

Artikel Penelitian

Efektivitas Penambahan Substraksi EM4, MOL, dan Eco-enzyme pada Proses Dekomposisi oleh Larva Black Soldier Fly

The Impact of Adding Effective Microorganism 4, Local Microorganism, and Eco-enzyme Substrates on the Black Soldier Fly Larvae Decomposition Process

Sila Kriscahyanti^{1*}, Mika Vernicia Humairo¹, Agung Kurniawan²

¹Departemen Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Keolahragaan, Universitas Negeri Malang

²Departemen Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Malang, Universitas Negeri Malang

Kutipan: Kriscahyanti S., Humairo, M. V., dan Kurniawan A. Efektivitas Penambahan Substraksi EM4, MOL, dan Eco-enzyme pada Proses Dekomposisi oleh Larva Black Soldier Fly. ASP. Desember 2024: 15(2):13-27

Editor: M. Nirwan

Diterima: 5 November 2024

Revisi: 8 November 2024

Layak Terbit: 14 April 2025

Catatan Penerbit: Aspirator tetap netral dalam hal klaim yurisdiksi di peta yang diterbitkan dan a iliasi kelembagaan.



Hak Cipta: © 2024 oleh penulis.

Jurnal Aspirator diberikan hak untuk menerbitkan berdasarkan lisensi Creative Commons Attribution Share-Alike (CC BY SA) yang memperbolehkan distribusi dan penggunaan artikel ini selama pengakuan yang tepat diberikan kepada penulis.

*Korespondensi Penulis

Email: sila.krishahyanti.2106126@students.um.ac.id

Abstract. Organic waste has significantly increased, especially in Indonesia, reaching 14.73 million tons in 2023. The accumulation of organic waste can serve as a breeding ground for various disease vectors, hence the need for an effective organic waste management system. One economical method that can effectively manage organic waste is the use of decomposer fluids or decomposer organisms such as BSF larvae. This study was conducted to determine whether the addition of Effective Microorganism (EM4), Local Microorganism, and Eco-Enzyme decomposer fluids affects the bioconversion rate of Black Soldier Fly larvae and the quality of the resulting compost. This research is a true experimental study. The variables tested in this study were the type of decomposer fluid substrate as the independent variable and the Waste Reduction Index, Substrate Consumption, and compost residue quality as dependent variables. This study tested the influence and differences in variants between variable X and variables Y1 and Y2 using Exponential Regression Test and ANOVA Test. The highest WRI value (16.11%/day) was obtained from the eco-enzyme group, and the highest SC value was obtained from the eco-enzyme group (96.65%). Based on the results of the Exponential Regression Test, it was found that the administration of decomposer fluid substrates has a very strong positive correlation with WRI and SC values. Based on the results of the ANOVA test, it was found that there were significant differences between the independent variable and the dependent variable. And the quality of the compost residue from the 4 experimental groups met the SNI 19-7030-2004 standard. This study concludes that the administration of decomposer fluid substrates in the BSF larvae decomposition process has a strong influence on WRI, SC, and compost residue quality.

Keywords: Larva Black Soldier Fly, Decomposition, Decomposer, Bioconversion, Organic Waste

Abstrak. Timbulan limbah organik mengalami peningkatan yang signifikan terutama di Indonesia yang mencapai 14,73 juta ton per tahun 2023. Penumpukkan limbah organik ini dapat menjadi tempat perkembangbiakan bagi berbagai vektor penyakit, maka dari perlu dilakukan sistem pengelolaan limbah organik. Salah satu metode yang ekonomis dan mampu mengelola limbah organik dengan baik ialah penggunaan bantuan cairan dekomposer maupun organisme pengurai seperti larva *Black Soldier Fly*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan cairan dekomposer *Effective Microorganism 4*, *Local Microorganism*, dan *Eco-Enzyme* memiliki pengaruh terhadap kecepatan biokonversi larva *Black Soldier Fly* serta kualitas kompos yang dihasilkan. Metode penelitian ini merupakan penelitian *true experiment*. Variabel yang diuji dalam penelitian ini adalah jenis substraksi cairan dekomposer sebagai variabel independen dan nilai *Waste Reduction Index*, *Substrate Consumption*, dan kualitas residu kompos sebagai variabel dependen. Penelitian ini menguji pengaruh dan perbedaan varian antara variabel X dengan variabel Y1 dan Y2 dengan Uji Regresi Eksponensial dan Uji Annova. Perolehan nilai WRI (16,11%/hari) tertinggi yaitu kelompok *eco-enzyme* dan perolehan nilai SC yaitu kelompok *eco-enzyme* (96,65%). Berdasarkan hasil uji Regresi Eksponensial didapatkan hasil bahwa pemberian substraksi cairan dekomposer berpengaruh sangat kuat dengan hubungan positif dengan nilai WRI dan SC. Berdasarkan hasil uji Annova didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan signifikan antara variabel independen dengan variabel dependen. Dan kualitas residu kompos dari 4 kelompok eksperimen memenuhi standar SNI 19-7030-2004. Penelitian ini dapat menyimpulkan bahwa pemberian substraksi cairan dekomposer pada proses dekomposisi larva BSF memberikan pengaruh kuat terhadap nilai WRI, SC, dan kualitas residu kompos.

Kata Kunci: Larva BSF, Dekomposisi, Dekomposer, Biokonversi, Limbah Organik

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah populasi penduduk di dunia memicu adanya peningkatan limbah yang dihasilkan. disertai dengan peningkatan gaya hidup dan gaya konsumsi manusia menimbulkan peningkatan timbunan sampah makanan yang berdampak terhadap berbagai masalah.¹ Permasalahan yang dapat timbul diantaranya ialah penurunan kualitas lingkungan dengan munculnya berbagai polutan serta pencemar dari tumpukan sampah organik yang tidak terkelola serta permasalahan kesehatan yang timbul dari kemunculan berbagai patogen akibat kondisi tumpukan sampah yang mendukung.^{2,3} Timbunan limbah makanan ataupun limbah organik ini seringkali dianggap sebagai hasil sisa proses konsumsi yang tidak lagi memiliki nilai ekonomis sehingga banyak dari negara di dunia yang belum melakukan pengelolaan limbah organik ini dengan benar.⁴ Jumlah limbah makanan yang dihasilkan pada tahun 2022 mencakup sektor produksi (retail), konsumsi, hingga rumah tangga mencapai 1,05 miliar ton. Keseluruhan jumlah tersebut terdapat 631 miliar ton sampah makanan yang terbuang pada sektor rumah tangga.⁵

Berdasarkan data *Food Waste Index Report 2024* oleh *United Nations Environment Programme (UNEP)*, Indonesia menempati urutan pertama negara yang menghasilkan limbah makanan tertinggi diantara negara-negara di Asia Tenggara. Tercatat bahwa diperkirakan jumlah timbunan limbah makanan Indonesia per tahun 2023 mencapai 14,73 juta ton.⁵ Demikian dalam data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) per bulan September 2024 terdapat 38,24 juta ton sampah yang ditimbulkan dengan komposisi sampah terbesar ialah sampah sisa makanan (39,87%) dan sumber sampah terbesar berasal dari sampah rumah tangga (50,78%). Berdasarkan total jumlah timbunan sampah yang dihasilkan per September 2024 terdapat 38,21% sampah yang belum terkelola.⁶ Kondisi ini dapat mencerminkan masih rendahnya kualitas lingkungan di Indonesia. Rendahnya kualitas lingkungan dapat mempengaruhi tingkat derajat kesehatan seperti yang dijelaskan dalam teori determinan kesehatan oleh Hendrik L Blum. Dijelaskan bahwa faktor lingkungan memegang presentase terbesar dari ketiga faktor lain yaitu faktor perilaku, faktor pelayanan kesehatan, dan faktor genetika.⁷ Permasalahan ini memerlukan upaya pengelolaan limbah terutama pada lingkup rumah tangga sebagai lingkup terkecil dalam masyarakat.

