoga beliau diberikan kesehatan yang panjang.
8. Karya ini saya persembahkan kepada Tiara Rahmadhani, Risna Aprilianty, Ria Magfirah Nasir dan Vanda Tri Andini, sosok teman, sahabat dan juga saudara tak sedarah yang sudah mau berjalan beriringan tanpa tapi.
9. Teruntuk sahabat-sahabat perkuliahan saya, Azhima Aurelia Irfan yang telah menjadi partner kelompok, partner kerja praktek, partner segala hal selama saya berkuliah serta keluarganya yang memberikan perhatian dan juga rasa kasih sayang. Nafilah Khairiyah, sosok yang saya kenal sebagai anak baik, pemikiran-pemikiran positif yang saya rasakan dan tempat berbagi cerita baik itu penting ataupun tidak penting. Kevina Careza, sosok yang memberikan saya hiburan dengan tingkah lakunya, teman berbagi cerita keluh kesah kehidupan dan tidak saya dapatkan pribadi sepertinya di tempat lain. *I love u all big time!*



10. Keluarga besar Sou, Prisilia Venerial, Welianty Ratte Karua, Risma Mulya Malik, Nuzul Hirza dan Muhammad Inzar, terimakasih atas tawa yang diberikan, terimakasih telah menjadi salah satu alasan untuk bertahan di Teknik.
11. Kepada ABP (Anak Buah Pertamina), Azhima Aurelia Irfan, Welianty Ratte Karua dan Syauqi Tsabita Aushaf, atas pengalaman yang sangat luar biasa dan berarti selama menjalani kerja praktek selama 3 bulan, teman tertawa tanpa alasan dan teman *traveling* Jakarta-Indramayu
12. KKNT PUPR Gowa 07 Samata, Nadira Sabara, Rifqah Zhafira, Hana Muqarramah, Siti Nurannisa, Aqmal Azhari, Josafat Arta dan Muhammad Izzul, terimakasih telah mewarnai semester 7 hingga sekarang ini. Senang bertemu dan berteman lebih jauh melebihi hanya sekadar 'teman KKN'
13. Teman-teman seperjuangan Maggot, Viona, Nurnisa dan Shanin, yang telah menjadi teman penelitian, teman bimbingan dan teman seminar hingga ke Baruga bersama.
14. Pak Aming selaku penanggung jawab TPS 3R Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang telah saya repotkan selama penelitian berlangsung
15. Kepada teman-teman Asisten Lab Persampahan dan Sanitasi, yang telah menjadi teman pulang malam, teman rapat, teman berkeluh kesah, terimakasih karna telah memberikan begitu banyak warna selama semester 8.
16. Kepada teman-teman Lingkungan 2019 dan juga teman-teman Lab Riset Sanitasi dan Persampahan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, teman yang dipertemukan oleh pendidikan dan dipisahkan oleh pendidikan, terimakasih untuk kenangan yang begitu banyak, kelak kita akan menjadi penerus bangsa yang sukses dan membanggakan se-antero nusantara. *Keep on fighting till the end. We are the champion, we are the champion, we are the champion!*

Saya menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna, oleh karena itu saya sangat terbuka atas segala saran serta kritik yang bersifat membangun. Saya berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kedepannya dan menjadi pengembangan ilmu pengetahuan.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan limbah padat masih menjadi persoalan utama bagi masyarakat baik di perkotaan maupun di perdesaan. Adanya kepadatan penduduk dibarengi dengan tingginya tingkat konsumsi masyarakat yang menyebabkan timbulan sampah terus meningkat (Salman dkk, 2020). Apabila sampah-sampah yang dihasilkan tidak diolah dengan baik bukan tidak mungkin dapat menjadi salah satu faktor pencemar terhadap lingkungan (Fakhrieza, 2023).

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), pada tahun 2022 total volume timbulan sampah di Indonesia sebesar 19,45 juta ton yang terdiri dari sampah organik dengan proporsi 41,55% kemudian sampah plastik dengan proporsi terbesar kedua 18,55%, sebesar 13,27% berupa kayu, 11,04% sampah kertas ataupun karton, sampah logam 2,86%, sampah kain 2,54%, sampah kaca 1,96%, sampah karet/kulit 1,68% dan yang terakhir sampah jenis lainnya sebesar 6,55%. Sebagai penghasil sampah terbesar di Indonesia, sampah organik dapat berasal dari kegiatan manusia, seperti pasar, rumah makan, rumah tangga, hotel, industri dan lain sebagainya yang memiliki dampak negatif yaitu berupa bau busuk serta keberadaannya mencemari lingkungan (Salman dkk, 2020).

Sampah organik adalah jenis sampah yang paling banyak di buang oleh masyarakat, dimana sampah organik ini memiliki kandungan air yang tinggi sehingga cepat mengalami pembusukan. Ketika membusuk sampah organik menimbulkan bau busuk yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan menjadi sumber penyakit (Ekawandani, 2018). Sampah organik yang berasal dari sisa makhluk hidup (alam) seperti hewan, manusia, tumbuhan yang mengalami pembusukan atau pelapukan. Sampah ini tergolong sampah yang ramah lingkungan karena dapat di urai oleh bakteri secara alami dan berlangsungnya cepat (Taufik dkk, 2015). Besarnya komponen sampah yang dapat didekomposisi merupakan sumber daya yang cukup potensial sebagai sumber humus, unsur hara makro dan mikro, dan sebagai *soil conditioner* (Nur dkk, 2016).



Setiap kegiatan industri, baik skala rumah tangga maupun yang lebih besar, tentunya akan menghasilkan limbah dari kegiatan produksinya. Salah industri yang berkembang di Indonesia yaitu industri tahu (Rukmini, 2021). Limbah industri tahu bisa berupa limbah cair yang berasal dari proses pencucian dan perebusan kedelai, penyaringan, dan pencetakan tahu serta menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu. Kandungan ampas tahu yaitu protein (23,35%), lemak (5,54%), karbohidrat (26,92%), abu (17,03%), serat kasar (16,53%), dan air (10,53%) (Bapedal, 1994).

Ampas tahu merupakan limbah dari industri pengolahan tahu yang dapat dijadikan sebagai pakan ternak. Kandungan nutrisi ampas tahu yaitu protein 23,51%, lemak 11,94% (Hasil analisis Laboratorium Teknologi Industri Pakan Fakultas Peternakan Universitas Andalas, 2020), serat kasar 7,06% dan BETN 45,44% (Amran dkk, 2019). Ampas tahu merupakan limbah dari industri pengolahan tahu yang selama ini nyaris tidak termanfaatkan kecuali sebagai pakan ternak atau dibuang begitu saja (Cicilia, 2018). Banyaknya kandungan air dalam ampas tahu dapat berdampak merugikan karena menyebabkan ampas tahu mudah basi, apabila melebihi satu hari ampas tahu yang tidak termanfaatkan dapat menimbulkan bau busuk yang menyebabkan polusi bau dan lingkungan. Padahal dalam ampas tahu memiliki komposisi gizi yang tinggi.

Pemanfaatan limbah organik sudah banyak dilakukan. Salah satu di antaranya diubah menjadi pupuk kompos. Akan tetapi, realitanya pupuk kompos kalah saing dengan jenis pupuk kimia yang banyak di pasaran. Proses pengolahan limbah organik selain dimanfaatkan menjadi biogas dan kompos, salah satu upaya adalah dengan cara biokonversi. Biokonversi merupakan proses lanjutan yang memanfaatkan larva serangga yang terjadi secara alamiah memakan dan mengubah kandungan nutrisi limbah organik menjadi biomassa larva serangga (Muhayyat, 2022). Dengan memanfaatkan teknologi biokonversi dengan menggunakan maggot dari larva lalat tentara hitam (BSF), karena dalam lalat bsf memiliki aktivitas selulolitik dengan adanya bakteri pada ususnya (Supriyatna dan Ukit, 2016). Efisiensi degradasi limbah organik yang dapat diurai oleh larva BSF dikatakan berkisar antara 55% hingga 80% (Zahro *et al.*, 2021). Peluang nyata dalam pengolahan sampah dengan biokonversi dapat ditunjukkan oleh penelitian sebelumnya bahwa larva ini mengonsumsi serta mendegradasi sejumlah bahan



organik yang terkandung dalam suatu sampah sampai sebesar 70% (Lalander et al., 2015)

Maggot adalah organisme yang berasal dari telur lalat *black soldier* dan salah satu organisme Seperti makhluk hidup lainnya, maggot BSF membutuhkan makanan didalam media hidupnya. Makanan maggot BSF berupa bahan-bahan organik yang terkandung di dalam limbah maupun bahan pangan lain yang memiliki nilai nutrisi dengan harga terjangkau (Syahputra, 2019). sistem pengolahan limbah dengan menggunakan larva *Hermetia illucen* terbukti dapat menghilangkan bakteri *Salmonella*. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa *Hermetia Illucens* ini merupakan serangga atau larva yang sehat. Lalat ini sangat mudah untuk dikembangbiakkan serta mudah ditemukan di sekitar rumah (Muhayyat et al., 2016). Menurut Holmes (2010) larva BSF dapat mendegradasi baik sampah padat maupun sampah cair. Selain itu larva BSF mudah untuk dikembangbiakkan dengan sifatnya yang tidak berpengaruh terhadap musim, meskipun lebih aktif pada kondisi yang hangat.

