

# Efektivitas Biokonversi Sampah Organik di Institut Teknologi Sumatera Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)

Gabriella Anggi Renca, Aulia Annas Mufti\*, Firdha Cahya Alam,  
Alfian Zurfi, Yuni Lisafitri, Irhamni

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung

\*Koresponden email: aulia.mufti@tl.itera.ac.id

Diterima: 17 September 2024

Disetujui: 13 Oktober 2024

## Abstract

In an effort to utilise organic waste that also has high economic value, a promising technology for processing organic waste is bioconversion using Black Soldier Fly (BSF). This research aims to determine the effect of variation in feeding rate on the nutritional content of BSF larvae, the quality of BSF larvae residue and the waste reduction index in the ITERA food waste organic waste decomposition process. The results of the research and data analysis tests show that the residue of BSF larvae does not meet the SNI 19-7030-2004 organic fertiliser quality standards in terms of phosphorus content, but the elements P, K and C/N ratio still meet the standards. Analysis of the proximate content of BSF larvae showed that the highest fat content was 0.8529 in reactor B; for the highest protein content was 12.7204 in reactor A and the highest water content was 64.1010 in reactor C. Calculation results of the waste reduction index reached the highest value of 5.94 grams per day.

**Keywords:** *bioconversion, black soldier fly, larva, organic waste*

## Abstrak

Sebagai upaya pemanfaatan sampah organik yang juga memiliki nilai ekonomis tinggi salah satu teknologi yang menjanjikan untuk mengolah sampah organik adalah biokonversi menggunakan Black Soldier Fly (BSF). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi feeding rate terhadap kandungan nutrisi larva BSF, kualitas residu larva BSF dan indeks pengurangan limbah dalam proses dekomposisi sampah organik sisa makanan ITERA. Hasil penelitian dan uji analisis data menunjukkan residu larva BSF pada kandungan unsur fosfor belum memenuhi standar baku mutu pupuk organik SNI 19-7030-2004 namun untuk unsur P, K dan Rasio C/N masih memenuhi standar. Analisis kadar proksimat larva BSF didapatkan kadar lemak tertinggi yaitu 0,8529 pada reactor B; untuk kadar protein tertinggi sebesar 12,7204 pada reactor A dan kadar air terbesar sebesar 64,1010 pada reactor C. Hasil perhitungan waste reduction index mencapai nilai tertinggi 5,94 gram per harinya.

**Kata Kunci:** *biokonversi, larva, black soldier fly, sampah organik*

## 1. Pendahuluan

Persampahan telah menjadi suatu agenda permasalahan utama yang dihadapi oleh hampir seluruh perkotaan di Indonesia. Kemampuan dalam menangani permasalahan sampah tidak seimbang dengan produksi manusia, sehingga mengakibatkan penumpukan sampah. Permasalahan sampah saat ini dipengaruhi oleh jumlah penduduk yang meningkat terus dari waktu ke waktu. Semakin tinggi jumlah penduduk dan tingkat aktivitas masyarakat mengakibatkan meningkatnya jumlah timbulan sampah sehingga diperlukan adanya pengelolaan sampah yang baik. Permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia dapat dilihat dari beberapa indikator, seperti tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, rendahnya tingkat pelayanan pengelolaan sampah, terbatasnya jumlah tempat pembuangan akhir, lembaga pengelola sampah, dan permasalahan terkait biaya [1].

Sebagian besar aktivitas di suatu wilayah atau perkotaan menghasilkan sampah, termasuk sarana pendidikan seperti Perguruan Tinggi. Institut Teknologi Sumatera (ITERA) adalah salah satu Perguruan Tinggi Negeri (PTN) yang terletak di Provinsi Lampung, tepatnya di Kabupaten Lampung Selatan. Perkembangan kampus ITERA dapat terlihat dari penambahan jumlah mahasiswa secara signifikan di setiap tahunnya. Pada tahun 2022, jumlah mahasiswa ITERA mencapai 19.605 mahasiswa yang tersebar di 39 program studi sarjana (S1) serta satu program pascasarjana fisika. Peningkatan jumlah mahasiswa ini berdampak juga pada jumlah timbulan sampah ITERA yang bertambah di setiap tahunnya. Sampah yang

dihasilkan di Kampus Institut Teknologi Sumatera dikelola dengan penanganan sebagai berikut yaitu pewadahan, pengumpulan, dan pembakaran di area terbuka di TPS tanpa penanganan lebih lanjut [2]. Timbulan sampah ITERA pada Tahun 2019 sebesar 226,432 kg/hari dengan sampah sisa makanan (sampah organik) memiliki persentase terbesar yaitu 24,110% [3].

Menanggapi kondisi tersebut, perlu dilakukan sebuah upaya pengolahan sampah yang bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah yang menuju TPS dengan cara mengkonversinya menjadi bahan dan/atau energi lain yang bermanfaat yang juga memiliki nilai ekonomis tinggi. Sebagai upaya pemanfaatan sampah organik yang juga memiliki nilai ekonomis tinggi salah satu teknologi yang menjanjikan untuk mengolah sampah, khususnya sampah organik adalah dengan biokonversi sampah organik menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF). *Black soldier fly* merupakan jenis lalat yang tidak dikategorikan sebagai pembawa bibit penyakit karena hanya menjalani hidupnya untuk kawin dan bereproduksi [4].