Terdapat berbagai metode dalam upaya pengelolaan limbah makanan. Salah satu upaya tersebut ialah penggunaan larva *Black Soldier Fly* sebagai organisme yang dinilai mampu menguraikan sampah organik secara efektif.⁸ *Black Soldier Fly* yang memiliki nama ilmiah *Hermetia illucens* merupakan lalat yang berasal dari Amerika, namun dapat ditemukan di sebagian besar negara Asia termasuk Indonesia.⁹ Larva *Black Soldier Fly* mampu mengonsumsi atau menguraikan sampah organik sebanyak dua hingga empat kali lebih besar dari massa tubuhnya.¹⁰ Proses penguraian sampah organik oleh larva *Black Soldier Fly* ini dapat dihasilkan pupuk kompos organik.¹¹ Nutrisi yang diperoleh larva *Black Soldier Fly* dari limbah organik yang dikonsumsi akan dikonversi menjadi biomassa dalam tubuhnya sehingga larva *Black Soldier Fly* juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak.¹² Berdasarkan pernyataan tersebut larva *Black Soldier Fly* dapat menjadi pilihan efektif dalam pengelolaan limbah organik, terlebih lagi kebermanfaatannya yang luas dan ekonomis.¹³

Upaya pengelolaan limbah organik selain menggunakan metode larva *Black Soldier Fly*, terdapat metode dekomposisi dengan menggunakan bahan cairan atau substraksi pengurai (dekomposer). Cairan dekomposer yang biasa digunakan masyarakat dalam proses dekomposisi ialah cairan *Effective Microorganism 4 (EM4)*. *Effective Microorganism 4 (EM4)* dapat dijadikan sebagai bahan dekomposer atau aktivator dalam proses pengomposan sampah organik dengan kelebihan dalam mempercepat atau mempersingkat waktu dekomposisi.¹⁴ Selain itu juga terdapat cairan *Local Microorganism* dan *Eco-Enzyme* yang memiliki kegunaan yang serupa dengan *Effective Microorganism*

4 (EM4) namun masih jarang diketahui masyarakat luas.¹⁵ *Local Microorganism* merupakan bahan fermentasi dari bahan organik dengan penambahan molase sebagai sumber glukosa dan air tajin sebagai sumber karbohidrat yang difermentasi selama 7-14 hari.¹⁶ Hampir sama seperti *Local Microorganism*, cairan *Eco-enzyme* merupakan hasil fermentasi limbah sayur dan buah yang cenderung memiliki aroma harum sehingga lebih sering digunakan sebagai cairan pembersih alami.¹⁷ Penelitian yang dilakukan oleh Setyorini pada 2023, diperoleh hasil bahwa adanya penambahan *eco-enzyme* dalam proses pengomposan berpengaruh signifikan terhadap kecepatan terbentuknya kompos serta kualitas kadar Nitrogen, Phospor, Kalium pada kompos. Penggunaan cairan dekomposer pada proses fermentasi limbah organik cenderung melunakkan dan meningkatkan kadar air yang ada pada limbah organik.¹⁸ Limbah organik yang bersifat lunak dan memiliki kadar air yang tinggi sangat disukai larva *Black Soldier Fly*.¹⁹

Terdapat beberapa penelitian yang menguji efektifitas penggunaan cairan dekomposer *Effective Microorganism (EM4)* dan *Local Microorganism* dalam media pakan larva *Black Soldier Fly* dan terbukti berpengaruh terhadap kecepatan biokonversi hingga kualitas pertumbuhan larva *Black Soldier Fly*.^{20,21} Penelitian yang membandingkan penggunaan cairan dekomposer *Effective Microorganism (EM4)* dan *Local Microorganism* dengan *Eco-Enzyme* masih belum dijumpai. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah penambahan cairan dekomposer *Effective Microorganism (EM4)*, *Local Microorganism*, dan *Eco-Enzyme* memiliki pengaruh terhadap kecepatan biokonversi larva *Black Soldier Fly*, tingkat konsumsi substrat larva *Black Soldier Fly*, serta kualitas kompos yang dihasilkan.

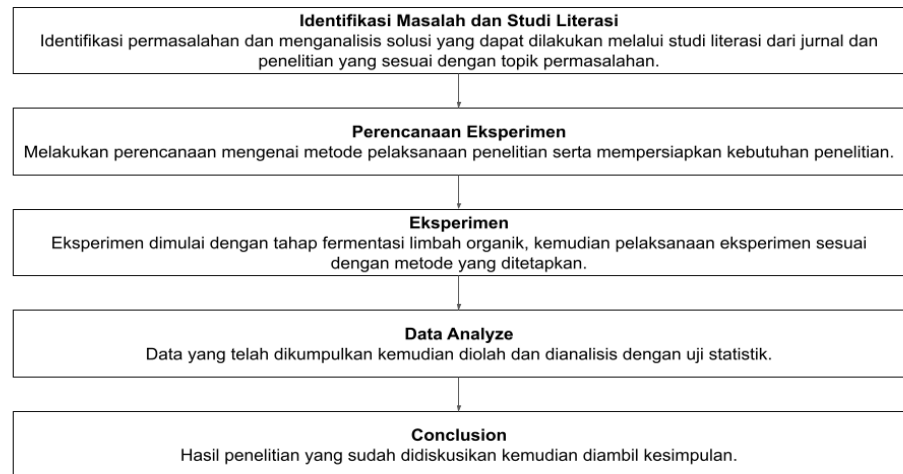
METODE

Penelitian ini memiliki desain eksperimen sejati (*True Experimental Design*) dengan metode *post-test only control group design*. Desain penelitian eksperimen ini dipilih karena dalam penelitian ini terdapat kelompok intervensi yang diberikan perlakuan dan kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan dalam lingkungan yang homogen (22). Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Universitas Negeri Malang dengan nomor 13.08.2/UN32.14.2.8/LT/2024.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menguji efektifitas proses dekomposisi sampah organik oleh larva *Black Soldier Fly* serta kualitas residu kompos apabila dilakukan penambahan cairan dekomposer *Effective Microorganism 4*, *Local Microorganism*, dan *Eco-Enzyme*. Efektivitas dari proses dekomposisi limbah organik oleh larva *Black Soldier Fly* dapat diketahui melalui analisis *Waste Reduction Index* serta *Substrate Consumption*.²³ Variabel independen dalam penelitian ini ialah jenis cairan dekomposer meliputi *Effective Microorganism 4*, *Local Microorganism*, dan *Eco-Enzyme* sedangkan variabel dependen yang diteliti ialah *Waste Reduction Index*, *Substrate Consumption*, dan kualitas residu kompos. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 hingga 20 September 2024 dan berlokasi di Podo Joyo Farm Kota Malang. Pelaksanaan penelitian ini melalui tahapan perencanaan, persiapan, eksperimen, analisis data, dan penarikan kesimpulan (Gambar 1).

Kelompok Eksperimen

Sampel penelitian ini terdiri dari 3 kelompok eksperimen dan 1 kelompok kontrol. Kelompok kontrol (P0) merupakan kelompok larva dengan sampah organik tanpa penambahan cairan dekomposer. Kelompok perlakuan merupakan kelompok larva dengan sampah organik dengan penambahan cairan dekomposer *Effective Microorganism 4* (P1), *Local Microorganism* (P2), dan *Eco-Enzyme* (P3). Cairan substraksi EM4 dan *Eco-enzyme* dalam penelitian ini diperoleh dari toko pertanian dan peternakan, sedangkan cairan *Local Microorganisme* diperoleh dari hasil fermentasi limbah sayur selama 14 hari.