Berbagai penelitian terkait penggunaan larva *Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)* sebagai objek biokonversi antara lain: Syahputra (2019), kelembaban media yang tinggi mempengaruhi aktivitas pertumbuhan maggot. Menurut Muhayyat, et al (2016), reduksi limbah paling optimal pada biokonversi mencapai nilai *substrate consumption* sebesar 69,49% dan *waste reduction index* 20,79% yang didapat pada media pakan limbah daun singkong dengan *feeding rate* sebesar 60 mg/larva/hari atau dengan berat total 10,00 gram per *feeding rate*. Pada penelitian Lalader, et al (2014), menggunakan limbah kotoran hewan dengan degradasi material 55,1% dan tingkat konversi limbah massa 11,8%. Dan menurut Rukmini (2021), menggunakan pakan campuran ampas tahu, sayur dan buah didapatkan bahwa reaktor berisi campuran ampas tahu dan buah menghasilkan *Efficiency of Conversion of Digested Feed (ECD)* sebesar 10,2% dan *Waste Reduction Index (WRI)* sebesar 3,1%, sehingga mereduksi sampah sangat dipengaruhi oleh ukuran dan jenis sampah yang dikonsumsi oleh larva.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan dilakukan biokonversi limbah ampas tahu dan organik dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly* dengan memvariasikan komposisi pakan yang diberikan. Limbah ampas tahu yang



digunakan berasal dari industri rumahan pembuatan tahu dan limbah organik yang berasal dari pasar tradisional.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh rasio komposisi antara ampas tahu dan sampah organik terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ampas tahu dan sampah organik terhadap tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly*?
3. Berapa persentase reduksi limbah ampas tahu dan sampah organik yang dihasilkan dengan menggunakan larva *Black Soldier Fly*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh rasio komposisi antara ampas tahu dan sampah organik terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly*
2. Mengetahui pengaruh penambahan ampas tahu dan sampah organik terhadap tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly*
3. Mengetahui besaran persentase reduksi limbah ampas tahu dan sampah organik yang dihasilkan dengan menggunakan larva *Black Soldier Fly*

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan serta data ilmiah tentang biokonversi limbah ampas tahu dengan menggunakan larva *black soldier fly*

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi penulis

Sebagai saran aktualisasi diri dalam mentransformasikan ilmu serta teori dalam perkuliahan yang dibandingkan dengan fakta di lapangan

- b. Bagi Civitas Akademik

Sebagai masukan, pertimbangan serta menjadi pembanding bagi kalangan akademisi yang akan melakukan penelitian berikutnya



1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengaruh kombinasi variasi ampas tahu dan organik terhadap pertumbuhan pada larva *Black Soldier Fly*
2. Sampel sampah yang digunakan adalah sampah organik dari pasar tradisional dan ampas tahu yang berasal dari Industri Tahu rumahan di Jalan Balang Kota Makassar
3. Objek penelitian yaitu Larva *Black Soldier Fly*
4. Larva *Black Soldier Fly* yang digunakan untuk uji coba pengolahan sampah organik berumur 7 hari
5. Jumlah pakan yang diberikan yaitu sebanyak 1000 gram (g) dengan pola pemberian pakan hanya sekali dan pengamatan pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* dilakukan selama 14 hari
6. Parameter yang diamati yaitu, reduksi sampah, pertumbuhan larva BSF serta pH dan suhu yang diamati setiap hari



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Sampah

Tiap-tiap kegiatan yang dilakukan manusia menghasilkan sisa-sisa yang dianggap tidak berharga, tidak dibutuhkan lagi keberadaanya dan tidak dapat difungsikan.

2.1.1 Pengertian sampah

Undang-undang No.18 Tahun 2008 mendefinisikan sampah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Menurut WHO, sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang, berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor T-13-1990 yang dimaksud dengan sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi bangunan. Sampah merupakan sesuatu yang telah dibuang dan tidak digunakan lagi oleh manusia pada umumnya (Fakhrieza et al., 2023). 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.

2.1.2 Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah meliputi karakteristik fisika, kimia. Karakteristik tergantung dari jenis sampah. Karakteristik sampah diperlukan untuk menentukan cara pengoprasian setiap peralatan dan fasilitas-fasilitas lainnya dan untuk memperkirakan kelayakan pemanfaatan kembali sumberdaya dan energi dalam sampah, serta untuk perencanaan fasilitas pembuangan akhir (Saragi, 2015).

Sampah diklasifikasikan dalam karakteristiknya sebagai berikut (Tchobanoglous, Theisen dan Vigil, 1993), yaitu:

a. Karakteristik Fisik

Terdapat 5 karakteristik fisik sampah yaitu:

1. Berat spesifik sampah



Dinyatakan sebagai berat per unit (kg/m^3). Mengukur berat spesifik sampah sebagai sampling, Dimana dan dalam keadaan seperti apa sampah tersebut diambil agar mendapatkan nilai atau perhitungan spesifik sampah. Letak geografis juga mempengaruhi berat spesifik sampah sama halnya dengan lokasi, musim dan lamanya waktu penyimpanan sampah yang sangat penting dalam mengetahui volume sampah yang diolah. Pada tabel bisa dilihat untuk berat spesifik karakteristik sampah.

Tabel 1 Berat spesifik masing-masing karakteristik sampah

No	Karakteristik sampah	Berat spesifik (kg/m^3)	
		Rentang	Tipikal
1	Limbah makanan	120 – 140	290
2	Kertas	30 – 130	85
3	Karton	30 – 80	50
4	Plastik	30 – 130	65
5	Kain	30 – 100	65
6	Karet	90 – 200	130
7	Kulit	90 – 260	160
8	Sampah taman	60 – 225	105
9	Kayu	120 – 320	240
	Misc. organik	90 – 360	140
	Kaca	160 – 480	195
	Timah	45 – 160	90
10	Logam nonferrous	60 – 240	160
11	Logam ferrous	120 – 2000	320
12	Debu, abu dan lainnya	320 – 960	480
	Limbah padat perkotaan	90 – 180	130
13	Uncompacted	180 - 450	300
	Compacted		
14	Pada landfill (normal padat)	350 – 550	475
	Pada landfill (padat baik)	600 – 750	600

Sumber: Tchobonaglus, Theisen dan Vigil, 1993

2. Kelembaban

Terdapat 2 metode kelembaban sampah yang dapat diketahui yakni : metode berat basah dan berat kering. Metode berat kering dinyatakan sebagai persen berat kering bahan serta berat basah dinyatakan sebagai persen berat basah bahan.



3. Ukuran partikel

Pentingnya pengolahan akhir pada sampah yaitu pada tahap mekanis. Tahap ini dilakukan agar dapat mengetahui ukuran dan pemisahan mekanik.

4. *Field capacity*

Akibat gaya gravitasi jumlah air yang tertahan pada sampah dapat keluar. Karakteristik dari lindi dalam landfill sangat penting yang diketahui dari *Field Capacity*. Perbedaan tekanan dan dekomposisi sampah membuat variasi terhadap *Field Capacity*. Sampah dari daerah pemukiman dan komersial yang tanpa pemadatan *Field Capacity* sebesar 50% - 60%.

5. Kepadatan sampah

Dalam mengetahui pergerakan cairan dan gas dalam landfill kepadatan sampah sangat penting.

b. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia pada sampah digunakan sebagai cara mengevaluasi alternatif suatu proses dan sistem *recovery*.

c. Karakteristik Biologi

Sampah organik yang memiliki karakteristik biologis, beberapa bagian dari kandungan organik sampah yakni:

1. Kandungan terlarut, contohnya: gula, asam amino dan lain sebagainya.
2. Hasil dari penguraian gula yakni hemiselulosa
3. Hasil dari penguraian glukosa yakni selulosa
4. Lilin, minyak dan lemak
5. Lignin, material polimer umumnya terdapat di kertas contohnya kertas koran serta *fiberboard*
6. Kombinasi dari lignin dan selulosa yakni ligniselulosa
7. Protein yang terdiri dari rantai asam amino (Tchobonaglus, Theisen dan Vigil, 1993).

2.1.3 Penggolongan Jenis Sampah

Menurut Tchobanoglous *et al* (1993), di negara industri jenis sampah atau yang dianggap sejenis sampah, dikelompokkan berdasarkan sumbernya seperti:



- a. Pemukiman: biasanya berupa rumah atau apartemen. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain sisa makanan, kertas, kardus, plastik, tekstil, kulit, sampah kebun, kayu, kaca, logam, barang bekas rumah tangga, limbah berbahaya dan sebagainya
- b. Daerah komersial: yang meliputi pertokoan, rumah makan, pasar, perkantoran, hotel, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain kertas, kardus, plastik, kayu, sisa makanan, kaca, logam, limbah berbahaya dan beracun, dan sebagainya
- c. Institusi: yaitu sekolah, rumah sakit, penjara, pusat pemerintahan, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan sama dengan jenis sampah pada daerah komersial
- d. Konstruksi dan pembongkaran bangunan: meliputi pembuatan konstruksi baru, perbaikan jalan, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain kayu, baja, beton, debu, dan lain-lain
- e. Fasilitas umum: seperti penyapuan jalan, taman, pantai, tempat rekreasi, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain rubbish, sampah taman, ranting, daun, dan sebagainya
- f. Pengolah limbah domestik seperti Instalasi pengolahan air minum, Instalasi pengolahan air buangan, dan insinerator. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain lumpur hasil pengolahan, debu, dan sebagainya
- g. Kawasan Industri: jenis sampah yang ditimbulkan antara lain sisa proses produksi, buangan non industri, dan sebagainya
- h. Pertanian: jenis sampah yang dihasilkan antara lain sisa makanan busuk, sisa pertanian

Sedangkan menurut Wilson (1997), sampah dapat digolongkan berdasarkan cara penanganan dan pengolahannya dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Komponen mudah membusuk (putrescible): sampah rumah tangga, sayuran, buah-buahan, kotoran binatang, bangkai, dan lain-lain
- b. Komponen bervolume besar dan mudah terbakar (bulky combustible): kayu, kertas, kain plastik, karet, kulit dan lain-lain
- c. Komponen bervolume besar dan sulit terbakar (bulky noncombustible): logam, mineral, dan lain-lain



- d. Komponen bervolume kecil dan mudah terbakar (small combustible)
- e. Komponen bervolume kecil dan sulit terbakar (small noncombustible)
- f. Wadah bekas: botol, drum dan lain-lain
- g. Tabung bertekanan/gas
- h. Serbuk dan abu: organik (misal pestisida), logam metalik, non metalik, bahan amunisi dsb
- i. Lumpur, baik organik maupun non organik
- j. Puing bangunan
- k. Kendaraan tak terpakai
- l. Sampah radioaktif.

