© 2026 Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP
JURNAL ILMU LINGKUNGAN
Volume 24 Issue 6 (2026) : 1364-1370 *ISSN 1829-8907*

Analisis Kinerja Reduksi Limbah dan Kualitas Larva *Black Soldier Fly* pada Variasi Campuran Substrat Kulit Pisang dan Kacang Panjang

Estin Nofiyanti*, Rifky Ramadhan, Noer Laelly Barorroh Taufik Abdul Ghofur, dan Pirman Maulana

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia; e-mail: estin.nofi@umtas.ac.id

ABSTRAK

Sampah organik dari pasar tradisional seperti limbah kulit pisang dan kacang panjang mudah terdegradasi, tetapi berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (*BSF*) (*Hermetia illucens*) merupakan pendekatan yang dapat mereduksi limbah sekaligus menghasilkan biomassa bernilai guna sebagai pakan alternatif. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh komposisi substrat kulit pisang dan kacang panjang terhadap *Waste Reduction Index* (*WRI*) dan *Efficiency Conversion of Digested Food* (*ECD*) larva *BSF*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan tiga ulangan, yaitu komposisi kulit pisang : kacang panjang berturut-turut P1 (100% : 0%), P2 (75% : 25%), P3 (50% : 50%), P4 (25% : 75%) dan P5 (0% : 100%). Limbah dicacah Sebelum diberikan kepada larva selama delapan hari dalam kondisi lingkungan terkontrol. Data dianalisis menggunakan ANOVA dilanjutkan uji *Bonferroni* pada taraf kepercayaan 95%. Komposisi substrat berpengaruh signifikan terhadap nilai *WRI* dan *ECD* ($p < 0,05$). Nilai *WRI* tertinggi (81,90%), sedangkan P1 terendah (61,50%). Komposisi substrat juga berpengaruh signifikan terhadap *ECD* ($p < 0,05$), dengan nilai tertinggi pada P2 (54,73%) dan terendah pada P5 (23,28%), serta keduanya berbeda nyata berdasarkan uji Bonferroni. Analisis proksimat menunjukkan kadar protein dan lemak tertinggi pada perlakuan P5 masing-masing 10,58% dan 7,53% dalam basis berat basah. Perbedaan respons *WRI* dan *ECD* menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan reduksi substrat tidak selalu diikuti oleh peningkatan efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa larva. Dengan demikian, komposisi substrat perlu dioptimalkan sesuai tujuan biokonversi, baik untuk reduksi limbah maupun produksi biomassa larva.

***Kata kunci*:** *Black Soldier Fly* (*BSF*), biokonversi, sampah organik, *Waste Reduction Index* (*WRI*), *Efficiency Conversion of Digested Food* (*ECD*)

ABSTRACT

Organic waste from traditional markets, such as banana peels and yardlong beans, is readily biodegradable but may contribute to environmental pollution if not properly managed. Bioconversion using *Black Soldier Fly* (BSF) (*Hermetia illucens*) larvae offers a promising approach for reducing organic waste while producing valuable biomass as an alternative feed source. This study aimed to evaluate the effects of different substrate compositions of banana peels and yardlong beans on the *Waste Reduction Index* (WRI) and *Efficiency of Conversion of Digested Feed* (ECD) of BSF larvae. A completely randomized design was employed with five treatments and three replicates: P1 (100%:0%), P2 (75%:25%), P3 (50%:50%), P4 (25%:75%), and P5 (0%:100%) of banana peels and yardlong beans, respectively. The waste was chopped before being fed to the larvae for eight days under controlled conditions. Data were analyzed using ANOVA followed by the Bonferroni test at a 95% confidence level. Substrate composition significantly affected WRI and ECD ($p < 0.05$). The highest WRI was observed in P5 (81.90%), whereas P1 showed the lowest value (61.50%). The highest ECD was obtained in P2 (54.73%), while P5 had the lowest (23.28%). P5 also showed the highest protein (10.58%) and fat (7.53%) contents on a wet-weight basis. These findings indicate that greater substrate reduction does not necessarily correspond to higher conversion efficiency into larval biomass. Therefore, substrate composition should be optimized according to the intended bioconversion objective, either waste reduction or larval biomass production.