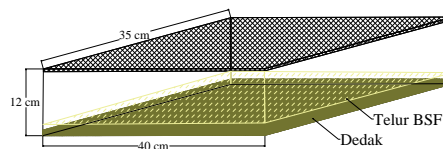
Proses biokonversi sampah organik dengan larva BSF adalah proses yang memanfaatkan larva secara berkelanjutan untuk mengubah limbah organik dimana larva tersebut mampu mengkonversi sampah menjadi biomassa yang kaya nutrisi. Keberlangsungan hidup, pertumbuhan dan kemampuan biokonversi dari larva lalat tentara hitam ditentukan oleh jenis makanan yang dikonsumsi oleh larva [5]. Dengan maksud mengetahui kemampuan mencerna larva BSF dalam mendegradasi sampah organik, diperlukan tingkat pemberian pakan sampah yang tepat. Tingkat pemberian pakan (*feeding rate*) kepada larva BSF ini juga mempengaruhi dalam mencapai kebutuhan nutrisi dan proses pencernaan yang optimal dan dampaknya terlihat dalam hal pertumbuhan dan indeks pengurangan limbah [6].

Dalam penelitian ini, tingkat pemberian pakan (*feeding rate*) yang berbeda akan dianalisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap larva BSF dalam penguraian sampah organik sisa makanan dengan melihat kualitas kandungan nutrisi larva BSF, kualitas residu dan indeks pengurangan limbahnya.

## 2. Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat antara lain laptop, telepon genggam, neraca analitik, pH meter, termometer, soil moisture tester, cawan petri, kasa nyamuk, pinset, saringan pemisah residu dengan larva BSF ukuran 1 mm, penggaris, kertas label, double tape, spidol, sarung tangan, timbangan, baskom, alat pencacah dan container 40 x 35 x 12 cm. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dedak (sebagai media penetasan telur), 24.000 telur BSF, dan sampah organik sisa makanan ITERA. Desain kotak penetasan telur BSF pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Desain Box Penetasan Telur BSF

### Biokonversi Sampah Organik ITERA

Penelitian akan dilakukan dengan variasi berdasarkan *feeding rate* dengan jumlah sampah organik sisa makanan dari ITERA yang diberikan seberat 35 mg/larva/hari (Reaktor A), 55 mg/larva/hari (Reaktor B), 75 mg/larva/hari (Reaktor C) dan 100 mg/larva/hari (Reaktor D) dengan 3 (tiga) kali pengulangan untuk tiap variasinya maka dibutuhkan sebanyak 12 reaktor seperti pada **Gambar 2**.

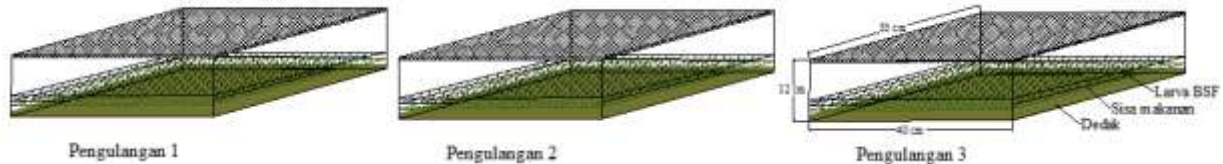
Berikut adalah tahapan untuk proses biokonversi sampah organik ITERA menggunakan larva BSF:

- 1) Jumlah larva yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 2000 ekor per reaktor dengan umur larva 7 (tujuh) hari setelah penetasan. Berat awal total 2000 larva di tiap reaktor ditimbang terlebih dahulu secara acak untuk diketahui berat rata – rata 1 ekor larva berumur 7 hari. Kemudian dilakukan penimbangan berat 1 ekor larva berumur 7 hari yang didapat kemudian dikalikan 2000 sesuai kebutuhan tiap reaktor.
- 2) Pakan sampah organik sisa makanan untuk larva BSF ini diambil dari aktivitas di Institut Teknologi Sumatera. Pakan sampah organik yang digunakan terdiri dari berbagai sisa makanan seperti sisa nasi, lauk pauk, buah, sayur dan lain-lain yang sebelum diberikan pada larva BSF dicacah terlebih dahulu sehingga tercampur rata dan membentuk tekstur seperti bubuk.
- 3) Pemberian pakan sampah organik sisa makanan dilakukan 3 hari sekali dengan perhitungan berat pakan sampah organik sisa makanan untuk tiap reaktornya menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Sampah} = \frac{2000 \text{ larva} \times \text{Variasi Feeding Rate (mg/larva/hari)} \times 3 \text{ hari}}{1000}$$

- 4) Setiap harinya dilakukan kontrol rutin yang mencakup pengukuran suhu, kelembaban dan pH.
- 5) Setelah 15 hari perlakuan, selanjutnya akan dilakukan penimbangan berat akhir larva dan sisa residu larva dari setiap reaktornya.