Pembagian yang lain sampah dari negara industri antara lain berupa [6]:

- a. Sampah organik mudah busuk (*garbage*): sampah sisa dapur, sisa makanan, sampah sisa sayur, dan kulit buah-buahan
- b. Sampah organik tak membusuk (*rubbish*): mudah terbakar (combustible) seperti kertas, karton, plastik, dsb dan tidak mudah terbakar (non-combustible) seperti logam, kaleng, gelas
- c. Sampah sisa abu pembakaran penghangat rumah (ashes)
- d. Sampah bangkai binatang (dead animal): bangkai tikus, ikan, anjing, dan binatang ternak
- e. Sampah sapuan jalan (street sweeping): sisa-sisa pembungkus dan sisa makanan, kertas, daun
- f. Sampah buangan sisa konstruksi (*demolition waste*), dsb

Di Indonesia, penggolongan sampah yang sering digunakan adalah sebagai (a) sampah organik, atau sampah basah, yang terdiri atas daun-daunan, kayu, kertas, karton, tulang, sisa-sisa makanan ternak, sayur, buah, dan lain-lain, dan sebagai (b) sampah anorganik, atau sampah kering yang terdiri atas kaleng, plastik, besi dan logam-logam lainnya, gelas dan mika. Kadang kertas dimasukkan dalam kelompok ini (Damanhuri, 2010).



2.1.4 Komposisi, Timbulan dan Densitas Sampah

Menurut SNI 19-3964-1995 komponen komposisi sampah adalah komponen fisik seperti, sisa-sisa makanan, kertaskarton, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi – non besi, kaca dan lain-lain (misalnya tanah, pasir, batu dan keramik.

Menurut Pedoman umum 3R Kementrian Pekerjaan Umum (2014), berdasarkan komposisinya sampah dapat dibedakan melalui sifatnya, yakni:

1. Sampah yang bisa terurai serta gampang membusuk yaitu sampah organik, contohnya: sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, jerami, dan sebagainya
2. Sampah yang tak dapat diuraikan serta tak gampang busuk yaitu sampah anorganik, contohnya : plastik, wadah pembungkus makanan, kertas, mainan, botol dan gelas minuman, kaleng, dan sebagainya
3. Sampah dari bahan berbahaya serta beracun atau biasa disebut B3, contohnya: alat suntik, infus, baterai, limbah, bahan kimia, dan sebagainya

Komposisi dan timbulan sampah di negara maju berbeda dengan di negara berkembang. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat pendapatan dan tingkat pendidikan penduduk. Sampah organik merupakan jenis sampah yang dominan dihasilkan di negara berkembang (Sipayung, 2015). Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), penggambaran tipikal komposisi sampah permukiman ataupun sampah domestik pada kota-kota di Negara maju, bisa dilihat di Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi Sampah domestik

Kategori sampah	%berat	%volume
Kertas dan bahan-bahan kertas	32,98	62,61
Kayu/produk dari kayu	0,38	0,15
Plastik, kulit dan produk karet	6,84	9,06
Kain dan produk tekstil	6,36	5,1
Gelas	16,06	5,31
Logam	10,74	9,12
Bahan batu, pasir	0,26	0,07
Sampah organik	26,38	8,58

Sumber: Damanhuri dan Padmi, 2010

Data komposisi sampah merupakan gambaran dari masing-masing komponen yang terdapat pada sampah dan distribusinya. Biasanya dinyatakan dalam persentase berat (% berat).



Faktor yang dapat mempengaruhi komposisi sampah, (Damanhuri dan Padmi, 2010), yaitu:

1. Cuaca : pada daerah dataran tinggi yang memiliki kadar air tinggi mempengaruhi kelembaban yang tinggi pada sampah.
2. Frekuensi pengumpulan: jika sampah semakin banyak terkumpul menimbulkan terbentuknya tumpukan sampah yang tinggi. Menyebabkan berkurangnya sampah basah akibat pembusukan dan semakin bertambahnya kertas serta sampah kering yang sulit terurai.
3. Musim: musim buah – buahan yang berlangsung menentukan jenis sampah yang ada saat musim itu.
4. Tingkat sosial ekonomi: daerah dengan perekonomian tinggi kebanyakan menghasilkan sampah kaleng, kertas dan lainnya.
5. Pendapatan perkapita: total sampah yang dihasilkan oleh masyarakat yang berasal dari tingkat ekonomi rendah akan memiliki jumlah sampah yang 18 homogen dan berjumlah lebih sedikit dibandingkan dengan masyarakat berpenghasilan tinggi.
6. Kemasan produk: di Negara maju seperti daerah Eropa kemasan produk biasanya dikemas dengan menggunakan kertas namun lain halnya dengan negara berkembang seperti daerah – daerah di Asia yang menggunakan plastikk sebagai bahan pengemas, karena itu bahan kemasan produk dapat berpengaruh.

Komposisi sampah setiap tahunnya mengalami perubahan tergantung pada perubahan jumlah penduduk dan perubahan pola hidup penduduknya. Perubahan komposisi sampah secara tidak langsung turut mengubah sistem pengelolaannya. Perubahan komposisi ini juga akan merubah jumlah timbulan sampah dihasilkan (Sipayung, 2015).

Timbulan sampah dalam SNI 19-3964-1994 adalah banyaknya sampah yang diambil dari lokasi terpilih, untuk diukur volumenya dan ditimbang beratnya dan diukur komposisinya. Menurut Damanhuri (2010), definisi timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang dihasilkan yang memiliki satuan volume berupa: liter/orang/hari (l/Orang/hari), liter per meter persegi per hari (l/m² /hari). Sedangkan satuan berat adalah: kilogram per orang per hari (kg/orang/hari) atau



atau dalam satuan berat berupa kilogram per meter persegi per hari ($\text{kg/m}^2/\text{h}$) dan untuk menentukan besaran timbunan sampah yang dihasilkan apabila belum tersedia hasil dari pengamatan lapangan, maka dapat ditentukan dengan angka berikut:

1. Satuan timbunan sampah kota besar = 0,4-0,5 kg/orang/hari atau 2-2,5 liter/orang/hari.
2. Satuan timbunan sampah untuk kota sedang atau kecil = 0,3-0,4 kg/orang/hari atau 1,5 -2 liter/orang/hari.

Tabel 3 Timbunan sampah berdasarkan sumbernya

No	Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume (liter)	Berat (kg)
1	Rumah permanen	/orang/hari	2,25 – 2,50	0,350 – 0,400
2	Rumah semi permanen	/orang/hari	2,00 – 2,25	0,300 – 0,350
3	Rumah non permanen	/orang/hari	1,75 – 2,00	0,250 – 0,300
4	Kantor	/pegawai/hari	0,50 – 0,75	0,025 – 0,100
5	Toko/ruko	/petugas/hari	2,50 – 3,00	0,150 – 0,350
6	Sekolah	/murid/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,020
7	Jalan ateri sekunder	/m/hari	0,10 – 0,15	0,020 – 0,100
8	Jalan kolektor sekunder	/m/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,050
9	Jalan lokal	/m/hari	0,05 – 0,10	0,005 – 0,025
10	Pasar	/m/hari	0,20 – 0,60	0,100 – 0,300

Sumber: Damanhuri, 2010

Timbunan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dalam satuan volume atau berat per kapita, per luas bangunan, atau per panjang jalan, per hari (SNI 2002). Berat sampah akan menentukan jenis kendaraan pengangkut yang akan digunakan (Gabrina *et al.*, 2010). Berdasarkan jenisnya, nilai berat jenis sampah dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Berat jenis sampah berdasarkan jenisnya

Komponen Sampah	Berat Jenis (kg/m^3)	
	Rentang	Tipikal
Sampah makanan	120 – 480	290
Kertas	30 – 130	85
Karton/kardus	30 – 80	50
Plastik	30 – 130	65
Tekstil	30 – 100	65
Karet	90 – 200	130
Kulit	90 – 260	160
Sampah taman/kebun	60 – 225	105



Komponen Sampah	Berat Jenis (kg/m ³)	
	Rentang	Tipikal
Kayu	120 – 320	240
Bahan organik	90 – 360	140
Kaca	160 – 480	195
Kaleng	45 – 160	90
Logam bukan besi	60 – 240	160
Besi	120 – 1200	320
Tanah, abu, batu bata, dll	320 – 960	480
Sampah lepas	90 – 180	130
Sampah di kontainer	180 – 450	300
Sampah dipadatkan di TPA (normal)	350 – 550	475
Sampah dipadatkan di TPA (sangat baik)	600 – 750	600

Sumber: Gabriel *et al.*, 2010

2.1.5 Pengomposan Sampah Organik

Pengkomposan merupakan suatu teknik pengolahan limbah padat yang mengandung bahan organik biodegradable (dapat diuraikan mikroorganisme) (Subandriyo *et al.*, 2012). Mengacu pada SNI 19-7030-2004 tentang “Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik”, kompos adalah bentuk akhir dari bahan-bahan organik yang berasal dari sampah domestik setelah mengalami dekomposisi. Kompos yang dihasilkan dari dekomposisi sampah organik selain memiliki fungsi sebagai media tanam, penyubur tanah dan pupuk. Dekomposisi biologis yang terjadi pada saat pengomposan secara umum dibantu oleh bakteri, actinomycetes, jamur, protozoa, cacing, dan beberapa jenis larva. Tetapi, komunitas mikroba ini sangat dipengaruhi oleh fase mesofilik dan fase termofilik selama proses pengomposan dan juga dipengaruhi oleh sifat fisik dari bahan awal limbah (Varma, dkk, 2017).