***Keywords*:** *Black Soldier Fly* (BSF), bioconversion, organic waste, *Waste Reduction Index* (WRI), *Efficiency Conversion of Digested Food* (ECD)

Citation: Nofiyanti, E., Ramadhan, R., Ghofur, N. L. B. T. A., dan Maulana, P. (2026). Analisis Kinerja Reduksi Limbah dan Kualitas Larva *Black Soldier Fly* pada Variasi Campuran Substrat Kulit Pisang dan Kacang Panjang. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(6), 1364-1370, doi:10.14710/jil.24.6.1364-1370

1. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah organik merupakan isu global yang berkaitan erat dengan peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, dan pola konsumsi masyarakat. Sampah organic yang tidak dikelola dengan baik berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca, khususnya metana (CH_4) yang dihasilkan dari proses dekomposisi anaerob di tempat pembuangan akhir (TPA) (Siddiqua et al., 2022). Oleh karena itu diperlukan pendekatan pengelolaan sampah organik yang tidak hanya berorientasi pada reduksi, tetapi juga pada pemanfaatan Kembali sumber daya secara berkelanjutan.

Berdasarkan data terbaru Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2025, komposisi sampah di Indonesia masih didominasi oleh sisa makanan dengan proporsi sekiar 40,77%. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi organic menjadi komponen utama dalam timbulan sampah nasional. Sampah organik tersebut sebagian besar berasal dari limbah rumah tangga dan pasar tradisional yang didominasi oleh sampah sayur dan buah. Pengelolaan yang belum optimal mengakibatkan akumulasi sampah di TPA dan menimbulkan permasalahan lingkungan seperti bau, pencemaran air lindi, serta berpotensi terjadi penyebaran penyakit (Silfia & Surtikanti, 2024). Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi teknologi pengolahan limbah organik yang efisien dan aplikatif.

Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly (BSF*). Larva *BSF* diketahui memiliki kemampuan mendegradasi berbagai jenis sampah organic secara cepat serta mengkonversinya menjadi biomassa bernilai tinggi yang kaya protein dan lemak (Barragán-Fonseca et al., 2023; Gold et al., 2021). Selain itu, teknologi ini dinilai ramah lingkungan dan berpotensi menurunkan volume limbah secara signifikan sehingga banyak dikembangkan dalam ekonomi sirkular (Cohn et al., 2022; Farih et al., 2025; Iannielli et al., 2025).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kinerja biokonversi larva *BSF* dipengaruhi oleh komposisi substrat pakan. Substrat dengan keseimbangan nutrisi yang baik khususnya rasio karbon dan nitrogen (C/N) dapat meningkatkan efisiensi konversi pakan dan kualitas biomassa larva (Idris et al., 2024; Mirwan et al., 2025). Limbah kulit pisang diketahui memiliki kandungan karbohidrat dan serat lignoselulosa yang tinggi, sedangkan kacang panjang mengandung protein dan mineral yang berperan dalam pertumbuhan larva. Kombinasi kedua jenis limbah ini berpotensi menghasilkan susbtrat yang lebih seimbang dibandingkan penggunaan substrat Tunggal.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada satu jenis substrat atau hanya mengevaluasi parameter pertumbuhan larva tanpa mengkaji hubungan terintegrasi antara komposisi substrat, kualitas nutrisi larva (analisis proksimat), dan indicator kinerja biokonversi seperti *Waste Reduction Index* (*WRI*), *Efficiency Conversion of Digested Food* (*ECD*). Padahal integrasi antar parameter penting untuk menilai efektivitas system biokonversi secara menyeluruh, baik dari aspek reduksi limbah maupun kualitas produk yang dihasilkan (Gold et al., 2020; Surendra et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh komposisi substrat kulit pisang dan kacang panjang terhadap nilai *WRI* dan *ECD* larva *BSF* pada skala laboratorium. Penelitian ini memberikan perspektif yang lebih komprehensif dalam menentukan formulasi substrat optimal, tidak hanya dari aspek efisiensi reduksi limbah tetapi juga kualitas nutrisi biomassa larva yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian dilakukan melalui pengumpulan limbah organic berupa limbah kulit pisang dan kacang panjang yang diperoleh dari pasar local. Limbah yang terkumpul kemudian disortir guna memisahkan bahan anorganik dan kotoran. Selanjutnya dicuci dan dicacah menggunakan *chopper* hingga menjadi substrat yang homogen untuk memudahkan dikonsumsi oleh Larva *BSF*. Pemilihan jenis limbah didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah di pasar tradisional serta kandungan nutrisinya yang berpotensi mendukung pertumbuhan larva *BSF*.