Parameter pada penelitian ini adalah kandungan unsur hara residu larva BSF yaitu C/N rasio, N, P, dan K; kandungan nutrisi larva yaitu kadar proksimat (air, lemak, dan protein) dan nilai indeks pengurangan limbah (waste reduction index).



**Gambar 2.** Desain box dengan 3 kali pengulangan pada proses biokonversi dengan larva BSF

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### *Kondisi Lingkungan Proses Biokonversi*

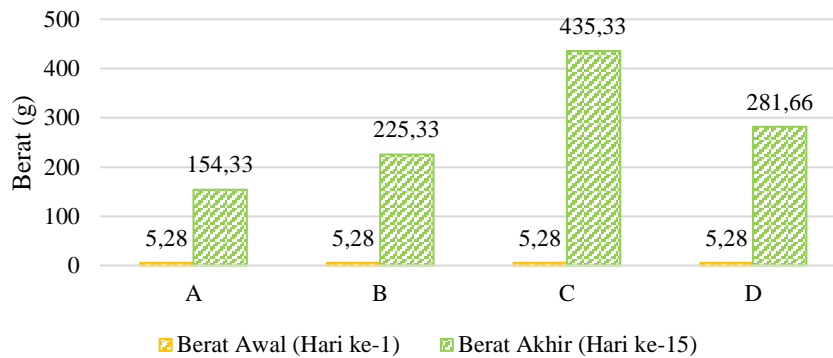
Pengukuran pH tiap reaktor penelitian dilakukan setiap hari menggunakan *soil moisture tester*. Pengukuran harian pH dilakukan untuk melihat pengaruh pH dalam proses biokonversi menggunakan larva BSF. Nilai pH akan mempengaruhi kinerja enzim seperti amilase, lipase, dan protease yang berada dalam usus larva BSF. Berdasarkan hasil penelitian, variasi A, B, C, dan D nilai pH pada tiap reaktor hampir sama, pada tahapan awal proses biokonversi pH bernilai 7 dan mulai mengalami peningkatan pada hari ke 3 hingga seterusnya. Pada hari ke 6 dan 7 untuk reaktor B3 dan C2 memiliki penurunan nilai pH yang bisa disebabkan oleh faktor campuran pakan dari sampah organik sisa makan yang diberikan pada hari tersebut. Larva BSF sangat toleran terhadap berbagai kondisi lingkungan termasuk pH media tumbuh ekstrim [7].

Pengukuran kelembaban tiap reaktor penelitian dilakukan setiap hari menggunakan *soil moisture tester*. Pengukuran harian kelembaban dilakukan untuk melihat pengaruh kelembaban dalam biokonversi menggunakan larva BSF. Rentang nilai kelembaban pada alat-alat yang digunakan untuk mengukur kelembaban adalah 1 – 10. Yang mana untuk nilai 0 – 3 berarti kering, 4 – 7 berarti lembab, dan 8 – 10 berarti basah. Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan nilai rata-rata kelembaban pada reaktor A sebesar 2,1 (kering), reaktor B sebesar 3,6 (kering), pada reaktor C sebesar 4,8 (lembab), dan pada reaktor D sebesar 5,4 (lembab). Nilai kelembaban terendah yaitu reaktor perlakuan A dan nilai tertinggi pada reaktor perlakuan D, nilai kelembaban tertinggi dapat disebabkan karena jumlah berat pakan yang diberikan pada tiap reaktor berbeda, selain itu dapat juga disebabkan pada hari tersebut campuran pakan yang diberikan ke larva BSF memiliki kandungan air yang cukup tinggi karena terdiri dari jenis sisa makanan basah seperti buah dan sayuran yang menyebabkan persen kelembaban reaktor perlakuan meningkat, pada reaktor perlakuan A didapatkan nilai kelembaban yang kecil kemungkinan disebabkan karena sedikit pakan yang diberikan sehingga menyebabkan persen kelembaban dalam reaktor perlakuan bernilai rendah.

Pengukuran suhu dalam tiap reaktor penelitian dilakukan setiap hari menggunakan termometer. Pengukuran dilakukan pada masing-masing reaktor. Pengukuran suhu harian dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap biokonversi menggunakan larva BSF. Berdasarkan hasil pengamatan suhu, diperoleh suhu rata – rata pada reaktor A 30°C; reaktor B 30,5°C; reaktor C 31,1°C dan pada reaktor D 31,7°C. Suhu optimal untuk pertumbuhan larva BSF adalah 25-36°C [8]. Hasil pengukuran menunjukkan kondisi suhu media cukup baik untuk pembiakan larva BSF karena masih mendekati suhu optimum pertumbuhan larva. Aktivitas larva selama fase makan sangat aktif dan lahap sehingga suhu tubuh larva mempengaruhi peningkatan suhu media [7].