Gambar 1. Alur penelitian

Limbah organik yang digunakan dalam penelitian ini ialah sampah pasar yang terdiri dari sampah sayur dan buah. Limbah pasar sayur dan buah dianggap baik dan disukai oleh larva *Black Soldier Fly* karena memiliki kandungan air yang cukup tinggi.²⁴ Larva *Black Soldier Fly* yang digunakan sebagai subjek dalam penelitian ini ialah larva dengan usia 7-10 hari karena pada usia tersebut sistem pencernaan larva *Black Soldier Fly* sudah mampu bekerja dengan optimal.²⁵ Pada setiap kelompok eksperimen digunakan jumlah larva dan limbah organik yang sama, yaitu 100 gram larva dengan 250 gram limbah organik di setiap kelompok eksperimen. Proporsi jumlah antara larva dan limbah organik ini diketahui efektif dalam proses dekomposisi limbah organik selama 7 hari.²⁶

Tabel 1. Kelompok Eksperimen

Kelompok	Ulangan	Jumlah Larva (gr)	Jumlah Limbah Organik (g)	Jumlah Cairan Dekomposer (ml)	
Kelompok Kontrol	(P0)	6	100	250	-
Kelompok <i>Effective Microorganism 4</i>	(P1)	6	100	250	3
Kelompok <i>Local Microorganism</i>	(P2)	6	100	250	7,5
Kelompok <i>Eco-Enzyme</i>	(P3)	6	100	250	5

Untuk menghindari hasil yang bias akibat dari faktor diluar perlakuan maka diperlukan adanya pengulangan perlakuan (27). Jumlah pengulangan diperoleh melalui perhitungan derajat bebas galat dalam persamaan (1).

$$\begin{aligned}
 t(r-1) &\geq \text{dbgalat} \quad (1) \\
 3(r-1) &\geq 15 \\
 3r &\geq 18 \\
 r &\geq 6
 \end{aligned}$$

Dari penghitungan ulangan menggunakan perhitungan derajat bebas galat didapatkan hasil sebanyak 6 kali pengulangan. Maka jumlah total data yang diperoleh dari 1 kelompok kontrol dan 3 kelompok perlakuan dengan 6 kali pengulangan ialah 24 kelompok perlakuan (Tabel 1).

Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran data perubahan berat limbah organik setiap hari serta pengukuran kualitas residu kompos. Pengukuran berat limbah organik dimulai dari hari pertama pemberian limbah organik pada larva hingga limbah terurai seluruhnya. Hasil dari penghitungan berat limbah organik kemudian

diolah untuk memperoleh parameter yang diteliti yaitu parameter *Waste Reduction index*, *Substrate Consumption*, dan kualitas residu kompos (bau, warna, suhu, pH, dan kelembaban). Parameter *Waste Reduction Index* merepresentasikan kemampuan larva dalam mengonsumsi (mendegradasi) substrat terhadap periode pemberian pakan, dimana nilai WRI yang tinggi menandakan kemampuan larva dalam mereduksi sampah organik juga tinggi.²⁸ Parameter *Waste Reduction Index* dapat dihitung melalui persamaan berikut:²

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100\% \quad (2)$$

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

Keterangan:

WRI : *Waste Reduction Index* (%/hari)

W : jumlah sampah sebelum terdegradasi (g)

R : jumlah residu (g)

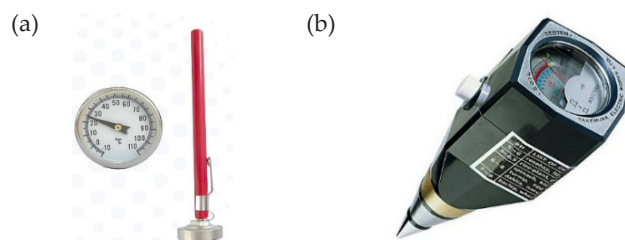
D : tingkat degradasi sampah

t : total waktu larva untuk mendegradasi (hari)

Sedangkan parameter *Substrate Consumption* merepresentasikan jumlah substrat pakan atau dalam penelitian ini adalah limbah organik yang mampu dikonsumsi (degradasi) oleh larva *Black Soldier Fly* selama masa penelitian.²⁸ Penghitungan *Substrate Consumption* dapat diperoleh dengan persamaan.³

$$SC = \frac{\text{Masa Pakan Awal} - \text{Massa Pakan Akhir}}{\text{Masa Pakan Awal}} \times 100\% \quad (3)$$

Parameter yang terakhir yaitu kualitas residu kompos akan diukur pada hari terakhir setelah terbentuknya kompos atau terurainya limbah organik. Parameter kualitas residu kompos meliputi bau, warna, suhu, pH, dan kelembaban. Parameter suhu akan diukur menggunakan instrumen *soil thermometer* dan parameter pH serta kelembaban akan diukur menggunakan instrumen *soil moisture tester* (Gambar 2). Sedangkan parameter bau dan warna merupakan parameter fisik yang akan diamati melalui panca indra peneliti (organoleptik). Skala dalam pengukuran bau terdiri dariskala 1-3 yang meliputi bau asli dengan skala 1, bau busuk dengan skala 2, dan bau seperti tanah dengan skala 3. Skala dalam pengukuran warna terdiri dariskala 1-3 yang meliputi warna asli dengan skala 1, warna hijau kekuningan dengan skala 2, dan warna



coklat kehitaman seperti tanah dengan skala 3.

Gambar 2. Instrumen pengukuran kualitas kompos
(a. soil thermometer; b. soil moisture tester)

Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis melalui *software IBM statistic SPSS* versi 24 menggunakan uji statistik Uji Komparasi *oneway* Anova dan Uji Korelasi Regresi Eksponensial dengan derajat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Sedangkan untuk data kualitas residu kompos akan dianalisis secara deskriptif dengan mengacu pada baku mutu kualitas kompos organik dalam SNI 19-7030-2004 (Tabel 2).

Tabel 2. Baku Mutu Kualitas Kompos Berdasarkan SNI 19-7030-2004

Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
Kadar Air	%	-	50
pH	-	6,8	7,49
Bau			Berbau Tanah
Warna			Kehitaman
Suhu	°C	-	Suhu Air Tanah

HASIL

Masa penelitian ini dilaksanakan selama 20 hari dengan masa pengamatan dan eksperimen proses biokonversi dan dekomposisi limbah organik oleh larva *Black Soldier Fly* selama 9 hari. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga seluruh limbah organik terurai. Hasil dari pengamatan kemudian diolah berdasarkan data parameter yang dibutuhkan.

Parameter Waste Reduction Index (WRI)

Data pengamatan berupa pengukuran berat limbah organik setiap hari selama 9 hari berturut-turut kemudian dihitung menggunakan persamaan *Waste Reduction Index* (WRI). Penghitungan WRI dari 4 kelompok eksperimen diperoleh berdasarkan rerata 6 kali pengulangan. Penghitungan parameter digunakan data 6 hari pada awal masa pengamatan untuk dapat memberikan gambaran perbandingan berdasarkan waktu yang seragam.