Penelitian dilaksanakan menggunakan metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas lima perlakuan (**Tabel 1**). Setiap perlakuan menggunakan total pakan 2 gram per hari dengan proporsi sesuai variasi yang ditentukan. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali menggunakan 20 ekor *BSF* berumur 11 hari di setiap unit percobaan. Pemeliharaan dilakukan selama 8 hari dengan pemberian pakan setiap 24 jam dalam kondisi lingkungan terkontrol. Kondisi pemeliharaan seperti suhu dan kelembapan disajikan pada **Tabel 2**. Ukuran wadah yang digunakan menggunakan kotak plastik ukuran 27 x 20 x 9 cm serta basis berat pakan basah.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Simbol	Komposisi Substrat (%)
P1	Kulit pisang (100%)
P2	Kulit pisang : kacang panjang (75 : 25)
P3	Kulit pisang : kacang panjang (50 : 50)
P4	Kulit pisang : kacang panjang (25 : 75)
P5	Kacang panjang (100%)

Tabel 2. Suhu dan Kelembaban Ruang pemeliharaan

No	Hari	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	Hari Pertama	29	88
2	Hari Kedua	29	89
3	Hari Ketiga	29	87
4	Hari Keempat	28	87
5	Hari Kelima	28	86
6	Hari Keenam	29	88
7	Hari Ketujuh	28	88
8	Hari Kedelapan	28	89

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Setelah periode pemeliharaan selesai, dilakukan pengamatan untuk mengevaluasi kinerja biokonversi dan kualitas nutrisi larva. Parameter yang diamati meliputi *WRI*, *ECD*, serta analisis proksimat. Analisis proksimar meliputi kadar air, protein dan lemak mengacu pada SNI 01-2891-1992 masing-masing menggunakan metode pengeringan untuk kadar air, metode Kjeldahl untuk kadar protein dan metode Soxhlet untuk kadar lemak. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan aplikasi Microsoft Excel 2019 dan Jamovi Project (version 2.7). Uji statistik yang digunakan adalah Analisis Varian (ANOVA satu arah), dengan taraf ketelitian 5%. Jika hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan (nilai p < 0,05) maka dilanjutkan dengan uji *Bonferroni* menggunakan Jamovi Project (version 2.7), untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda secara nyata.

Indeks Pengurangan Limbah (*WRI*) dihitung dengan persamaan (1) (Rofi et al., 2021)

$$WRI = \left(\frac{D}{t}\right) \times 100 \qquad (1)$$

dimana:
WRI : indeks pengurangan limbah
D : penurunan umpan total
t : total waktu larva memakan umpan (hari)

Nilai *D* dihitung dengan rumus:

$$D = \left(\frac{W-R}{W}\right) \qquad (2)$$

dimana:
W : jumlah umpan total (g)
R : sisa umpan total setelah waktu tertentu (g)

Efisiensi Konversi Umpan Tercerna (*ECD*) adalah efisiensi konversi umpan yang dicerna oleh larva selama masa pemeliharaan. Nilai *ECD* dihitung berdasarkan persamaan (3) (Rofi et al., 2021).

$$ECD = \frac{B}{(I-F)} x\ 100 \qquad (3)$$

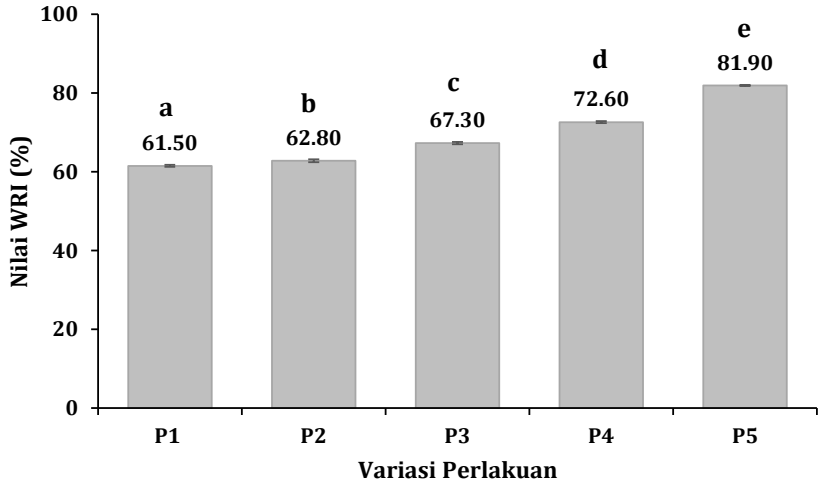
Keterangan:
ECD : Efisiensi konversi umpan tercerna
B : Penambahan berat larva selama periode makan (Berat awal larva-Berat akhir larva) (mg)
I : Jumlah umpan total yang dikonsumsi (mg)
F : Berat sisa umpan total dan material hasil ekskresi (mg)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Waste Reduction Index (WRI)*