Jenis pengomposan dapat diklasifikasikan berdasarkan kondisi kultural pengomposan dan penggunaan teknologi pengolahan yang digunakan. Berdasarkan kondisi kulturalnya, kompos dibedakan menjadi kompos aerobik, kompos anaerobik, kompos mesofilik, dan kompos termofilik. Kompos aerobik dan anaerobik dibedakan berdasarkan kehadiran oksigen pada saat proses pengomposan. Kompos mesofilik dan kompos termofilik dibedakan berdasarkan suhu pengomposan (Sipayung, 2015).



Faktor dan parameter penting dalam pengomposan (Tchobanoglous dan Kreith, 2002) antara lain:

- a. Ketersediaan kandungan nutrisi dan substrat dari bahan yang akan dikomposkan.
- b. Unsur kimia pada sampah, yaitu unsur makro berupa karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dan unsur mikro berupa kobalt (Co), mangan (Mn), magnesium (Mg), tembaga (Cu), dan kalsium (Ca). Unsur makro dan mikro ini diperlukan untuk pertumbuhan mikroba pada bahan yang akan dikomposkan.
- c. Rasio C/N sebagai faktor nutrisi yang diperlukan mikroorganisme untuk tumbuh. Rasio C/N yang ideal sebagai bahan baku kompos adalah 20-25 (Tchobanoglous et al., 1993; Tchobanoglous dan Kreith, 2002). Menurut Rynk et al. (1992) rasio C/N yang baik adalah 25 sampai 40.
- d. Ukuran partikel bahan kompos yang berpengaruh pada kecepatan materi organik terdekomposisi. Secara teoritis, semakin besar ukuran bahan kompos semakin lama proses degradasi dan sebaliknya.
- e. Ketersediaan oksigen memiliki pengaruh penting dalam pengomposan aerobik. Oksigen penting untuk respirasi dan metabolisme dari mikroorganisme.
- f. Nilai pH bahan kompos yang optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme. Nilai pH optimum untuk pertumbuhan bakteri umumnya berada pada rentang 6,0-7,5, sedangkan pada jamur pada rentang 5,5-8,0.
- g. Suhu optimum yang dibutuhkan tergantung jenis mikroorganisme yang digunakan, apakah mikroorganisme termofilik atau mikroorganisme mesofilik.

2.2 Gambaran Umum Larva *Black Soldier Fly* (BSF)

Black Soldier Fly (BSF, *Hermetia illucens*) merupakan spesies lalat yang berbeda dengan lalat rumah atau lalat yang umum dikenal. BSF banyak ditemukan di daerah seperti kandang ternak dan tumpukan limbah organik, karena larva BSF memiliki kemampuan untuk mengonsumsi bahan organik. Kemampuan larva BSF dalam mengolah bahan organik ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kotoran ternak



dan sampah organik yang tidak terolah (Sastro, 2016). Dalam kondisi optimal dengan kualitas dan kuantitas makanan yang ideal, pertumbuhan larva akan berlangsung selama 14-16 hari. Namun, larva BSF merupakan serangga yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi, yang mampu memperpanjang siklus hidupnya dalam kondisi yang kurang menguntungkan sekalipun. BSF hanya makan saat di fase larva. Maka, pada tahap perkembangan larva inilah mereka menyimpan cadangan lemak dan protein hingga cukup bagi mereka untuk berpupa sampai menjadi lalat, kemudian menemukan pasangan, kawin, dan bertelur (bagi betina) sebelum akhirnya mati (Dortmans *et al.*, 2017).

BSF dapat ditemui hampir di seluruh dunia, menurut Diener (2010) penyebaran BSF antara 45° Lintang utara dan 40° Lintang Selatan. Suhu optimum BSF dapat bertumbuh adalah 45° C. BSF dapat bertahan hidup dengan suhu minimum 0° C dalam waktu 4 jam, dan suhu maksimum BSF dapat bertahan hidup adalah 45° C. Larva menjadi tidak aktif pada temperatur dibawah 10° C dan suhu diatas 45° C. Temperatur optimum untuk larva berkembang menjadi pupa adalah berkisar antara 25° C – 30° C. Temperatur untuk BSF dapat kawin adalah sekitar 28° C (Zhang, 2010).

Menurut Dormans (2017), kondisi lingkungan dan sumber makanan yang optimal bagi larva adalah sebagai berikut:

- a. Iklim hangat: suhu idealnya adalah antara 24°C hingga 30°C. Jika terlalu panas, larva akan keluar dari sumber makanannya untuk mencari tempat yang lebih dingin. Jika terlalu dingin, metabolisme larva akan melambat. Akibatnya, larva makan lebih sedikit sehingga pertumbuhannya pun menjadi lambat.
- b. Lingkungan yang teduh: larva menghindari cahaya dan selalu mencari lingkungan yang teduh dan jauh dari cahaya matahari. Jika sumber makanannya terpapar cahaya, larva akan berpindah ke lapisan sumber makanan yang lebih dalam untuk menghindari cahaya tersebut.
- c. Kandungan air dalam makanan: sumber makanan harus cukup lembab dengan kandungan air antara 60% sampai 90% supaya dapat dicerna oleh larva.
- d. Kebutuhan nutrisi pada makanan: bahan-bahan yang kaya protein dan karbohidrat akan menghasilkan pertumbuhan yang baik bagi larva. Penelitian yang sedang berlangsung menunjukkan bahwa sampah yang telah melalui



proses penguraian bakteri atau jamur kemungkinan akan lebih mudah dikonsumsi oleh larva.

- e. Ukuran partikel makanan: 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.

2.2.1 Siklus Hidup BSF

Siklus hidup BSF merupakan sebuah siklus metamorfosis sempurna dengan 4 (empat) fase, yaitu telur, larva, pupa, dan BSF dewasa (Popa dan Green, 2012). Larva *Hermetia illucens* memiliki fase hidup yang sebagian besar hidup berperan sebagai dekomposer atau pengurai (Muhayyat dkk, 2016). Menurut Silmina dkk. (2011), maggot (larva dari *Hermetia illucens*) dapat tumbuh dan berkembang pada media yang mengandung nutrisi sesuai dengan kebutuhan hidupnya. Larva black soldier fly setelah menetas akan langsung memakan sampah organik yang diberikan. Larva black soldier fly dapat mereduksi limbah organik dengan tingkat reduksi sampah mencapai 55% berdasarkan berat sampah bersih (Yuwono dan Mentari, 2018). Setelah melalui proses pertumbuhan selama kurang lebih 14–16 hari, perkembangan larva akan optimal dan siap untuk dipanen (Dortmans, 2017).



Gambar 1 Siklus Hidup Larva *Black Soldier Fly*

Sumber: Dewantoro dan Efendi, 2018



a. Fase telur

Seekor lalat betina BSF normal, mampu menghasilkan telur berkisar 185 – 1.235 butir telur dalam satu kali fase bertelur (Rachmawati et al, 2015). Berat massa dari satu butir telur lalat BSF berkisar 15,8 – 19,8 mg. Waktu puncak bagi lalat betina BSF bertelur yaitu antara pukul 14.00 – 15.00. lalat BSF hanya dapat bertelur sekali dalam hidupnya, setelah itu lalat akan mati (Putra, 2020). Waktu dua sampai empat hari setelah telur telah dikeluarkan dari induk lalat BSF dewasa, telur akan menetas menjadi larva instar I dan berkembang hingga mencapai instar VI dalam kurun waktu 22 – 24 hari (Borros-Cordeiro et al., 2014). Lalat BSF betina akan menyimpan telurnya didekat sumber pakan, seperti bongkahan kotoran ternak, dan tumpukan limbah organik, agar saat telur menetas larva lalat BSF langsung mendapatkan pakan agar dapat bertumbuh menjadi dewasa. Lalat BSF tidak langsung menyimpan telurnya diatas sumber pakan secara langsung akan tetapi lalat BSF akan mencari tempat yang aman untuk menyimpan telurnya.