Tabel 3. Nilai Waste Reduction Index (WRI)

Kelompok	Limbah (gr)	Residu (gr)	Reduksi (gr)	Durasi (hari)	Mean	Std. Deviasi	WRI (%/hari)
Kelompok Kontrol	250	61,42	188,58	6	14,39	1,51	12,57
Kelompok Effective Microorganism 4	250	40,98	209,02				13,93
Kelompok Local Microorganism	250	25,76	224,24				14,95
Kelompok Eco-Enzyme	250	8,39	241,62				16,11

Berdasarkan hasil penghitungan nilai WRI kelompok kontrol memperoleh nilai WRI terendah yaitu 12,57%/hari dan kelompok perlakuan *Eco-enzyme* memperoleh nilai WRI tertinggi yaitu 16,11%/hari (Tabel 3).

Parameter Substrate Consumption (SC)

Data pengukuran berat limbah organik yang telah didapat selama 9 hari berturut-turut kemudian dihitung menggunakan persamaan *Substrate Consumption* (SC). Penghitungan SC dari 4 kelompok eksperimen diperoleh berdasarkan rerata 6 kali pengulangan.

Tabel 4. Nilai Substrate Consumption (SC)

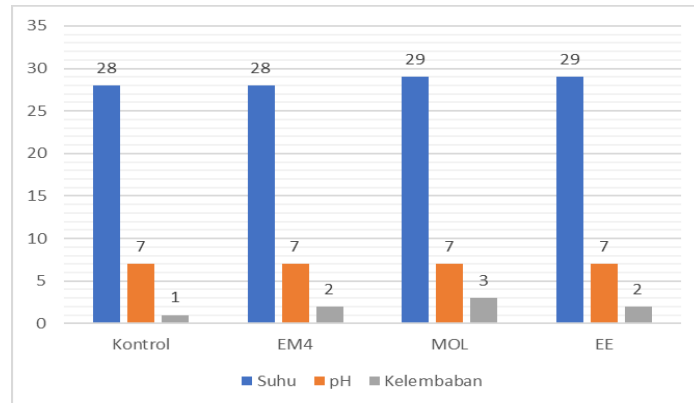
Kelompok	Limbah (gr)	Residu (gr)	Reduksi (gr)	Mean	Std. Deviasi	SC (%)
Kelompok Kontrol	250	61,42	188,58	86,35	9,02	75,43
Kelompok Effective Microorganism 4	250	40,98	209,02			83,61
Kelompok Local Microorganism	250	25,76	224,24			89,70
Kelompok Eco-Enzyme	250	8,39	241,62			96,65

Berdasarkan hasil penghitungan nilai SC diketahui bahwa kelompok kontrol memperoleh nilai SC terendah yaitu 75,43% dan kelompok perlakuan *Eco-enzyme* memperoleh nilai SC tertinggi yaitu 96,65% (Tabel 4).

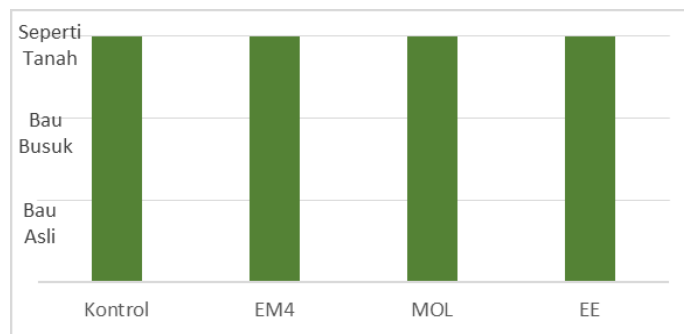
Parameter Kualitas Residu Kompos

Residu kompos atau hasil dekomposisi limbah organik diperoleh ketika proses biokonversi selesai. Residu kompos ini diukur pada hari pengamatan dengan parameter

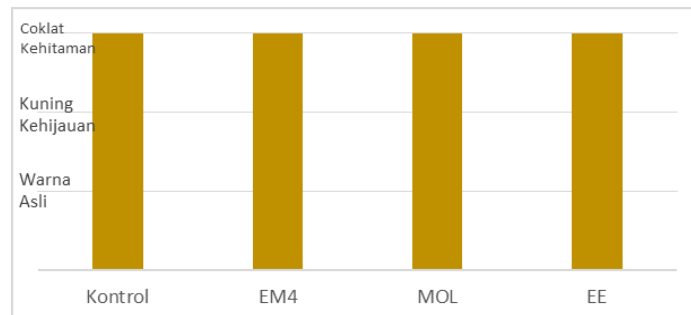
yang diukur yaitu Bau, Warna, Suhu, pH, dan Kelembaban. Instrumen yang digunakan ialah *soil thermometer* untuk mengukur suhu dan *soil moisture tester* untuk mengukur pH dan Kelembaban, sedangkan parameter Bau Warna diukur secara organoleptik.



Gambar 3. Nilai Kualitas Kompos (Suhu, pH, Kelembaban)



Gambar 4. Nilai Kualitas Kompos Parameter Bau



Gambar 5. Nilai Kualitas Kompos Parameter Warna

Pengukuran parameter kualitas kompos dari 4 kelompok eksperimen berdasarkan rerata 6 pengulangan. Berdasarkan hasil pengukuran seluruh kelompok memiliki hasil parameter bau, warna, dan pH yang seragam (Gambar 3,4, dan 5). Namun pada hasil dari parameter suhu dan kelembaban terdapat perbedaan. Pada parameter suhu kelompok dengan suhu tertinggi diperoleh kelompok *local microorganism* dan *eco-enzyme*. Kelompok yang memperoleh suhu terendah yaitu kelompok kontrol dan EM4 (Gambar 3). Pada hasil pengukuran parameter kelembaban, kelompok *local microorganism* memiliki tingkat kelembaban tertinggi dan kelompok kontrol memiliki tingkat kelembaban terendah (Gambar 3).

Uji Statistika

Data yang diperoleh dari 4 kelompok eksperimen dengan 6 pengulangan ialah sejumlah 24 kelompok data. Berdasarkan uji normalitas *Shapiro-wilk* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,20 dimana angka ini memenuhi asumsi uji normalitas *Shapiro-wilk* ($p > 0,05$).

Uji Annova

Uji homogenitas dengan uji *levene-test* diperoleh hasil signifikansi sejumlah 0,031 dimana angka ini tidak memenuhi asumsi uji homogenitas yaitu $p > 0,05$. Maka dari itu uji lanjut yang akan dilakukan ialah uji *PostHoc* (*Games-Howell*).

Tabel 5. Distribusi Nilai WRI Berdasarkan Jenis Perlakuan

Variabel Independen	Mean	Std. Deviasi	Std. Error	CI 95%	P Value
Kontrol	12.05	0.91	0.37	11.09 - 13.00	0.000
Effective Microorganism 4	15.23	0.95	0.39	14.24 - 16.22	
Local Microorganism	15.65	1.96	0.80	13.59 - 17.70	
Eco-Enzyme	19.26	0.30	0.12	18.95 - 19.58	

Tabel 6. Distribusi Nilai SC Berdasarkan Jenis Perlakuan

Variabel Independen	Mean	Std. Deviasi	Std. Error	CI 95%	P Value
Kontrol	60.23	4.55	1.86	55.45 - 65.00	0.000
Effective Microorganism 4	76.14	4.73	1.93	71.18 - 81.10	
Local Microorganism	78.25	9.79	3.99	67.97 - 88.52	
Eco-Enzyme	96.31	1.50	0.61	94.74 - 97.88	