#### *Perkembangan Larva BSF*

Perkembangan larva BSF salah satunya dapat dilihat dari bobot larva BSF pada **Gambar 3**. Proses pemberian sampah organik dilakukan setiap 3 hari sekali sampai dengan hari ke-15 yang menyebabkan perkembangan bobot larva BSF yang setiap harinya bertambah. Pengukuran bobot awal larva BSF dilakukan saat seluruh telur telah menetas dan berumur 7 hari setelah penetasan, kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik untuk memperoleh bobot awal larva BSF.



**Gambar 3.** Berat Larva BSF (Awal dan akhir)

Nilai berat larva BSF yang tertinggi yang diikuti dengan sampel D, B, dan A. Bobot larva BSF yang dihasilkan setiap perlakuan berbeda-beda hal ini disebabkan kandungan nutrisi pakan dan jumlah pakan yang diberikan berbeda. Jika kandungan nutrisi yang ada disekitar larva BSF tidak cukup, maka larva BSF akan memperlambat metabolisemenya, yang kemudian berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan larva akan terganggu, tingkat reduksi sampah juga akan terhambat. Selain itu jenis nutrisi yang ada pada masing-masing sampah yang menjadi pakan larva BSF turut mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan larva. Pertumbuhan yang signifikan dikarenakan sampah organik ITERA memiliki kandungan nutrisi yang bervariasi yang berasal dari sisa makanan, sayuran dan buah, dan turut mempercepat metabolisme larva. Berkaitan dengan pendapat Syahrizal et al. [9] mengatakan bahwa perbedaan pertumbuhan berat maggot diduga karena ketersediaan nilai nutrisi dan jumlah komposisi media dalam masing-masing perlakuan berbeda.

#### *Kualitas Residu Larva BSF (Kasgot)*

Residu yang dihasilkan oleh larva BSF akan berbanding lurus dengan pertumbuhan berat dan panjang larva BSF, maka semakin tinggi nilai reduksi sampah maka semakin tinggi tingkat pertumbuhannya. Kualitas fisik seluruh perlakuan menunjukkan kasgot berwarna gelap. Pengujian C organik, total N organik, phosphor, dan kalium dilakukan dengan metode sesuai SNI 7763-2018. Hasil analisis kandungan unsur hara dari residu larva BSF dilakukan oleh Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung dengan metode sesuai SNI 7763-2018 tercantum pada **Tabel 1** berikut:

**Tabel 1.** Kandungan Unsur Hara Residu Larva BSF

Kandungan Unsur Hara	Satuan	SNI 19-7030-2004	Sampel			
			A	B	C	D
Rasio C/N	%	10 - 20	17.25	16.47	14.76	10.98
N	%	>0,04	2.71	2.94	3.40	4.40
P	%	>0,10	0.02	0.20	0.09	0.09
K	%	>0,20	1.86	1.79	1.23	1.17

Berdasarkan **Tabel 1**, dapat dilihat bahwa kandungan unsur hara untuk unsur N, K dan C/N rasio, melebihi standar baku mutu kompos SNI 19-7030-2004. Pengukuran C dan N dilakukan untuk mengetahui rasio C/N sampah. Rasio C/N merupakan perbandingan masa karbon terhadap masa nitrogen dalam kasgot. C/N yang tinggi (>25) menunjukkan proses dekomposisi berlangsung lambat. Pupuk yang baik dan memenuhi syarat seharusnya menunjukkan nilai rasio C/N yang rendah [10]. Ketika C/N terlalu tinggi dekomposisi yang terjadi berjalan lambat. Jika rasio C/N terlalu rendah yang disebabkan terlalu banyaknya kandungan nitrogen hal ini memungkinkan nitrogen hilang ke atmosfer dalam bentuk gas NH<sub>3</sub> sehingga menyebabkan masalah bau. Pada tabel dapat dilihat C/N Rasio dengan nilai tertinggi terdapat pada reaktor A sebesar 17,25% dan terendah pada reaktor D sebesar 10,98%.

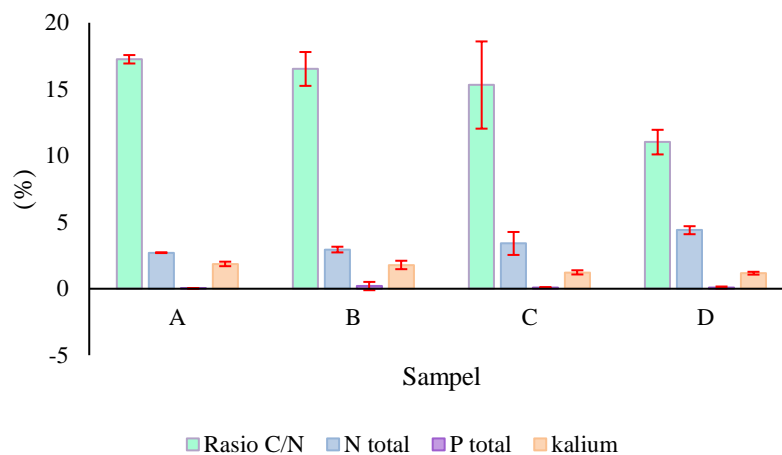
Selanjutnya kandungan unsur nitrogen pada residu larva BSF. Jika nilai C/N Rasio terlalu rendah akibat dari kandungan nitrogen yang terlalu banyak dan memungkinkan nitrogen hilang ke atmosfer dalam bentuk gas NH<sub>3</sub> hal ini akan menyebabkan masalah bau. Kandungan C organik yang masih tinggi menandakan bahwa penguraian bahan organik dalam pengomposan belum terproses secara optimal. Hal ini dapat disebabkan akibat mikroorganisme yang tidak tumbuh dan berkembang dengan optimal karena