Nilai *Waste Reduction Index (WRI)* dapat menjadi indikator proses biokonversi berlangsung dengan baik. Nilai *WRI* menggambarkan kemampuan larva dalam mereduksi limbah selama perlakuan. Nilai *WRI* (**Gambar 1**) diperoleh dari perbandingan jumlah pakan yang diberikan dengan sisa pakan yang tidak terkonsumsi dengan memperhitungkan durasi penelitian dan jumlah larva yang digunakan.

Berdasarkan **Gambar 1**, komposisi substrat memberikan pengaruh nyata (p < 0,05) terhadap nilai *WRI*. Nilai *WRI* menunjukkan peningkatan secara konsisten seiring dengan bertambahnya komposisi kacang panjang dalam campuran pakan. Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kacang panjang dalam substrat diikuti oleh peningkatan kemampuan larva BSF dalam mereduksi substrat.



Gambar 1. Nilai *WRI* larva *BSF* pada Berbagai Variasi substrat. Huruf yang berbeda Menunjukkan Perbedaan Nyata Berdasarkan Uji Bonferroni (p < 0,05)

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Nilai *WRI* tertinggi pada penelitian ini diperoleh pada perlakuan P5 dengan pemberian pakan 100% kacang panjang yakni sebesar 81,90%, sedangkan nilai *WRI* terendah ditemukan pada perlakuan P1 dengan pakan 100% kulit pisang yaitu sebesar 61,50%. Perbedaan nilai *WRI* tersebut diduga berkaitan dengan perbedaan karakteristik nutrisi kacang panjang dan kulit pisang. Peningkatan proporsi kacang panjang dalam substrat diduga menyediakan kondisi pakan yang lebih mendukung pemanfaatan nutrien oleh larva *BSF*, sehingga aktivitas konsumsi dan reduksi bahan organik berlangsung lebih optimal. Sebaliknya, dominasi kulit pisang dalam substrat diduga membatasi pemanfaatan pakan oleh larva, yang tercermin dari nilai *WRI* yang lebih rendah. Kondisi tersebut dapat menjelaskan peningkatan nilai *WRI* seiring dengan bertambahnya proporsi kacang Panjang dalam substrat. Hal ini sejalan dengan penelitian (Rohmanna et al., 2023), yang melaaporkan bahwa substrat dengan kandungan nutrisi rendah, khususnya yang didominasi serat kasar seperti lignin, dapat menghambat proses pencernaan larva, menurunkan konsumsi pakan, dan berimplikasi pada rendahnya nilai *WRI*.

Perbedaan karakteristik nutrisi kedua bahan tersebut juga dapat ditinjau dari kandungan protein. Kulit pisang dilaporkan memiliki kandungan protein sebesar 0,9%, sedangkan kacang Panjang memiliki kandungan protein 12,2% (Tazhkira et al., 2020) Syahda & Barunawati, 2022).

Protein merupakan salah satu nutrien penting yang mendukung pertumbuhan dan metabolism larva *BSF*. Ketersediaan protein yang lebih tinggi dalam substrat dapat mendukung pemanfaatan nutrien oleh larva dan selanjutnya berkontribusi terhadap aktivitas konsumsi serta reduksi substrat.

Rofi et al. (2021) melaporkan bahwa kelompok larva yang memperoleh pakan dengan kandungan nutrisi protein tinggi memiliki nilai *WRI* yang secara signifikan lebih bak dibandingkan larva yang memperoleh pakan dengan kandungan lemak tinggi. Sejalan dengan hal tersebut, semakin tingginya proporsi kacang Panjang dalam substrat diduga memberikan kondisi nutrisi yang lebih mendukung pemanfaatan pakan oleh larva *BSF*, yang tercermin pada peningkatan nilai *WRI*.