Hasil signifikansi yang diperoleh dari uji Annova nilai *Waste Reduction Index* berdasarkan jenis perlakuan diperoleh signifikansi sejumlah $0,000 < 0,05$ yang artinya terdapat perbedaan signifikan antara jenis substraksi cairan dekomposer terhadap nilai *Waste Reduction Index* (Tabel 5). Demikian juga analisis uji Annova nilai *Substrate Consumption* berdasarkan jenis perlakuan diperoleh nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ yang artinya terdapat perbedaan signifikan antara perlakuan jenis substraksi cairan dekomposer terhadap nilai *Substrate Consumption* (Tabel 6). Karena hasil uji Annova menunjukkan adanya perbedaan signifikan, maka dilakukan uji lanjutan *PostHoc* (*Games-Howell*) untuk mengetahui letak perbedaan antarvariabel (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil Uji PostHoc (*Games-Howell*)

Variabel Dependen	Perlakuan	P Value
WRI	Kontrol	EM4 0.001
		MOL 0.019
		Eco-Enzyme 0.000
	EM4	Kontrol 0.001
		MOL 0.962
		Eco-Enzyme 0.000
	MOL	Kontrol 0.019
		EM4 0.962
		Eco-Enzyme 0.022
	Eco-Enzyme	Kontrol 0.000
		EM4 0.000
		MOL 0.022
SC	Kontrol	EM4 0.001
		MOL 0.019
		Eco-Enzyme 0.000
	EM4	Kontrol 0.001
		MOL 0.962
		Eco-Enzyme 0.000
	MOL	Kontrol 0.019
		EM4 0.962
		Eco-Enzyme 0.022
	Eco-Enzyme	Kontrol 0.000
		EM4 0.000
		MOL 0.022

Dari hasil uji lanjutan *PostHoc* (*Games-Howell*) menunjukkan hasil bahwa nilai *Waste Reduction Index* dan *Substrate Consumption* yang diperoleh kelompok EM4 dan kelompok *local microorganism* tidak menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p\text{ value} > 0,05$) (Tabel 7).

Uji Regresi Eksponensial

Data yang diperoleh tidak memenuhi asumsi linier oleh karena itu digunakan uji regresi eksponensial yang merupakan uji regresi non linier. Pemilihan uji regresi eksponensial diantara uji regresi non linier lainnya karena nilai standar error nya yang rendah yaitu 0,016.

Tabel 8. Analisis Regresi Eksponensial Perlakuan dengan WRI dan SC

Variabel (y)	r	R ²	Persamaan Garis Eksponensial	P Value
Waste Reduction Index	0.882	0.777	$\hat{y} = 12,328. e^{0,144X}$	0.000
Substrate Consumption	0.882	0.777	$\hat{y} = 61,638. e^{0,144X}$	0.000

Hasil dari uji korelasi dengan menggunakan regresi eksponensial diperoleh nilai signifikansi sejumlah $0,000 < 0,05$ yang memiliki arti H_0 ditolak dan H_a diterima sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh signifikan antara jenis substraksi cairan dekomposer dengan nilai *Waste Reduction Index* dan *Substrate Consumption*. Dari adanya hubungan tersebut juga diperoleh nilai koefisien r sejumlah 0,882 dan berpola positif yang memiliki arti bahwa antar variabel tersebut memiliki hubungan positif yang sangat kuat. Sedangkan nilai koefisien determinasi kuadrat memiliki makna bahwa persamaan regresi yang diperoleh menerangkan 77,7% variasi jenis substraksi cairan dekomposer (Tabel 8).

PEMBAHASAN

Parameter *Waste Reduction Index* (WRI)

Penelitian ini memukan bahwa penambahan substraksi cairan dekomposer pada pakan sampah organik (substrat) larva *Black Soldier Fly* memberikan perbedaan hasil terhadap nilai *Waste Reduction Index* (Tabel 5). Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa penambahan substraksi cairan dekomposer berpengaruh kuat secara positif terhadap nilai *Waste Reduction Index*. Nilai *Waste Reduction Index* ini merepresentasikan seberapa besar kemampuan larva *Black Soldier Fly* dalam mengurangi (mereduksi) massa limbah organik berdasarkan periode waktu pemberian limbah organik.³⁰ Diketahui bahwa kelompok perlakuan *eco-enzyme* memperoleh nilai *Waste Reduction Index* tertinggi. Hal ini dapat diartikan bahwa proses reduksi limbah organik yang dilakukan oleh larva *Black Soldier Fly* semakin efisien sehingga waktu yang diperlukan juga relatif singkat.³¹

Eco-enzyme merupakan produk hasil fermentasi dari bahan sampah organik yang memiliki bau harum khas seperti sampah buah dengan kondisi yang masih baik (belum membusuk) serta campuran air dan molase.³² Perbandingan komposisi bahan molase, sampah organik, dan air yang digunakan dalam pembuatan *eco-enzyme* adalah 1:3:10. Masa fermentasi *eco-enzyme* dapat memakan waktu hingga tiga bulan untuk dapat menghasilkan larutan yang matang.³³ Komposisi bahan serta lama waktu fermentasi ini menentukan kandungan yang ada dalam *eco-enzyme* (34). Kandungan yang ada dalam *eco-enzyme* pada umumnya meliputi nutrisi makro (Nitrogen, Phospor, Kalium), enzim (amilase, protease, lipase, tanase, pitase), asam organik (asam asetat dan asam laktat), serta senyawa organik lainnya (flavonoid, alkaloid, saponin, fenolik).^{35,36}

Berbagai enzim yang terkandung dalam *eco-enzyme* ini memiliki peranan besar dalam penguraian bahan organik dalam limbah organik dengan cepat. Beberapa diantaranya ialah pemecahan pati menjadi glukosa sederhana oleh enzim amilase, pemecahan lemak menjadi asam lemak dan gliserol oleh enzim lipase, serta pemecahan protein menjadi asam amino oleh tripsin dan protease.³⁷ Dengan pemberian substraksi *eco-enzyme* pada limbah organik (pakan) larva *Black Soldier Fly* dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik dalam limbah melalui bantuan enzim yang terkandung dalam *eco-enzyme*.³⁸

Parameter *Substrate Consumption* (SC)

Penelitian ini juga memperoleh temuan bahwa penambahan substraksi cairan dekomposer pada pakan sampah organik (substrat) larva *Black Soldier Fly* memberikan perbedaan hasil serta pengaruh kuat yang positif terhadap nilai *Substrat Consumption* (Tabel 6). Perbedaan antar varians multivariat terletak pada hampir seluruh kelompok perlakuan terhadap nilai *Waste Reduction Index* dan *Substrate Consumption*. Namun, berdasarkan uji lanjut *PostHoc* (*Games-Howell*) terdapat satu pasangan kelompok yang tidak memiliki perbedaan signifikan, yaitu kelompok kontrol dengan kelompok EM4 (Tabel 7). Kondisi ini juga bisa terlihat dalam selisih nilai *Waste Reduction Index* dan *Substrate Consumption* pada kelompok kontrol dan kelompok EM4 yang memiliki selisih relatif lebih sedikit dibandingkan antara selisih kelompok lain (Tabel 3 dan 4).