beberapa faktor yang salah satunya faktor kompetisi sumber nutrisi oleh mikroorganisme. Faktor lain yang juga dapat menjadi penyebab adalah karena rendahnya kandungan mikroba yang terdapat pada bahan kompos. Hasil analisis kompos untuk masing – masing reaktor disajikan pada **Gambar 4**.

Hasil total hara NPK terdapat persentase yang tidak memenuhi standar kualitas kompos SNI 19-7030-2004. Pada pengomposan ini dihasilkan nilai nitrogen yang memenuhi SNI yakni melebihi 0,04% dengan nilai N tertinggi mencapai 4,40% pada reaktor D dan terendah senilai 2,71% pada reaktor A. Semakin besar nilai nitrogen yang dihasilkan mengindikasikan semakin baik proses dekomposisi yang terjadi, dikarenakan bakteri pengurai membutuhkan nitrogen dalam pertumbuhannya [11]. Ketika larva mengkonsumsi pakan yang memiliki kandungan nitrogen yang rendah, ukuran tubuh larva akan lebih kecil dibandingkan dengan larva yang mengkonsumsi makanan dengan kadar nitrogen tinggi. Residu larva BSF yang memiliki kandungan nitrogen yang tinggi berpengaruh baik untuk mengurangi pencemaran nitrat di dalam tanah. Nilai kalium pada penelitian ini memenuhi standar baku mutu sesuai SNI. Unsur hara kalium merupakan komponen penting dalam pertumbuhan tanaman. Nilai K tertinggi didapatkan senilai 1,86% pada reaktor A dan nilai terendah sebesar 1,17% pada reaktor D. Besarnya nilai kalium yang dihasilkan mengindikasikan kecepatan dekomposisi yang baik [12].

Terakhir hasil uji kandungan unsur fosfor (P), didapatkan hasil bahwa tidak ada hasil yang memenuhi standar baku mutu pupuk organik. Nilai P dalam residu larva BSF reaktor A memiliki nilai paling rendah sebesar 0,02% dan tertinggi hanya mencapai 0,09% pada reaktor C dan D. Rendahnya kandungan fosfor dalam residu larva BSF dapat disebabkan oleh sedikitnya kandungan P yang terdapat dalam sampah organik yang menjadi pakan larva BSF. Kadar fosfor yang rendah dapat ditingkatkan dengan penambahan tulang yang dijadikan tepung, daun kering, jerami padi, serbuk gergaji dan sebagainya pada proses pengomposan [12].

Pada saat sampah organik terdekomposisi oleh larva BSF, beberapa unsur hara dari pakannya akan hilang karena digunakan oleh kebutuhan larva BSF dan sebagiannya lagi akan dikeluarkan dalam bentuk residu/kotoran maggot yang disebut kasgot. Kandungan unsur hara pada kasgot mampu memperbaiki struktur tanah seperti yang dapat dilakukan kompos. Berbagai jenis mikroba, baik yang terdapat dalam sampah atau dalam usus larva, memiliki peranan yang cukup besar dalam proses dekomposisi dan konversi sampah. Mikroba membantu proses metabolisme dalam tubuh larva dan juga memberi kontribusi terhadap inaktivasi bakteri patogen.



**Gambar 4.** Kandungan Unsur Hara Residu Larva BSF

#### *Kandungan Nutrisi Larva BSF*

Analisa kandungan protein, lemak dan air pada BSF yang dilakukan oleh Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Politeknik Negeri Lampung. Larva BSF telah diperkenalkan sebagai agen konverter limbah organik karena larva BSF dapat memakan lahap berbagai bahan organik membusuk dan menghasilkan prepupa yang mengandung protein kasar 40% dan 30% lemak sebagai pakan ikan dan hewan ternak lainnya. Maka dari itu dilakukan pengujian kandungan protein, lemak dan air yang mengalami peningkatan dan juga dari larva BSF dari tiap variasi *feeding rate* yang dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