Terdapat beberapa perbedaan waktu penetasan telur di beberapa negara seperti Argentina menetas 5-6 hari, di Selandia Baru telur menetas 7-14 hari. Perbedaan waktu perkembangan tersebut disebabkan faktor suhu dan kelembaban udara, karena suhu lingkungan dan kelembaban berkorelasi negatif dengan waktu inkubasi telur dan perkembangan embrio (Chapman, 1998 dalam Saragih, 2015). Telur akan menetas dengan baik pada kelembaban 60%-80%. Jika kelembaban kurang dari 30%, telur akan mengering dan embrio di dalamnya akan mati. Kondisi ini akan memicu pertumbuhan jamur jenis Ascomycetes yang dapat mempercepat kematian telur lainnya sebelum menetas menjadi larva (Sipayung, 2015)

b. Fase larva

Larva yang baru menetas dari telur berukuran sangat kecil, sekitar 0.07 inci (1.8 mm) dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Tidak seperti lalat dewasa yang menyukai sinar matahari, larva BSF bersifat photofobia. Hal ini terlihat jelas ketika larva sedang makan, dimana mereka lebih aktif dan lebih banyak berada di bagian yang miskin cahaya. Larva yang baru menetas optimum hidup pada suhu 28-35°C dengan kelembaban sekitar 60-70% (Holmes *et al.*, 2012). Larva yang baru menetas ditinjau dari ukuranya telur berukuran ± 2 mm,



kemudian setelah berkembang dan mengalami pergantian kulit panjang tubuh larva mencapai 20-25 mm (Ardiasani, 2021).

Pada umur satu minggu, larva BSF memiliki toleransi yang jauh lebih baik terhadap suhu yang lebih rendah. Ketika cadangan makanan yang tersedia cukup banyak, larva muda dapat hidup pada suhu kurang dari 20°C dan lebih tinggi daripada 45°C. Namun larva BSF lebih cepat tumbuh pada suhu 30-36°C (Saragih, 2015). Larva dapat mencapai ukuran lebar 6 mm dan panjang 27 mm. Warna larva biasanya keputihan dan terdapat calon mulut pada bagian ujungnya. Fase larva terdiri atas 6 instar dan membutuhkan waktu 14 hari untuk menyelesaikan keseluruhan instar tersebut. Larva BSF sangat rakus mengonsumsi bahan organik yang akan dikonversi menjadi lemak sebagai cadangan untuk fase dewasa (Sastro, 2016).

Larva BSF mampu hidup di lingkungan yang cukup ekstrim, seperti di media/sampah yang banyak mengandung garam, alkohol, acid/asam dan amonia. Mereka juga dapat hidup di suasana yang hangat, dan jika udara lingkungan sekitar sangat dingin atau kekurangan makanan, maka larva BSF tidak mati tapi mereka menjadi fakum atau tidak aktif menunggu sampai cuaca menjadi hangat kembali atau makanan sudah tersedia kembali. Selain itu, mereka juga dapat hidup di air atau dalam suasana alkohol (Gold et al., 2018). Karakteristik larva BSF yaitu mampu membiokonversi sampah organik, dapat hidup dalam toleransi pH yang cukup tinggi, tidak membawa gen penyakit, mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi, masa hidup sebagai larva cukup lama ($\pm$ 2minggu), dan mudah dibudidayakan (Suciati & Faruq, 2017).

Prapupa, tahap larva terakhir sebelum kepompong, mengosongkan saluran pencernaannya dan meninggalkan sumber makanan untuk mencari tempat yang kering dan aman untuk menjadi kepompong; perilaku ini adalah "memanen sendiri" yang menghilangkan tahap padat karya sebelumnya dari pertanian mereka (Sheppar, 1994). Siklus hidup BSF, dari telur hingga dewasa, yang membutuhkan waktu rata-rata 40–43 hari di daerah tropis (Mazza *et al.*, 2020). Namun, siklusnya bisa memakan waktu hingga empat bulan karena tahap larva dan prapupa dapat meluas, tergantung pada ketersediaan makanan dan kondisi lainnya. BSFL memakan sebanyak mungkin sampah organik dan berhenti makan begitu mereka



menjadi kepompong dan berubah menjadi dewasa. Lemak yang disimpan dalam tubuh mereka diubah menjadi energi untuk perkawinan orang dewasa dan siklus hidup yang berkelanjutan (Tomberlin, 2002).

c. Fase pupa

Setelah larva BSF berganti kulit hingga instar yang keenam, larva BSF akan memiliki kulit yang lebih keras daripada kulit sebelumnya, yang disebut sebagai puparium dimana larva mulai memasuki fase prepupa. Mendekati fase pupa, prepupa akan bergerak menuju tempat yang agak kering. Pupa berukuran kira-kira dua pertiga dari prepupa dan merupakan tahap dimana BSF dalam keadaan pasif dan diam, serta memiliki tekstur kasar berwarna cokelat kehitaman. Bagian mulut prepupa BSF yang disebut labrum akan membengkok ke bawah seperti paruh elang, yang kemudian berfungsi sebagai kait bagi kepompong. Proses metamorfosis pupa menjadi BSF dewasa berlangsung dalam kurun waktu antara sepuluh hari sampai dengan beberapa bulan tergantung kondisi suhu lingkungan. Pada tahap prepupa dan pupa, BSF tidak lagi makan (Diener, 2010).

d. Lalat dewasa

Panjang tubuh BSF dewasa adalah antara 12-20 mm dengan rentang sayap selebar 8-14 mm. BSF dewasa berwarna hitam dengan kaki berwarna putih pada bagian bawah dan memiliki antena (terdiri dari tiga segmen) dengan panjang 2 (dua) kali panjang kepalanya. Antara BSF betina dan BSF jantan memiliki tampilan yang tidak jauh berbeda, dengan ukuran tubuh BSF betina yang lebih besar dan ukuran ruas kedua pada perutnya yang lebih kecil dibanding pada BSF jantan (Sipayung, 2015)

Imago BSF mulai dapat kawin setelah berumur 2 hari. Setelah terjadi perkawinan, imago BSF betina akan menghasilkan sebanyak 300-500 butir telur dan meletakkannya di lokasi yang lembab dan gelap, seperti pada kayu lapuk. Imago meletakkan telurnya pada media yang memungkinkan telur dapat tumbuh dan berkembang. Imago hanya bertelur sekali dalam hidupnya, karena ovarium tidak lagi berkembang pasca oviposisi. Dengan demikian BSF diduga termasuk serangga sinovigenik. Hal tersebut menjadi penyebab singkatnya lama hidup imago BSF (Rachmawati *et al.*, 2010).



2.2.2 Faktor pertumbuhan BSF

a. Suhu

Kondisi suhu pada media maggot akan berpengaruh pada produksi serta laju pertumbuhan. Menurut Tomberlin et al., (2009) maggot *Hermetia illucens* yang dikembangkan di media dengan suhu 27°C pertumbuhannya lebih lambat, dibandingkan dengan suhu 30°C dan jika suhu media mencapai 36°C tidak akan ada maggot yang dapat bertahan hidup.

b. Kelembaban

Kelembaban merupakan salah satu faktor abiotik yang mempengaruhi pertumbuhan dan daya bertelur BSF. Kelembaban optimum untuk pertumbuhan berada di sekitar 75%. Jika kondisi kelembaban diatas 60% maka 80% lalat betina bertelur dan hanya 40% lalat betina yang bertelur (Sheppard et al, 2002).

c. Kandungan Nutri *Black Soldier Fly*

Tingginya nutrisi yang terkandung pada maggot, ketersediaannya yang melimpah, pemanfaatannya yang tidak bersaing dengan manusia serta media tumbuhnya yang mudah dibuat menunjukkan potensi yang baik sebagai alternatif kombinasi pakan ikan serta diharapkan dapat menjadi jawaban atas permasalahan ketersediaan yaitu harga pakan yang murah dan mudah didapatkan, tidak menimbulkan pencemaran lingkungan serta dapat meningkatkan daya tahan tubuh ikan (Fahmi, 2015). untuk pembuatan pakan ternak. Selain itu lemak dari larva BSF juga dapat dimanfaatkan sebagai Hasil analisis kimia menunjukkan BSF kaya akan protein dan lemak yang bernilai ekonomi biodiesel. Diperkirakan bahwa biodiesel dari larva BSF yang digunakan untuk mendegradasi kotoran hewan memiliki nilai energi yang sebanding dengan gas metana (CH₄) yang dihasilkan kotoran hewan yang didegradasinya. Dapat dilihat kandungan kimia pada tubuh BSF pada Tabel 5.

Tabel 5 Kandungan Kimia pada Tubuh BSF

Kandungan Kimia	Persentase Komponen (%) pada:		
	Larva Prematur	Pre-pupa	Pupa
Protein	17,30	36 – 48	42,10
Lemak	9,40	28 – 35	34,80
Kalsium	0,82	5,0	5,0



Kandungan Kimia	Persentase Komponen (%) pada:		
	Larva Prematur	Pre-pupa	Pupa
Fosfor	0,54	0,88 – 1,51	1,50
Debu	~15	14,6 – 16,60	14,60
Nilai kalori	0	3,51 – 5,95	-

Sumber: popa dan Green, 2012

2.2.3 Pemanfaatan BSF

Beberapa pemanfaatan larva *black soldier fly* adalah sebagai berikut:

- Konversi *biowaste* menggunakan larva (BSF) (Dortmans *et al.*, 2017)
- Residu larva BSF sangat potensial digunakan untuk produksi biodiesel (Zhang *et al.*, 2021)
- Kandungan nutrisi yang tinggi tersebut menjadikan larva BSF sebagai alternatif terbaik untuk pakan ikan, unggas, reptil, amfibi, atau serangga lain (Proc *et al.*, 2020).
- Residu sisa proses pengolahan dengan BSF merupakan material yang mirip dengan kompos, mengandung nutrisi dan unsur organik, dan ketika digunakan di pertanian dapat membantu mengurangi penipisan nutrisi tanah (Dortmans *et al.*, 2017).