Nilai *Substrate Consumption* merupakan parameter yang menunjukkan seberapa banyak limbah organik yang dapat dikonsumsi (degradasi) oleh larva *Black Soldier Fly*.³⁹ Diketahui bahwa kelompok perlakuan *eco-enzyme* memiliki nilai *substrate consumption* paling tinggi diantara kelompok perlakuan lainnya (Tabel 4). Dan demikian juga dengan perolehan nilai *Waste Reduction Index* (Tabel 3). Hal ini dapat menyatakan bahwa nilai *Waste Reduction Index* berbanding lurus dengan nilai *Substrate Consumption*.⁴⁰ Proses fermentasi limbah organik oleh *eco-enzyme* ini meningkatkan kadar air pada limbah organik yang menjadikan limbah tersebut bersifat *slurry*.⁴¹ Kondisi limbah organik yang berair atau *slurry* ini disukai oleh larva *Black Soldier Fly* karena lebih mudah untuk dicerna oleh larva *Black Soldier Fly*.⁴²

Kandungan yang ada dalam *eco-enzyme* terdiri dari enzim pengurai seperti amilase, lipase, tripsin, protease, tanase, serta pitase yang dapat membantu proses pemecahan bahan organik dalam limbah organik menjadi senyawa yang lebih sederhana.⁴³ Senyawa organik yang lebih sederhana ini membantu proses pencernaan (biokonversi) yang dilakukan oleh larva *Black Soldier Fly*.⁴⁴ Apabila kandungan dalam *eco-enzyme* sebagian besar penyusunnya adalah enzim pengurai senyawa, dalam cairan dekomposer EM4 dan *local microorganism* memiliki kandungan mikroorganisme pengurai yang lebih besar.⁴⁵ EM4 mengandung mikroorganisme pengurai yang sangat banyak mencapai sekitar 80 jenis mikroorganisme beberapa diantaranya seperti *streptomyces* sp. dan *lactobacillus* sp.⁴⁶ Demikian pula dengan *local microorganism* yang mengandung mikroorganisme dan bakteri pengurai senyawa organik serta unsur hara seperti N, P, K, Zn, Cu, Mn, dan Fe.⁴⁷

Parameter Kualitas Residu Kompos

Parameter Bau

Parameter bau dalam pengukuran ini terdiri dari 3 skala. Skala 1 mengindikasikan kompos memiliki bau asli limbah organik atau belum mengalami perubahan, skala 2 mengindikasikan kompos memiliki bau limbah organik yang mulai membusuk, dan skala 3 mengindikasikan kompos memiliki bau seperti tanah. Seluruh kelompok perlakuan pada penelitian ini memiliki bau residu kompos yang sama yaitu menyerupai bau tanah (Gambar 3). Berdasarkan SNI 19-7030-2004 bau kompos yang menyerupai bau tanah menunjukkan bahwa kompos tersebut dapat dikatakan matang berdasarkan baunya (Tabel 2).

Adanya perubahan bau yang awalnya berbau seperti limbah organik dan perlahan berubah menjadi bau busuk hingga berbau menyerupai tanah menandakan terjadinya proses dekomposisi. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya mikroba dalam cairan dekomposer yang mampu memecah ikatan nitrogen dalam ammonia yang menyebabkan bau pada kompos.⁴⁸ Selain itu adanya kandungan flavonoid dan fenolik pada *eco-enzyme* yang berperan sebagai antioksidan dan antibakteri mampu menghilangkan bau busuk dalam proses dekomposisi.⁴⁹ Selain itu proses biokonversi yang dilakukan oleh larva *Black Soldier Fly* mampu mengubah senyawa ammonia dan *hydrogen sulfida* menjadi

senyawa yang lebih stabil dan berakibat pada pengurangan bau busuk.⁵⁰

Parameter Warna

Parameter warna dalam pengukuran ini memiliki 3 skala. Skala 1 mengindikasikan warna kompos seperti warna asli dari limbah organik, skala 2 mengindikasikan warna kompos berubah menjadi kuning kecoklatan, dan skala 3 mengindikasikan warna kompos berubah menjadi coklat kehitaman seperti tanah. Seluruh kelompok perlakuan pada penelitian ini memiliki hasil residu kompos dengan warna kehitaman seperti tanah (Gambar 4). Berdasarkan SNI 19-7030-2004 warna kompos yang kehitaman menyerupai tanah menunjukkan bahwa kompos tersebut dapat dikatakan matang berdasarkan warnanya (Tabel 2). Perubahan warna pada proses dekomposisi ini menandakan adanya aktivitas mikroba maupun organisme yang mengakibatkan peningkatan suhu dan menghasilkan warna coklat kehitaman.⁵¹

Parameter Suhu

Pengukuran residu kompos yang telah dilakukan, diketahui bahwa seluruh kelompok perlakuan pada penelitian ini memiliki rentang suhu pada 28°C - 29°C. Dan kelompok yang memperoleh suhu tertinggi ialah kelompok *local microorganism* dan *eco-enzyme* dengan suhu 29 °C (Gambar 2). Hasil ini sesuai dengan ketentuan pada SNI 19-7030-2004 dimana suhu maksimum pada kompos yaitu 30 °C (suhu air tanah) (Tabel 2). Parameter suhu dapat menunjukkan performa mikroba pada proses dekomposisi. Kenaikan suhu dapat menandakan bahwa suatu proses dekomposisi berjalan optimal.⁵² Pada proses dekomposisi yang dilakukan oleh larva *Black Soldier Fly* mengalami peningkatan pada awal proses pengomposan dan mulai menurun seiring dengan terurainya limbah organik. Hal ini dapat dipengaruhi oleh jumlah limbah organik (substrat) yang berpengaruh terhadap performa konsumsi dari larva *Black Soldier Fly* yang juga dapat dilihat dari nilai *Substrate Consumption* serta *Waste Reduction Index*.⁵³

Parameter Kelembaban

Pengukuran kelembaban menggunakan instrument *soil moisture tester* memiliki tingkat kelembaban dengan rentang antara 1 hingga 8. Semakin tinggi nilai yang didapatkan maka semakin tinggi tingkat kelembabannya. Kelompok *local microorganism* memiliki tingkat kelembaban tertinggi dengan nilai 3. Sedangkan kelompok kontrol memiliki tingkat kelembaban terendah dengan nilai 1 (Gambar 2). Penambahan substraksi cairan dekomposer pada limbah organik melalui proses fermentasi dapat meningkatkan kadar air yang juga berpengaruh terhadap kelembaban hasil residu kompos. Dimana hal ini menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme pengurai.⁵⁴ Selain itu, jenis limbah organik yang digunakan juga berpengaruh terhadap kelembaban.⁵⁵

Parameter pH

Nilai pH residu kompos yang diperoleh dari seluruh kelompok perlakuan adalah 7 (netral) (Gambar 2). Berdasarkan SNI 19-7030-2004 nilai pH kompos yang baik ialah 6,8 – 7,49 (Tabel 2). Pada proses dekomposisi terjadinya perubahan pH dapat menunjukkan adanya aktivitas dari mikroorganisme pengurai.⁵⁶ Pada awal proses dekomposisi pH limbah organik akan menjadi asam akibat dari adanya senyawa asam yang terbentuk. Terutama senyawa asam yang ada pada cairan dekomposer yang ditambahkan. Dimana *local microorganism*, *eco-enzyme*, dan EM4 mengandung senyawa asam laktat dan asam asetat.^{57,58}

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara variabel independent dengan variabel dependen secara parsial

dan simultan. Selain itu juga terdapat pengaruh kuat yang positif dari penambahan substraksi cairan dekomposer pada proses dekomposisi larva *Black Soldier Fly* terhadap nilai *Waste Reduction Index* dan *Substrate Consumption*. Dengan perolehan nilai *Waste Reduction Index* (16,11%/hari) tertinggi yaitu kelompok *eco-enzyme* dan perolehan nilai *Substrate Consumption* yaitu kelompok *eco-enzyme* (96,65%). Dan berdasarkan kualitas residu kompos dari 4 kelompok eksperimen memenuhi standar SNI 19-7030-2004.