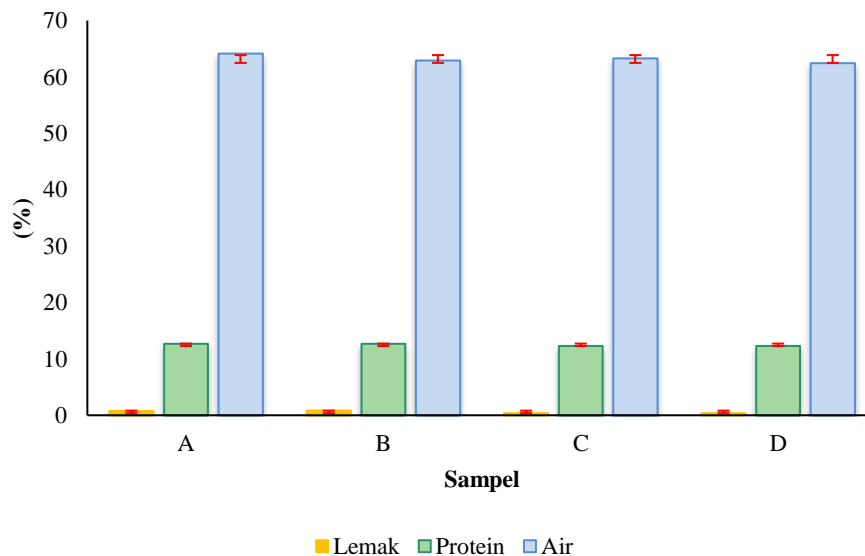


Tabel 2. Komposisi Proksimat Larva BSF dalam Keadaan Segar (%)

Sampel	Lemak	Protein	Air
A	0.76	12.72	64.10
B	0.83	12.64	62.90
C	0.39	12.33	63.26
D	0.42	12.27	62.46

Kadar lemak terendah terdapat pada reaktor C dan kadar tertinggi pada reaktor B. Lemak yang terdapat pada maggot berupa asam lemak dari media yang dikonsumsi dengan bantuan enzim lipase yang terdapat pada maggot *Hermetia illucens* [13]. Tinggi dan rendahnya kadar lemak dapat dipengaruhi oleh jenis pakan yang diberikan, bila pakan yang diberikan memiliki kandungan lemak yang tinggi maka akan meningkatkan pula kandungan lemak pada larva BSF selain itu waktu pemanenan larva BSF juga dapat memberikan perbedaan jumlah kandungan lemak pada larva BSF. Kadar protein pada tiap reaktor larva BSF tidak memiliki perbedaan yang cukup jauh. Larva *Hermetia illucens* memiliki enzim protease dalam sistem pencernaannya, sehingga mampu mencerna berbagai jenis bahan organik kemudian merombaknya menjadi protein [14].

Kandungan protein larva BSF sangat ditentukan oleh kandungan protein media tumbuhnya atau pakan yang dikonsumsi [15]. Kadar protein tertinggi terdapat pada reaktor A, yang kemungkinan dalam prosesnya menerima pakan dengan jumlah protein hewani lebih banyak dari yang lain akibat kurang lamanya proses pengadukan pakan setelah pencacahan Kadar air terendah berdasarkan hasil analisis terdapat pada reaktor D, dan tertinggi pada reaktor A. Kadar air pada larva BSF pada penelitian ini dapat dipengaruhi oleh pakan yang diberikan dan umur dari pemanenannya. Larva BSF sendiri memiliki karakter yang diantaranya bersifat menyerap air pada media sehingga sangat mempengaruhi kadar air pada larva BSF [16]. Selanjutnya ketika kadar air dalam pakan kurang akan mengakibatkan konsumsi pakan yang kurang efisien. Grafik kadar proksimat dari tiap reaktor dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Komposisi Proksimat Larva BSF dalam Keadaan Segar (%)

#### Indeks Pengurangan Limbah (Waste Reduction Index)

Nilai WRI digunakan untuk mengetahui tingkat reduksi sampah organik sisa makanan ITERA yang diberikan sebagai pakan larva BSF dalam waktu tertentu. Dalam penelitian ini, digunakan 15 hari waktu proses biokonversi jadi  $t = 15$ . Nilai pengurangan limbah dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Diener [17].

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100; D = \frac{W-R}{W}$$

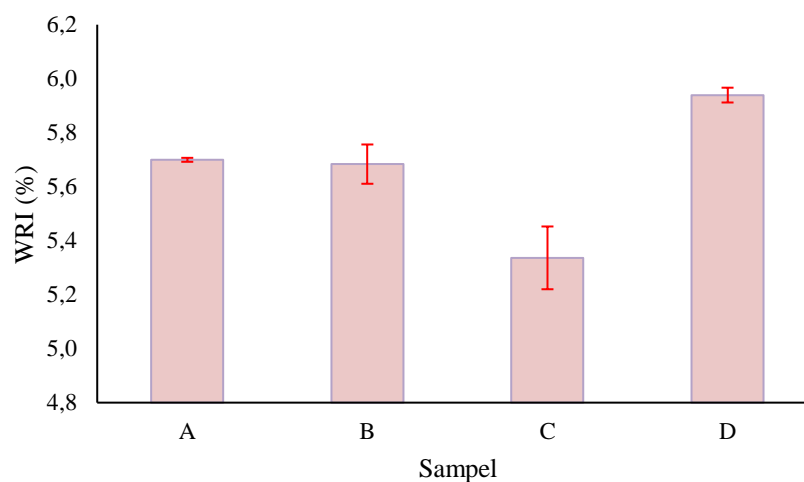
dimana WRI = indeks pengurangan limbah (%/hari), D = Tingkat Degradasi Sampah (g), W = Jumlah pakan total (g), R = Berat Residu (g) dan t = total waktu larva BSF memakan pakan. Berikut hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Waste Reduction Index