2.3 Reduksi Sampah Organik dengan Larva *Black Soldier Fly*

Sampah menjadi permasalahan yang serius. Adanya aktivitas manusia ditambah lagi dengan peningkatan populasi penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang kian tinggi mengakibatkan volume timbulan sampah juga akan bertambah. Jika sampah-sampah tersebut dibiarkan akan bukan tidak mungkin menjadi sumber pencemaran terhadap lingkungan (Fakhrieza, 2023). Sampah di Indonesia didominasi oleh sampah organik atau sampah yang mudah membusuk. Sampah jenis ini diantaranya adalah sampah sisa makanan atau food waste. Sampah organik atau limbah makanan ini merupakan limbah organik yang dibuang dari berbagai sumber sampah terbesar antara lain dari pabrik pengolahan makanan, dapur domestik (rumah tangga), dapur komersial, kantin, dan restoran (Kiran dkk., 2014).

Pemanfaatan limbah organik sudah banyak dilakukan. Salah satu di antaranya diubah menjadi pupuk kompos. Akan tetapi, realitanya pupuk kompos kalah saing dengan jenis pupuk kimia yang banyak di pasaran. Proses pengolahan limbah



organik selain dimanfaatkan menjadi biogas dan kompos, salah satu upaya adalah dengan cara biokonversi. Biokonversi merupakan proses lanjutan yang memanfaatkan larva serangga yang terjadi secara alamiah memakan dan mengubah kandungan nutrisi limbah organik menjadi biomassa larva serangga (Muhayyat, 2016)). Proses ini limbah organik akan dikonversi menjadi senyawa sederhana baik protein maupun lemak, melalui proses fermentasi yang melibatkan organisme hidup. Menurut Fahmi (2015), proses biokonversi oleh larva serangga terjadi secara alamiah/natural, serangga memakan dan mengubah kandungan nutrisi limbah organik menjadi biomassa larva serangga.

Organisme yang berperan dalam proses biokonversi adalah larva serangga *Black Soldier Fly* (BSF) atau *Hermetia Illucens*. Larva serangga *Black Soldier Fly* mampu mengurai limbah organik selama 12-13 hari (Noviyanti dkk, 2022). Larva BSF juga diketahui memiliki rentang jenis makanan yang sangat bervariasi. Larva BSF dapat memakan kotoran hewan, daging segar maupun yang sudah membusuk, buah, sampah restoran, sampah dapur selulosa, dan berbagai jenis sampah-sampah organik lainnya (Alvarez, 2012). Dengan memanfaatkan teknologi biokonversi dengan menggunakan maggot dari larva lalat tentara hitam (BSF), karena dalam lalat BSF memiliki aktivitas selulolitik dengan adanya bakteri pada ususnya (Supriyatna dan Ukit, 2016).

Biokonversi merupakan salah satu cara untuk melakukan pengolahan limbah organik (limpah pasar) yang menjadi permasalahan saat ini, yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti larva *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai agen biodegradasi (Fajri dan Harmayani, 2020). Efisiensi degradasi limbah organik yang dapat diurai oleh larva BSF dikatakan berkisar antara 55% hingga 80% (Zahro et al., 2021). Peluang nyata dalam pengolahan sampah dengan biokonversi dapat ditunjukkan oleh penelitian sebelumnya bahwa larva ini mengonsumsi serta mendegradasi sejumlah bahan organik yang terkandung dalam suatu sampah sampai sebesar 70% (Lalander dkk., 2014). Studi lainnya juga menunjukkan bahwa sistem pengolahan limbah dengan menggunakan larva *Hermetia illucen* terbukti dapat menghilangkan bakteri *Salmonella*. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa *Hermetia illucen* ini merupakan serangga atau larva yang sehat.



BSF mengubah berbagai limbah organik menjadi biomassa kaya protein dan lemak (Tomberlin, 2013) yang tidak berbahaya bagi hewan dan merupakan pengganti yang cocok untuk protein konvensional dalam makanan hewani (Surendra *et al.*, 2020) Komposisi nutrisi larva, yaitu sekitar 40% protein larva dan 30% lemak larva, bergantung pada kualitas substrat yang diumpankan ke BSF, terutama kandungan protein dan karbohidrat substrat tersebut. BSFL memiliki kandungan protein yang tinggi (Hoffman *et al.*, 2021), Selain kaya akan protein, BSF juga memiliki kandungan lemak yang tinggi (21–40% massa kering). BSFL menggunakan lemak dalam makanannya selama tahap larva sebagai sumber energi pada tahap dewasa yang tidak mau makan. Lemaknya dapat diekstraksi dan diolah menjadi biodiesel melalui transesterifikasi (Zhang *et al.*, 2020).

Komposisi substrat atau media perkembangbiakan memiliki dampak besar pada perkembangan BSF, kelangsungan hidup, komposisi nutrisi, dan laju biokonversi substrat. Jenis substrat/media akan berpengaruh pada lama waktu perkembangbiakan yaitu antara dua minggu hingga beberapa bulan dan larva yang dihasilkan dapat memiliki kandungan protein mulai dari 10 hingga 40% dari berat badan (Ooninx *et al.*, 2015). Selain media, ukuran partikel yang besar (yaitu, sayuran utuh atau produk daging) yang sulit untuk dicerna oleh BSF akan berpengaruh pada komposisi nutrisi dan laju biokonversinya (Isibika *et al.*, 2019).

2.4 Indeks Reduksi Sampah oleh BSF

Menurut Diener (2010), mendefinisikan tingkat reduksi sampah oleh larva BSF sebagai *Waste Reduction Index* (WRI). Nilai *waste reduction* menunjukkan proyeksi tingkat pengurangan limbah dalam periode tertentu. Tingkat reduksi sampah oleh larva BSF dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu tingkat degradasi sampah dan waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah. Tingkat degradasi dipengaruhi oleh jumlah sampah sebelum terdegradasi dan jumlah sisa yang tidak terdegradasi. Nilai WRI dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

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



Keterangan:

WRI = indeks reduksi sampah (%)

D = tingkat degradasi sampah (gram)

T = total waktu larva memakan sampah (hari)

W = jumlah sampah total (gram)

R = jumlah residu (gram)

2.5 Ampas Tahu

Tahu merupakan salah satu sumber makanan protein tinggi karena banyak mengandung asam amino esensial (Harmayani, 2009 dalam Sari, 2016). Kandungan protein dalam 100 gram tahu adalah 7,8 persen dan pada 100 gram tempe terdapat 18,3 persen protein (Departemen Kesehatan 2015). Kandungan protein yang cukup tinggi menjadikan tahu dan tempe sebagai alternatif dalam pemenuhan kebutuhan protein. Karena alasan inilah, maka kebutuhan konsumsi masyarakat terhadap tahu cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Industri tahu di Indonesia sebagian besar masih diproduksi pada skala rumah tangga atau home industri, dan belum menggunakan tenaga manusia dalam semua sisi kegiatan industrinya. Hal inilah yang menyebabkan rendahnya efisiensi bahan baku. Efisiensi rendah penggunaan bahan baku ini, menyebabkan produksi limbahnya masih tinggi, baik limbah cair maupun limbah padat.

Setiap kegiatan industri, baik skala rumah tangga maupun yang lebih besar, tentunya akan menghasilkan limbah dari kegiatan produksinya. Limbah industri tahu bisa berupa limbah cair yang berasal dari proses pencucian dan perebusan kedelai, penyaringan, dan pencetakan tahu. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Kandungan limbah padat tahu yaitu protein (23,35%), lemak (5,54%), karbohidrat (26,92%), abu (17,03%), serat kasar (16,53%), dan air (10,53%) (Bapedal, 1994). Pabrik pembuatan tahu menghasilkan ampas tahu lebih banyak dari kedelai bahan produksi karena ampas tahu memiliki kandungan air yang tinggi. Dalam proses pembuatan tahu, pabrik tahu menghasilkan 3,5 kwintal ampas tahu segar dari 3 kwintal kedelai bahan produksi (Andayani *et al.*, 2021). Banyaknya kandungan air dalam ampas tahu dapat berdampak merugikan karena menyebabkan ampas tahu mudah basi, apabila melebihi satu hari ampas tahu yang



tidak termanfaatkan dapat menimbulkan bau busuk yang menyebabkan polusi bau dan lingkungan. Padahal dalam ampas tahu memiliki komposisi gizi yang tinggi.

Ampas tahu merupakan limbah industri yang hampir tidak pernah digunakan lagi, dengan kata lain hanya dibuang begitu saja tanpa ada pemanfaatan (Cicilia dan Susila, 2018). Permasalahan limbah organik yang dihasilkan dari berbagai sektor termasuk ampas tahu ditambah permasalahan kebutuhan protein alternatif yang semakin diperlukan maka kehadiran larva *Hermetia illucens* menguntungkan untuk mendukung langkah preventif pencemaran lingkungan dan memenuhi permintaan protein alternatif. Ampas tahu yang masih belum termanfaatkan secara maksimal namun masih memiliki kandungan nutrisi yang tinggi terutama protein dan lemak perlu diolah untuk memaksimalkan kualitas dan kuantitas larva *Hermetia illucens*.

2.5.1 Karakteristik Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan limbah yang dihasilkan oleh industri pengolahan kedelai menjadi tahu. Ampas tahu umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak oleh masyarakat karena memiliki nilai ekonomis yang rendah, mudah rusak dan tidak dapat disimpan lama, rentan waktunya berkisar 2-3 hari. Hal ini terjadi karena kurangnya pengetahuan masyarakat tentang kandungan gizi ampas tahu serta pemanfaatannya sehingga bisa bernilai ekonomis. Jika dibiarkan hal ini terjadi maka akan semakin banyak limbah yang dihasilkan oleh produksi tahu sehingga dapat mencemarkan lingkungan. Ampas tahu mempunyai kadar gizi yang tinggi. Kandungan nutrisi yang terdapat dalam ampas tahu bervariasi, hal ini antara lain disebabkan oleh perbedaan varietas dari kedelai yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tahu, peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan tahu maupun proses pengolahan yang dilakukan (Wahyuni, 2003).