Rekomendasi yang dapat disampaikan berdasarkan hasil penelitian ini ialah metode pengelolaan limbah organik menggunakan larva *Black Soldier Fly* dapat menjadi alternatif pilihan bagi pemerintah sebagai solusi pengelolaan limbah organik dalam skala besar. Pemerintah dapat melakukan kerja sama dengan pemilik budidaya dari larva *Black Soldier Fly* untuk menciptakan sistem pengelolaan limbah organik yang baik. Metode penggunaan cairan dekomposer juga dapat menjadi pilihan dalam pengelolaan limbah organik skala rumah tangga. Cairan dekomposer *Effective Microorganism 4* dapat diperoleh dengan mudah dari toko pertanian, sedangkan cairan dekomposer *Local Microorganism* dan *Eco-enzyme* dapat diperoleh melalui fermentasi limbah organik yang juga memiliki nilai jual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang utama kepada Ibu Mika Vernicia Humairo, S.KM., M.P.H serta dokter Agung Kurniawan, M.Kes atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini hingga selesai. Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Malang atas bantuan dana yang diberikan dengan skema Hibah Skripsi sehingga kebutuhan fasilitas penelitian dapat tercukupi. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak Podo Joyo Farm yang telah membantu dalam penyediaan subjek dan lokasi penelitian sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

KONTRIBUSI PENULIS

Semua penulis pada artikel ini Sila Kriscahyantu, Mika Vernicia Humairo, dan Agung Kurniawan, memiliki kontribusi yang setara (*equal contribution*). Kontributor utama adalah Sila Kriscahyantu sedangkan Mika Vernicia Humairo, dan Agung Kurniawan berperan sebagai anggota. Detail kontribusi setiap penulis dapat dilihat pada rincian berikut:

Konsep, Metodologi, Visualisasi	: SK, MVH, AK
Kurasi Data, Investigasi, Menulis-Pembuatan Draft	: SK
Analisis Data	: SK, MVH
Supervisi	: MVH

DAFTAR RUJUKAN

1. Kim CH, Ryu J, Lee J, Ko K, Lee JY, Park KY, et al. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in asian countries: A review. *Processes*. 2021;9(1):1–17.
2. United Nations. Global Waste Management Outlook 2024 : Beyond An Age Of Waste [Internet]. 2024. Available from: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>
3. Utami AP, Hasibuan A. Analisis Dampak Limbah/Sampah Rumah Tangga Terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup. *Cross-border*. 2023;6(2):1107–12.
4. Todd ECD, Faour-Klingbeil D. Impact of Food Waste on Society, Specifically at Retail and Foodservice Levels in Developed and Developing Countries. *Foods*. 2024;13(13):1–28.
5. United Nations Environment Programme. Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking progress to halve global food waste [Internet]. UNEP - United Nations Environment Programme. 2024. 1–166 p. Available from: <https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>

6. KLHK. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional [Internet]. 2024. Available from: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
7. Odi Roni Pinontoan, Sumampouw OJ. Dasar Kesehatan Lingkungan [Internet]. 2019. Available from: https://books.google.co.id/s?hl=en&lr=&id=kl3HDwAAQB&oi=fnd&pg=PR5&dq=lingkungan+dan+kesehatan&ots=rQpQv0IyjG&sig=T5I095aSkPyUphVmvLnPf829mK0&redir_esc=y#v=onepage&q=lingkungan dan kesehatan&f=false
8. Kasya YM, Putri FE, Siregar SA. Efektivitas Larva Maggot (Lalat Tentara Hitam/ Black Soldier Fly) sebagai Pengurai Sampah Organik Rumah Tangga. 2023;10(8):2563–70. Available from: <https://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/kesehatan/article/view/10306>
9. Qowasmia FN, Sudartib, Yushardi. Efektivitas Larva Black Soldier Fly (Maggot) sebagai Metode Alternatif Penguraian Sampah Organik. J Teknol Pendidik Dan Pembelajaran. 2023;01(01):179–84.
10. Yulianingsih I, Yani I. Efektivitas larva black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) dalam pengomposan sampah organik. Filogeni J Mhs Biol. 2023;3(3):149–53.
11. Ramadansur R, Dinata M, Rikizaputra R. Aplikasi Pemanfaatan Maggot (Larva) Sebagai Pengurai Sampah Rumah Tangga. COMSEP J Pengabdian Kpd Masy. 2021;2(2):184–8.
12. Bay MM, Mantolas Y, Pakaenoni G. Efektivitas Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam Mereduksi Pakan Limbah Organik Sawi Putih dan Daun Singkong. J Sci Biodivers. 2022;3(2):68–72.
13. Bortolini S, Macavei LI, Hadj Saadoun J, Foca G, Ulrici A, Bernini F, et al. *Hermetia illucens* (L.) larvae as chicken manure management tool for circular economy. J Clean Prod [Internet]. 2020;262:121289. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121289>
14. Iriti M, Scarafoni A, Pierce S, Castorina G, Vitalini S. Soil application of effective microorganisms (EM) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown on different substrates. Int J Mol Sci. 2019;20(9).
15. Huda HFN, Fakhirah Ramadhani P, Kusumawati E, Ghozali M. Utilization Of Blotong, Molasses, Bran, and Coconut Husk Into Compost Using Mol of Stale Rice and *Trichoderma* sp. J Kim Ris. 2022;7(1):38–46.
16. Mokodompis D, Budiman, Baculu EPH. Microorganism Effect Of Vegetable And Fruit Garbage As Activator Of Making Compost. 2020;94–103.
17. Suprayogi D, Asra R, Mahdalia R. Analisis Produk Eco Enzyme dari Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus* L.) dan Jeruk Berastagi (*Citrus X sinensis* L.). J Redoks. 2022;7(1):19–27.
18. Rofi DY, Auvaria SW, Nengse S, Oktorina S, Yusrianti Y. Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Upaya Percepatan Reduksi Sampah Buah dan Sayuran. J Teknol Lingkung. 2021;22(1):130–7.
19. Zahro N, Eurika N, Prafitasari AN. Feed Consumption and Waste Reduction Index of Fruit and Vegetable Waste Using Black Soldier Fly Larva. Bioma J Biol dan Pembelajaran Biol. 2021;6(1):88–101.
20. Fahmi I, Rahayu S, Khalidin. Pengaruh Penambahan EM-4 pada Media Budidaya Maggot BSF Terhadap Produktifitas. Semin Nas Unigha 2023. 2023;361–5.
21. Mumtazah FA. Analisis Efektivitas Larva Black Solider Fly (*Hermetia illucens*) dalam Penguraian Sampah Sayur dengan Penambahan Molase dan EM4. 2023;1–90.
22. Abraham I, Supriyati Y. Desain Kuasi Eksperimen Dalam Pendidikan: Literatur Review. J Ilm Mandala Educ. 2022;8(3):2476–82.
23. Arveni Nasution, Dwi Fahira, Dr. Pasyimi S.T. MT. Kinerja Maggot dalam Pendegradasian Sampah Organik: Pengaruh Rasio Maggot-Sampah. Jfti [Internet].