Selain protein, kandungan serat substrat juga berperan dalam menentukan tingkat pemanfaatan pakan oleh larva *BSF*. Kulit pisang mengandung serat sebesar 31,7%, sedangkan kacang Panjang mengandung serat sebesar 2,8% (Tazhkira et al., 2020). Fraksi serat struktural tinggi (lignoselulosa) relatif lebih sulit dimanfaatkan oleh larva *BSF* karena keterbatasan kemampuan enzimatis dalam mendegradasi lignin (Mufti et al., 2024). Kondisi tersebut dapat membatasi pemanfaatan bahan organik pada substrat yang didominasi kulit pisang. Sebaliknya, peningkatan proporsi kacang panjang dan penurunan proporsi kulit pisang menghasilkan komposisi substrat yang diduga lebih mudah dimanfaatkan oleh larva *BSF*. Mekanisme tersebut konsisten dengan pola pada **Gambar 1**, yaitu nilai *WRI* meningkat dari 61,50% pada P1 menjadi 81,90% pada P5 seiring dengan meningkatnya proporsi kacang panjang dalam substrat.

3.2. Nilai *Efficiency of Conversion Digested Feed* (*ECD*)

Nilai *Efficiency of Conversion Digested Feed* (*ECD*) menggambarkan efisiensi larva *BSF* dalam mengonversi pakan yang tercerna menjadi biomassa selama periode pemeliharaan. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa variasi komposit substrat memberikan pengaruh nyata terhadap nilai *ECD* ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut Bonferroni menunjukkan bahwa P2 memiliki nilai *ECD* yang berbeda nyata dengan P5, sedangkan P1, P3, dan P4 tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan P2 maupun P5 (**Gambar 2**). Nilai *ECD* tertinggi diperoleh pada P2 sebesar 54,73%, diikuti P3 sebesar 48,42%, P1 sebesar 39,92%, P4 sebesar 29,48%, dan P5 sebesar 23,28%. Pola tersebut menunjukkan bahwa komposisi substrat mempengaruhi efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa larva *BSF*, meskipun perubahan proporsi kacang panjang tidak menghasilkan pola *ECD* yang meningkat secara konsisten.

Nilai *ECD* tertinggi diperoleh pada P2 (75% kulit pisang : 25% kacang Panjang) sebesar 54,73%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada P5 (100% kacang Panjang) sebesar 23,28%. Kedua perlakuan tersebut menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Bonferroni ($p < 0,05$). Perbedaan ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kacang panjang hingga 100% tidak diikuti oleh peningkatan efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa larva. Kodisi tersebut diduga berkaitan dengan komposisi nutrisi substrat yang mempengaruhi pemanfaatan pakan oleh larva *BSF*. Kombinasi kulit pisang dan kacang panjang pada P2 diduga menyediakan komposisi nutrisi yang lebih mendukung pemanfaatan pakan tercerna untuk pembentukan biomassa dibandingkan penggunaan kacang panjang sebagai substrat tunggal pada P5. Keseimbangan komposisi nutrisi (karbohidrat dan protein) berperan dalam menentukan performa pertumbuhan dan efisiensi biokonversi larva *BSF* (Gold et al., 2020).

Meskipun terdapat variasi nilai rata-rata *ECD* pada P1 (39,92%), P3 (48,42%), dan P4 (29,48%), ketiga perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan P2 maupun P5 berdasarkan uji Bonferroni ($p > 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa respons *ECD* terhadap perubahan proporsi substrat tidak membentuk pola yang konsisten. Dengan demikian, efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan peningkatan proporsi kacang panjang, tetapi diduga dipengaruhi oleh kesesuaian komposisi nutrisi substrat secara keseluruhan dengan kebutuhan pertumbuhan dan metabolism larva *BSF*.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