Tabel 6 Kandungan Nutrisi Ampas Tahu

Sumber	Protein (%)	Lemak (%)	Abu (%)	Serat kasar (%)
Marhamah dkk, 2019	23,55	5,54	17,3	16,53
BAPEDA1, 2014	23,35	5,54	17,03	16,53
Nuraini dkk, 2009	27,55	4,93	-	7,11
Hasil Lab Universitas Andalas, 2020	23,51	11,94	-	7,06
Fajri dkk, 2014	21,91	2,71	5,97	-
Hermana dkk, 2005	18,67	9,43	3,42	24,43



Sumber	Protein (%)	Lemak (%)	Abu (%)	Serat kasar (%)
PKM Universitas Jendral Soedirman, 2021	21,30	4,09	3,64	-
Santoso dkk, 2017	23,63	-		20,16

Ampas tahu masih mengandung kadar protein cukup tinggi sehingga masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan ikan. Akan tetapi kandungan air ampas tahu yang masih tinggi merupakan penghambat digunakannya ampas tahu sebagai makanan ternak. Salah satu sifat dari ampas tahu ini adalah mempunyai sifat yang cepat tengik (basi dan tidak tahan lama) dan menimbulkan bau busuk kalau tidak cepat dikelola.

2.5.2 Potensi Limbah Ampas Tahu

Industri Tahu pada umumnya dikelola dengan masih menerapkan pengolahan secara tradisional dengan proses yang belum menerapkan standar operasional yang efisien terutama dalam penggunaan air. Tahapan proses pengolahan kedelai menjadi tahu mulai dari proses pencucian, perendaman, penggilingan, pemasakan, penggumpalan dan pengepresan serta pencetakan dilakukan oleh manusia. Setiap tahapan proses pada industri tahu membutuhkan air yang sangat tinggi.

Jumlah perusahaan industri tahu yang terdapat dikota Makassar sebanyak 75 perusahaan (ketua sentra industri tahu 2005) yang tersebar diberbagai tempat baik dalam dalam bentuk kelompok / sentra maupun usaha perorangan. Salah satu sentra Industri tahu yang konsisten berproduksi adalah Sentra Industri Tahu berlokasi di jalan Balang, Kota Makassar menggunakan tenaga kerja sebanyak 8 orang. Jumlah kedele yang digunakan 85 kg per hari dengan menggunakan air sebanyak 13 liter/kg kedelai. Dari penggunaan air sebanyak 1.105 liter, sekitar 40% (442 liter) menjadi tahu dan 60 % (663 liter) dibuang menjadi limbah. Adapun limbah berbentuk cair 70 % (464 liter) dan limbah padat 30 % (199 liter) dalam bentuk ampas tahu. akumulasi limbah tersebut secara signifikan mempengaruhi lingkungan terkait bau yang menyengat dan berdampak pada kualitas air sungai Jeneberang yang merupakan muara dari selokan. Untuk mengatasi masalah ini, maka diperlukan suatu metode penanganan limbah yang tepat, terarah dan berkelanjutan. Salah satu metode yang dapat diaplikasikan adalah dengan biokonversi, yaitu cara mengolah



limbah industri tahu sebagai media pakan larva sehingga limbah padat ampas tahu tidak hanya bersifat penanganan namun juga memiliki nilai yang bermanfaat.

2.6 Analisa Statistik

Statistik berasal dari kata Latin yaitu status yang berarti “Negara” (dalam bahasa Inggris adalah state). Pada awalnya kata statistik diartikan sebagai keterangan-keterangan yang dibutuhkan oleh Negara dan berguna bagi Negara (Anto Dajan, Pengantar Metode Statistik). Misalkan keterangan mengenai jumlah keluarga penduduk suatu Negara, keterangan mengenai usia penduduk, pekerjaan penduduk suatu Negara dan sebagainya. Agar pengertian statistik sebagai kumpulan angka-angka, tidak mengaburkan perbedaan antara kumpulan angka-angka dengan metode sehingga kumpulan angka tersebut “berbicara”. Dalam arti kumpulan angka tersebut disajikan dalam bentuk table/diagram, selanjutnya dianalisa dan ditarik kesimpulan. Ini semua ternyata merupakan pengetahuan tersendiri yang disebut statistika.

Menurut Sugiyono (2013), Statistika dalam pengertian sebagai ilmu dibedakan menjadi dua yaitu:

- Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi. Termasuk dalam statistik deskriptif antara lain adalah penyajian data melalui tabel, grafik, diagram lingkaran, pictogram, perhitungan modus, median, mean (pengukuran tendensi sentral), perhitungan desil, persentil, perhitungan penyebaran data melalui perhitungan rata-rata dan standar deviasi, perhitungan prosentase.
- Statistik inferensial, (sering juga disebut statistik induktif atau statistik probabilitas), adalah teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis data sampel dan hasilnya diberlakukan untuk populasi. Statistik ini akan cocok digunakan bila sampel diambil dari populasi yang jelas, dan teknik pengambilan sampel dari populasi itu dilakukan secara random. Statistik ini disebut statistik probabilitas, karena kesimpulan yang diberlakukan untuk populasi berdasarkan data sampel itu kebenarannya bersifat peluang.



(probability). Suatu kesimpulan dari data sampel yang akan diberlakukan untuk populasi itu mempunyai peluang kesalahan dan kebenaran (kepercayaan) yang dinyatakan dalam bentuk presentase.

Statistik inferensial terdapat statistik parametrik dan nonparametrik. Penggunaan statistik parametrik dan nonparametrik tergantung pada asumsi dan jenis data yang akan dianalisis. Statistik parametrik memerlukan terpenuhi banyak asumsi. Asumsi yang utama adalah data yang akan dianalisis harus berdistribusi normal. Selanjutnya dalam penggunaan salah satu test mengharuskan data dua kelompok atau lebih yang diuji harus homogen, dalam regresi harus terpenuhi asumsi linieritas. Statistik nonparametrik tidak menuntut terpenuhi banyak asumsi, misalnya data yang akan dianalisis tidak harus berdistribusi normal. Oleh karena itu statistik nonparametrik sering disebut "*distributionfree*"(bebas distribusi) (Sugiyono, 2013).

2.6.1 Statistik Parametrik

Parametrik berarti parameter. Parameter adalah indikator dari suatu distribusi hasil pengukuran. Indikator dari distribusi pengukuran berdasarkan statistik parametrik digunakan untuk parameter dari distribusi normal. Distribusi normal dikenal juga dengan istilah Gaussian Distribution. Distribusi normal mengandung dua parameter, yaitu rata-rata (mean) dan ragam (varians). Parameter-parameter ini memberikan karakteristik yang unik pada suatu distribusi berdasarkan “lokasi” nya (*central tendency*). Berbagai metode statistik mendasarkan perhitungannya pada kedua parameter tersebut (Fardi dkk, 2012).

Penggunaan metode statistik parametrik mengikuti prinsip-prinsip distribusi normal. prinsip-prinsip dari distribusi normal adalah:

- Distribusi dari suatu sampel yang dijadikan obyek pengukuran berasal dari distribusi populasi yang diasumsikan terdistribusi secara normal.
- Sampel diperoleh secara random, dengan jumlah sampel yang dianggap dapat mewakili populasi.
- Distribusi normal merupakan bagian dari distribusi probabilitas yang kontinu (*continuous probability distribution*). Implikasinya, skala pengukuran pun harus kontinu. Skala pengukuran yang kontinu adalah skala rasio dan



interval. Kedua skala ini memenuhi syarat untuk menggunakan uji statistik parametrik.

Bila syarat-syarat ini semua terpenuhi, maka metode statistik parametrik dapat digunakan. Namun, jika data tidak menyebar normal maka metode statistik nonparametrik dapat digunakan. Apa yang dapat dilakukan jika data tidak menyebar normal, namun statistik parametrik ingin tetap digunakan. Untuk kasus ini data sebaiknya ditransformasikan terlebih dahulu. Transformasi data perlu dilakukan agar data mengikuti sebaran normal. Transformasi dapat dilakukan dengan mengubah data ke dalam bentuk logaritma natural, menggunakan operasi matematik (membagi, menambah, atau mengalidengan bilangan tertentu), dan mengubah skala data dari nominal menjadi interval. Contoh metode statistik parametrik diantaranya adalah uji-z (1 atau 2 sampel), uji-t (1 atau 2 sampel), korelasi pearson, perancang percobaan (2-way ANOVA), dan lain-lain (Fardi dkk, 2012)

2.6.2 Statistik Nonparametrik

Metode statistik nonparametrik merupakan metode statistik yang dapat digunakan dengan mengabaikan asumsi-asumsi yang melandasi penggunaan metode statistiik parametrik, terutama yang berkaitan dengan distribusi normal. Istilah lain yang sering digunakan untuk statistik nonparametrik adalah statistik bebas distribusi (*distribution-free statistic*) dann uji bebas asusmsi (*assumption-free test*). Statistik nonparametrik tidak mensyaratkan bentuk sebaran parameter populasi. Dari segi jumlah data, pada umumnya statistik non parametrik digunakan untuk data berjumlah kecil ($n < 30$). Statistik nonparametrik biasanya digunakan untuk melakukan analisis pada data nominal atau ordinal. Contoh metode statistik nonparametrik diantaranya adalah Chi-square test, Median test, Friedman test, dan lain-lain.