- 2022;19(4):2–5. Available from: <https://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTI/issue/view/887>
24. Julita U, Fitri LL, Putra RE, Permana AD. Survival and Reproductive Value of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on Vegetable and Fruits Waste Rearing Substrate. *J Phys Conf Ser*. 2019;1245(1).
 25. Lalander C, Diener S, Zurbrügg C, Vinnerås B. Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *J Clean Prod* [Internet]. 2019;208:211–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
 26. Putra Y, Ariesmayana A. Efektifitas Penguraian Sampah Organik Menggunakan Maggot (BSF) di Pasar Rau Trade Center. *Jurnal*. 2020;3(1):11–24.
 27. Desiani A, Maiyanti SI, Sukanda DC, Nusantara PB, Charisa TJ, Apledaria A. Rancangan Acak Lengkap untuk Mengetahui Pengaruh Pemasaran Melalui Media Sosial Terhadap Penjualan Unique Hijab Bouquet. *J Infomedia*. 2021;5(2):16.
 28. Trishuta, Pathiassana M, Nur Izzy S, Nealma S. Studi Laju Umpan pada Proses Biokonversi dengan Variasi Jenis Sampah yang Dikelola Pt. Biomagg Sinergi Internasional Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*). *J Tambora* [Internet]. 2020;4(1):86–95. Available from: <http://jurnal.uts.ac.id>
 29. Badan Standardisasi Nasional. Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. *Badan Stand Nas*. 2004;12.
 30. Zahroh N, Eurika N, Prafitasari AN. Comparison Of Fruit And Vegetable Waste Bioconversion Using Black Soldier Fly Larvae. *Univ Muhammadiyah Jember*. 2020;4(2):15.
 31. Nofiyanti E, Laksono BT, Salman N, Wardani GA, Mellyanawaty M. Efektivitas Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Iilucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik Pasar. *J Sci Biodivers*. 2022;3(2):68–72.
 32. Hemalatha M, Visantini P. Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2020;716(1).
 33. Nusantara. Modul Pembuatan Eco enzyme. In: *Eco enzyme nusantara*. 2021.
 34. Pranata L, Kurniawan I, Indaryati S, Rini MT, Suryani K, Yuniarti E. Pelatihan pengolahan sampah organik dengan metode eco enzym. *Indones J Community Serv*. 2021;1(1):171–9.
 35. Abdullah NO, Zubair A, Mangarengi NAP, Rachman RM, Tumpu M, Djamaluddin D. Identification of eco enzyme characteristics from organic waste. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2023;1268(1).
 36. Nurlatifah I, Agustine D, Puspasari E. Production and Characterization of Eco-Enzyme from Fruit Peel Waste. 2022;(August).
 37. Defiani MR, Astarini IA. Eco-enzyme enhanced the growth of rice cultivars. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2023;1255(1).
 38. Muliarta IN. Global Warming Mitigation Innovation Through Household Waste Management Becomes Eco-Enzyme: A Review. *J Penelit Pendidik IPA*. 2024;10(8):515–25.
 39. Ningsih SS, Hartono DM, Dahlan AV. Effect of black soldier fly (*Hermetia Illucens*) larvae bioconversion duration in processing household organic waste and market waste in Jakarta on the efficiency of the bioconversion process. *E3S Web Conf*. 2023;422.
 40. Haryandi H, Izzy SN. Pengaruh Rasio Umpan, Variasi Jenis Sampah Organik, dan Kualitas Kompos Hasil Biokonversi Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*). *J Agrotek Ummat*. 2020;7(2):59.
 41. Firdausy MA, Firmansyah M, Mizwar A, Mahyudin RP, Aurora PDN. Penerapan Teknologi Reduksi Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly Di TPA Telang. *J Pengabdian ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*. 2022;1(3):130.
 42. Ayu D, Sari P, Taniwiryono D, Pratiwi NI. The Influence of Waste Ratio on Waste

- Consumption Level, Waste Reduction Index, and Growth of Black Soldier Fly Larvae [Internet]. Vol. 1, Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Civil and Architecture). Atlantis Press International BV; 2023. 139–152 p. Available from: http://dx.doi.org/10.2991/978-94-6463-088-6_15
43. Rusdi R, Daramusseng A, Ridwan MR. Effectiveness of Eco Enzyme Hand Sanitizer on Decreasing the Number of Germs on Hands With Dosage Scale of 1 : 600. *Transpublika Int Res Exact Sci*. 2024;3(3):28–35.
 44. Tanga CM, Waweru JW, Tola YH, Onyoni AA, Khamis FM, Ekesi S, et al. Organic Waste Substrates Induce Important Shifts in Gut Microbiota of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.): Coexistence of Conserved, Variable, and Potential Pathogenic Microbes. *Front Microbiol*. 2021;12(February).
 45. Sagitarini NF, Dewi NMAR. Pemanfaatan sampah sebagai bahan pembuatan pupuk kompos organik untuk menjaga kelestarian tumbuh-tumbuhan di Desa Nyiur Tebel. *J Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 2023;6(2):225–30.
 46. Meriatna M, Suryati S, Fahri A. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 (Effective Microorganisme) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan. *J Teknol Kim Unimal*. 2019;7(1):13.
 47. Yudiawati E, Kurniawati E. Pengaruh Berbagai Macam Mikroorganisme Lokal (MOL) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat. *J SAINS AGRO*. 2019;4(1).
 48. Dewantari U, Arifin, Sulastri A, Apriani I. Pembuatan Kompos Dengan Menggunakan Aktivator Mikroorganisme Lokal. *J Teknol Lingkung Lahan Basah*. 2023;11(1):8–15.
 49. Permatananda PANK, Pandit IGS, Cahyawati PN, Lestari A. Studi Literature Potensi Penggunaan Eco Enzyme Sebagai Studi Literature Potensi Penggunaan Eco Enzyme Sebagai Alternatif Tata Laksana Kimiawi Pada Limbah. 2023;(April).
 50. Kawasaki K, Kawasaki T, Hirayasu H, Matsumoto Y, Fujitani Y. Evaluation of fertilizer value of residues obtained after processing household organic waste with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Sustain*. 2020;12(12).
 51. Islam F, Nurita, Akbar F, Mubarak F. Efektivitas Komposter Takakura Dan Komposter Sederhana Dalam Pembuatan Kompos Sampah Organik. *J Sanitasi Prof Indones*. 2023;4(01):21–31.
 52. Fadilla Meidita, Yuni Pebri Sahara, Afrini Dona, Rini Elisia. Uji Organoleptik Kulit Buah Kakao yang Difermentasi dengan Penambahan Level Effective Microorganisme (EM4) Berbeda. *J Sci Res Dev*. 2023;5(1):442–8.
 53. Amran M, Nuraini N, Mirzah M. The Influence of Fermentation Culture Media with Different Microbes on The Production of Maggot Black soldier Fly (*Hermetia illucens*). *J Peternak*. 2021;18(1):41.
 54. Subula R, Uno WD, Abdul A. Kajian Tentang Kualitas Kompos Yang Menggunakan Bioaktivator Em4 (Effective Microorganism) Dan Mol (Mikroorganisme Lokal) Dari Keong Mas. *Jambura Edu Biosf J*. 2022;4(2):54–64.
 55. Hartono R, Anggrainy AD, Bagastyo AY. Pengaruh Komposisi Sampah dan Feeding Rate terhadap Proses Biokonversi Sampah Organik oleh Larva Black Soldier Fly (BSF). *J Tek Kim dan Lingkung*. 2021;5(2):181–93.
 56. Pratama D, Apriyadi R, Lingga R, Rahmawati M. Kualitas Kimia Kompos Hasil Biokonversi Berbagai Jenis Limbah Organik Menggunakan Larva Black Soldier Fly dan EM-4. *Agrosaintek J Ilmu dan Teknol Pertan*. 2022;6(2):38–47.
 57. Marjenah M, Prawiguna E. Efektivitas Penggunaan Aktivator MOL dari Sampah Sayur Kol dan Em4 pada Pengomposan Kirinyuh (*Chromolaena Odorata* L) dengan Metode Semi Anaerob. *Agrifor*. 2023;22(1):1.
 58. Yunilas Y, Siregar AZ, Mirwhandhono E, Purba A, Fati N, Malvin T. Potensi dan Karakteristik Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) Berbasis Limbah Sayur sebagai Bioaktivator dalam Fermentasi. *J Livest Anim Heal*. 2022;5(2):53–9.