Sampel	Jumlah Pakan Total	Berat Residu	Tingkat Degradasi Sampah (D)	WRI
A	1050	152.33	0.8549	5.70
B	1650	243.33	0.8525	5.68
C	2250	449	0.8004	5.34
D	3000	327.33	0.8909	5.94

Nilai rata – rata WRI tertinggi terdapat pada reaktor D dengan nilai reduksi mencapai 5,94 gram per harinya. Sedangkan nilai rata – rata WRI terendah terdapat pada reaktor C dengan nilai reduksi sebesar 5,34%. Nilai WRI ini berbanding lurus dengan nilai konsumsi umpan. Jika tingkat degradasi tinggi maka nilai WRI juga tinggi. Cara larva BSF mengurangi jumlah sampah tergantung pada dua faktor, yaitu sejauh mana sampah terdegradasi dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi sampah tersebut. Pada perlakuan umpan dengan jumlah lebih tinggi maka nilai WRI cenderung turun. Hal ini dimungkinkan larva sudah tidak mampu lagi mengkonsumsi umpan yang diberikan sebab umpan terlalu banyak sehingga nilai persentase umpan yang dikonsumsi terhadap total umpan menjadi lebih rendah [18]. Hal ini disebabkan larva BSF tidak mampu mengkonsumsi pakan yang terlalu banyak sehingga nilai persentase pakan yang dikonsumsi lebih rendah [19].

Tingginya tingkat reduksi dikarenakan pembusukan secara alami dapat membantu peningkatan reduksi sampah. Sedangkan pemberian dengan frekuensi sekali sehari menggunakan sampah segar akan mengurangi kemampuan larva dalam mendekomposisi pakannya, yang mana dalam penelitian ini dilakukan pemberian makan tidak setiap hari melainkan setiap 3 hari sekali untuk memaksimalkan kemampuan larva dalam dekomposisi sampah organik atau pakannya. Tingkat reduksi sampah juga dapat terpengaruh oleh persen kematian larva dalam reactor yang mana kematian larva dapat dipengaruhi oleh luas penampang wadah dan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban dan pH. Grafik nilai WRI dari tiap reaktor dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Nilai Waste Reduction Index

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan selama proses biokonversi sampah organik menggunakan larva BSF memiliki kondisi yang optimal. Hasil pengujian residu larva BSF unsur fosfor belum memenuhi standar baku mutu pupuk organik yaitu SNI 19-7030-2004 namun untuk unsur P, K dan Rasio C/N masih memenuhi standar. kualitas residu larva BSF dapat dipengaruhi oleh variasi pakan dan jumlah pakan larva BSF. Beberapa unsur hara dari pakannya akan hilang untuk kebutuhan larva BSF dan sebagiannya lagi akan dikeluarkan dalam bentuk residu/kotoran larva BSF. Analisis kadar proksimat larva BSF memiliki kadar lemak tertinggi yaitu 0,8529; untuk kadar protein tertinggi sebesar 12,7204 dan kadar air terbesar sebesar 64,1010. Kadar nutrisi larva dapat dipengaruhi oleh kadar air pada pakan, jumlah protein hewani yang diterima tiap larva berbeda. Tingginya kadar air juga mempengaruhi jumlah lemak kasar pada larva BSF. Hasil perhitungan *waste reduction index* mendapatkan nilai tertinggi 5,94 gram per harinya. Tingkat reduksi yang tinggi dapat disebabkan oleh frekuensi

pemberian pakan yang tepat pada larva BSF yang mana memaksimalkan kemampuan larva dalam dekomposisi sampah organik.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak kampus Institut Teknologi Sumatera atas Hibah Penelitian yang telah diberikan. Serta ucapan terima kasih kepada pihak – pihak terkait lainnya yang telah membantu menyelesaikan proses penelitian ini.