Menurut Fardi dkk (2012), terdapat keunggulan dari statistik non parametrik diantaranya:

- a. Asumsi dalam uji-uji statistik nonparametrik relatif lebih longgar. Jika pengujian data menunjukkan bahwa salah satu atau beberapa asusmsi yang mendasari uji statistik parametrik (misalnya mengenai sifat distribusi data)



tidak terpenuhi, maka statistik nonparametrik lebih sesuai diterapkan dibandingkan statistik parametrik.

- b. Perhitungan-perhitungannya dapat dilaksanakan dengan cepat dan mudah, sehingga hasil penelitian segera dapat disampaikan.
- c. Untuk memahami konsep-konsep dan metode-metodenya tidak memerlukan dasar matematika serta statistika yang mendalam
- d. Uji-uji pada nonparametrik dapat diterapkan jika menghadapi keterbatasan data yang tersedia, misalnya jika data telah diukur menggunakan skala pengukuran yang lemah (nominal atau ordinal)
- e. Efisiensi statistik nonparametrik lebih tinggi dibandingkan dengan metode parametrik untuk jumlah sampel yang sedikit

Adapun keterbatasan statistik nonparametrik adalah:

- a. Jika asumsi uji statistik parametrik terpenuhi, penggunaan uji nonparametrik meskipun lebih cepat dan sederhana, akan menyebabkan pemborosan informasi.
- b. Jika jumlah sampel besar, tingkat efisiensi nonparametrik relatif lebih rendah dibandingkan dengan metode parametrik.



2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 7 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1	Mahfudl Sidiq Muhayyat dkk, 2016. Pengaruh jenis limbah dan rasio umpan pada biokonversi limbah domestik menggunakan larva <i>black soldier fly</i> (<i>hermetia illucens</i>)	Penelitian dengan metode eksperimentas menggunakan media pakan berupa limbah nasi, limbah daun singkong dan limbah campuran nasi-daun singkong dengan tiap perlakuan diberikan masing-masing yaitu variasi <i>feed rate</i> sebesar 60, 80,100 mg/larva/hari dilakukan 3 kali pengulangan pada masing- masing perlakuan	Produksi optimum larva <i>Hermetia illucens</i> diperoleh pada proses limbah campuran nasi dengan feed ratio 60 mg/larva/hari dengan berat total 10,00 gram dan survival rate sebesar 95,17%. Reduksi limbah paling optimal pada proses biokonversi mencapai nilai <i>substrate consumption</i> sebesar 69,49% dan waste reduction index 20,79% yang didapat pada media pakan limbah daun singkong denga <i>feed rate</i> sebesar 60 mg/larva/hari.
2	Estin Noviyanti dkk, 2021. Efektivitas larva <i>black soldier fly</i> (<i>hermetia illucens</i>) dalam mereduksi sampah organik pasar	Menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan media ampas kelapa dan memvariasikan setiap jumlah pakan yang diberikan pada setiap perlakuan berturut yaitu ampas kelapa 270, 210, 150, 90, dan 30 g/larva/hari	Penambahan pakan ampas kelapa yang efektif mempengaruhi bobot akhir maggot ditunjukkan pada variasi A ampas kelapa : larva sebesar 270 gram : 150 gram. Perlakuan A memberikan rata-rata bobot akhir maggot dihari ke 18 sebesar 195 gram. Reduksi ampas kelapa yang paling maksimal pada proses biokonversi teramati perlakuan E dengan nilai konsumsi substrat sebesar 55%.
3	M. Helmi Fakhrieza dkk, 2023. Biokonversi kotoran sapi, ampas tahu dan sampah sayuran menggunakan maggot	Menggunakan penelitian Eksperimen Murni (True Experimental) dengan pendekatan (Post Test Only Control Group) serta menggunakan teknik Rancangan Acak Lengkap (RAL). Menggunakan 200 ekor maggot/wadah terdiri dari 4 perlakuan yang termasuk dengan 1 kontrol dan 6 pengulangan pada masing-masing perlakuan yang ditujukan ke maggot dengan menggunakan 24 sampel. Pemberian pakan dilakukan 15	(WRI) atau pengurangan sampah tertinggi yakni pada perlakuan kotoran sapi sebesar 6,58%. Sedangkan pada aspek pertumbuhan maggot yang optimal yaitu pada perlakuan ampas tahu untuk panjangnya 1,67 cm sedangkan beratnya 31,83 gram.



No	Judul	Metode	Hasil Penelitian
		hari dengan penggantian pakan setiap 3 hari sekali	
4	Elvita sari saragih, 2015. Penentuan optimal feeding rate larva black soldier fly (<i>hermetia illucens</i>) dalam mereduksi sampah organik pasar	Jenis penelitian eksperimental dengan 3 perlakuan yaitu sampah : sayur (1:1), sampah jeroan ikan, sampah sayur:buah:ikan = (40:35:25) dengan variasi feeding rate yaitu 20, 40, 60 (mg/larva.hari) dengan banyak larava per reaktor yaitu 200 ekor dengan pemberian makan 1 kali sehari	Kombinasi sampah sayur:buah memiliki tingkat reduksi paling tinggi dengan rata-rata 51,91% reduksi, selanjutnya kombinasi sampah sayur:buah:ikan dengan tingkat reduksi 48,73%, dan dengan tingkat reduksi paling kecil adalah sampah jeroan ikan yakni 39,16%.
5	Rini Hartono dkk, 2021. Pengaruh komposisi sampah dan feeding rate terhadap proses biokonversi sampah organik oleh larva black soldier fly (BSF)	Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh komposisi sampah dan feeding rate terhadap tingkat reduksi dan biokonversi sampah. Variabel penelitian berupa (i) komposisi sampah, yakni campuran 30% sampah sisa makanan (SM) dengan 70% sampah sayur (SY) atau sampah buah (B) atau sampah kebun (K), dan (ii) feeding rate (20, 35, dan 50 mg sampah organik/larva.hari). Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium selama 12 hari dengan menggunakan 300 ekor larva/bioreaktor.	Larva yang diberi campuran SM:SY dapat menghasilkan persentase reduksi sampah paling tinggi (81,98%), diikuti oleh campuran SM:B sebesar 81,23%, dan SM:K sebesar 42,71%. Ditinjau dari berat akhir larva, tingkat biokonversi tertinggi didapat pada campuran SM:B dan feeding rate 35 mg sampah/larva.hari, sedangkan tingkat biokonversi terendah didapat dari campuran SM:K dan feeding rate 50 mg sampah/larva.hari.
6	Pretty yuniarti elisabeth sipayung, 2015. Pemanfaatan larva black soldier fly (<i>hermetia illucens</i>)	Penelitian dilakukan dengan menggunakan larva BSF berumur 7 hari dengan 200 larva. Variabel penelitian meliputi variasi jenis makanan dan frekuensi feeding. Jenis makanan yang diberikan adalah sampah kantin, sampah pisang, dan sampah mentimun. Porsi makanan yang diberikan yaitu rata-rata 40 mg (berat kering)/larva.hari. Frekuensi	Tingkat penyisihan sampah mentimun, sampah kantin, dan sampah pisang masing-masing 54%; 54%; 52% pada frekuensi feeding sekali dalam tiga hari. Pada frekuensi feeding sekali dalam sehari diperoleh hasil masing-masing 52%; 65%; 61%. Hanya jenis sampah makanan yang memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan larva ($P < 0.1$). Rasio C/N residu sampah mentimun,



No	Judul	Metode	Hasil Penelitian
		feeding yang digunakan adalah sekali dalam sehari dan sekali dalam 3 hari. Berat 10% larva diukur setiap 3 hari.	sampah kantin, dan sampah pisang adalah masing-masing 9,8; 11,1; dan 10,9 untuk frekuensi feeding sekali dalam tiga hari, dan masing-masing 8,0; 9,4; dan 10,0 pada frekuensi feeding sekali dalam sehari.
7	Asi pebrina cicilia dan nyata susila, 2018. Potensi ampas tahu terhadap produksi maggots (hermetia illucens) sebagai sumber protein pakan ikan	Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan 3 ulangan. Adapun perlakuan yang diterapkan yaitu, Perlakuan A. ampas tahu 100% dan EM4; B. ampas tahu 50% kotoran ayam 50%; Perlakuan C. ampas tahu 50% kotoran ayam 25% dedak 25%; Perlakuan D. ampas tahu 50% kotoran ayam 25% dedak 25% dan EM4	Kombinasi media pada perlakuan D ampas tahu 50% kotoran ayam 25% dedak 25% dan EM4, menghasilkan rata-rata produksi maggots terbaik yaitu 13,73 gram,
8	Listya purnamasari dkk, 2021. Biokonversi limbah ampas tahu dan limbah sayur dengan menggunakan agen larva black soldier fly (hermetia illucen)	Penelitian ini menggunakan limbah ampas tahu, limbah sayur, larva BSF umur 5 hari (5DOL). Sebanyak 5 g BSFL berumur 5 hari dikembangkan pada media limbah sayur maupun ampas tahu sebanyak 15 kg selama 15 hari. Parameter yang diuji yaitu derajat keasaman (pH), kadar air (KA), nitrogen(N), fosfor(P), rasio C/N, dan kalium(K)	Hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah organik ampas tahudan limbah sayur yang telah dibiokonversi dengan menggunakan larva BSF selama 15 hari menghasilkan nilai N, P, K, C/N, pH, dan KA yang sesuai dengan persyaratan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik.

Sumber: Hasil Literatur, 2023