## 6. Referensi

- [1] Kardono, “Integrated Solid Waste Management in Indonesia,” in *Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science 2007, ISETS07*, 2007, pp. 629–633. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/316722738/Kardono-Integrated-Solid-Waste-Management-in-Indonesia-pdf>
- [2] A. M. Berliana, “Optimalisasi Sistem Pengelolaan Sampah Kampus Institut Teknologi Sumatera,” Institut Teknologi Sumatera, 2022. [Online]. Available: <https://repo.itera.ac.id/depan/submission/SB2201280021>
- [3] I. E. Bertha, “Perencanaan Bangunan TPS 3R (Reduce, Reuse, Recycle) di Institut Teknologi Sumatera,” Institut Teknologi Sumatera, 2021. [Online]. Available: <https://repo.itera.ac.id/depan/submission/SB2102050006>
- [4] L. A. Holmes, S. L. Vanlaerhoven, and J. K. Tomberlin, “Relative humidity effects on the life history of *hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae),” *Environ. Entomol.*, vol. 41, no. 4, pp. 971–978, 2012, doi: 10.1603/EN12054.
- [5] D. Anggria Sari, A. Arum Sari, I. Kinasih, and R. Eka Putra, “Pengaruh Kombinasi Makronutrien Pakan Terhadap Kelulushidupan, Pertumbuhan dan Komposisi Nutrisi Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*) Effect of Macronutrient Combination on Survivorship, Growth, and Nutritional Content of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*),” *Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 137–146, 2021.
- [6] M. C. Yuan and H. A. Hasan, “Effect of Feeding Rate on Growth Performance and Waste Reduction Efficiency of Black Soldier Fly Larvae (Diptera: Stratiomyidae),” *Trop. Life Sci. Res.*, vol. 33, no. 1, pp. 179–199, 2022, doi: 10.21315/tlsr2022.33.1.11.
- [7] L. Monita, S. H. Sutjahjo, A. A. Amin, and M. R. Fahmi, “Pengolahan Sampah Organik Perkotaan Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*),” *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkungan. (Journal Nat. Resour. Environ. Manag.*, vol. 7, no. 3, pp. 227–234, 2017, doi: 10.29244/jpsl.7.3.227-234.
- [8] F. T. Jatmiko, “Kajian Literatur Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Dalam Pengomposan Sampah Organik,” Universitas Islam Indonesia, 2021. [Online]. Available: [https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/29839/14513097 Fajar Tri Jatmiko.pdf](https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/29839/14513097%20Fajar%20Tri%20Jatmiko.pdf)
- [9] Syahrizal, Ediwarman, and M. Ridwan, “Kombinasi Limbah Kelapa Sawit Dan Ampas Tahu Sebagai Media Budidaya Maggot (*Hermetia illucens*) Salah Satu Alternatif Pakan Ikan,” *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 14, no. 4, pp. 108–113, 2014, [Online]. Available: <http://garuda.ristekbrin.go.id/documents/detail/521246>
- [10] H. Agustin, W. Warid, and I. M. Musadik, “Kandungan Nutrisi Kasgot Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia Illucensi*) Sebagai Pupuk Organik,” *J. Ilmu-Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 25, no. 1, pp. 12–18, 2023, doi: <https://doi.org/10.31186/jipi.25.1.12-18>.
- [11] D. Arisanti, “Ketersedian Nitrogen Dan C-Organik Pupuk Kompos Asal Kulit Pisang Goroho Melalui Optimalisasi Uji Kerja Kultur Bal,” *J. Vokasi Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–3, 2021, doi: 10.56190/jvst.v1i1.1.
- [12] B. Bachtiar *et al.*, “Analisis Kandungan Hara Kompos Johar *Cassia siamea* Dengan Penambahan Aktivator Promi Analysis Of The Nutrient Content Of Compost *Cassia siamea* With Addition Of Activator Promi,” *J. Biol. Makassar*, vol. 4, no. 1, pp. 68–76, 2019.
- [13] S. Nurdin and A. T. B. A. Mahmud, “Massa Nutrisi Maggot Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*) Pada Media yang Berbeda,” *J. Ternak*, vol. 10, no. 2, pp. 70–74, 2019, doi: 10.30736/jy.v10i2.45.
- [14] W. Kim *et al.*, “Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae),” *J. Asia. Pac. Entomol.*, vol. 14, no. 1, pp. 11–14, 2011, doi: 10.1016/j.aspen.2010.11.003.



- [15] R. Suciati and H. Faruq, “Efektifitas Media Pertumbuhan Maggots *Hermetia illucens* (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik,” *Biosf. J. Biol. dan Pendidik. Biol.*, vol. 2, no. 1, pp. 0–5, 2017, doi: 10.23969/biosfer.v2i1.356.
- [16] M. R. FAHMI, “Optimalisasi proses biokonversi dengan menggunakan mini-larva *Hermetia illucens* untuk memenuhi kebutuhan pakan ikan,” in *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, Depok: Masyarakat Biodiversitas Indonesia, 2015, pp. 1–170. doi: 10.13057/psnmbi/m010124.
- [17] S. Diener, N. M. Studt Solano, F. Roa Gutiérrez, C. Zurbrügg, and K. Tockner, “Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae,” *Waste and Biomass Valorization*, vol. 2, no. 4, pp. 357–363, 2011, doi: 10.1007/s12649-011-9079-1.
- [18] A. A. Nursaid, Y. Yuriandala, and F. B. Maziya, “Analisis Laju Penguraian Dan Hasil Kompos Pada Pengolahan Sampah Buah Dengan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*).,” Universitas Islam Indonesia, 2019. [Online]. Available: [https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/16344/08\\_naskah\\_publicasi.pdf](https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/16344/08_naskah_publicasi.pdf)
- [19] S. M. Buana and T. Alfiah, “Biokonversi Kotoran Ternak Sapi menggunakan Larva Black SoldierFly ( *Hermetia illucens* ),” in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IX 2021*, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2021, pp. 406–412. [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/2234/1908>