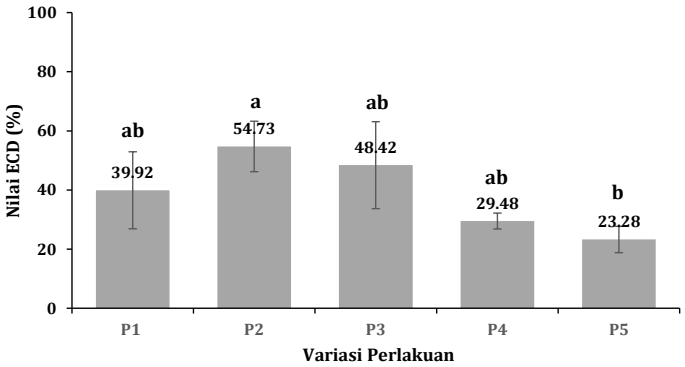
Perbedaan pola antara *WRI* dan *ECD* terlihat pada P5. Perlakuan dengan 100% kacang panjang menghasilkan *WRI* tertinggi sebesar 81,90%, tetapi memiliki *ECD* terendah sebesar 23,28%. Sebaliknya, P2 menghasilkan nilai *ECD* tertinggi sebesar 54,73%, meskipun nilai *WRI*-nya relatif lebih rendah, yaitu 62,80%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tingginya kemampuan larva dalam mereduksi substrat tidak selalu diikuti oleh tingginya efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa. Substrat yang dikonsumsi larva tidak hanya digunakan untuk pertumbuhan, tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan metabolisme dan pemeliharaan fungsi fisiologis (Gold et al., 2020). Dengan demikian, *WRI* dan *ECD* memberikan informasi yang saling melengkapi dalam mengevaluasi proses biokonversi, yaitu kemampuan reduksi bahan organik dan efisiensi pemanfaatan substrat untuk menghasilkan biomassa larva. Peningkatan kemampuan larva dalam mereduksi substrat tidak selalu berjalan searah dengan peningkatan efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa. Perbedaan pola *WRI* dan *ECD* tersebut menunjukkan bahwa efektivitas reduksi limbah dan efisiensi pembentukan biomassa tidak selalu berjalan searah. Oleh karena itu, pemilihan komposisi substrat dalam biokonversi menggunakan larva *BSF* perlu disesuaikan dengan tujuan pengelolaan, yaitu untuk meningkatkan reduksi limbah organik atau mendukung pembentukan biomassa larva.

Perbedaan respons *WRI* dan *ECD* menunjukkan bahwa kedua parameter memberikan informasi yang saling melengkapi dalam mengevaluasi proses biokonversi oleh larva *BSF*. Kecenderungan peningkatan reduksi substrat pada proporsi kacang panjang yang lebih tinggi tidak selalu diikuti oleh peningkatan efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa. Hasil ini menunjukkan bahwa evaluasi kinerja biokonversi *BSF* perlu mempertimbangkan kemampuan reduksi limbah dan efisiensi pembentukan biomassa secara bersamaan, terutama dalam menentukan komposisi substrat yang sesuai dengan tujuan pengelolaan limbah organik.

3.3. Kandungan Proksimat Larva BSF

Analisis kandungan proksimat dilakukan untuk mengevaluasi kualitas nutrisi larva BSF yang dihasilkan pada berbagai variasi substrat (**Tabel 3**). Pengujian proksimat dilakukan pada kondisi basah (*wet weight basis*). Komposisi proksimat larva merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi hasil biokonversi limbah organik oleh *BSF* karena menunjukkan karakteristik biomassa larva yang dihasilkan setelah pemanfaatan substrat.

Berdasarkan **Tabel 3,** kadar protein larva setelah perlakuan berkisar antara 9,18%-10,58%, dengan nilai tertinggi pada P5 dan terendah pada P2. Dibandingkan kadar protein awal sebesar 10,68%, seluruh perlakuan menunjukkan kadar protein akhir yang relatif lebih rendah, meskipun besar pertumbuhannya berbeda antarperlakuan. Nilai protein P5 yang relatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya diduga berkaitan dengan karakteristik nutrisi substrat 100% kacang panjang yang lebih mendukung ketersediaan protein bagi larva. Komposisi nutrisi substrat (protein) diketahui berperan dalam menentukan pertumbuhan dan komposis tubuh larva *BSF* (Farih et al., 2025). Variasi kadar air larva turut menentukan proporsi protein yang terukur pada basis berat basah (*wet weight basis*), sehingga perbedaan kadar protein antarperlakuan tidak terlepas dari perbedaan proporsi air dalam biomassa larva.



Gambar 2. Nilai ECD pada Berbagai Variasi Substrat. Huruf yang Berbeda di Atas Batang Menunjukkan Perbedaan Nyata Antar Perlakuan Berdasarkan Uji Bonferroni ($p < 0,05$)

Tabel 3. Hasil Analisis Proksimat Larva BSF Kondisi Basah

Variasi	Kadar air (%)		Kadar protein (%)		Kadar lemak (%)	
	Larva awal	Larva akhir	Larva awal	Larva akhir	Larva awal	Larva akhir
P1	54,47	80,49	10,68	9,92	1,92	1,99
P2	54,47	77,67	10,68	9,18	1,92	1,12
P3	54,47	79,69	10,68	9,77	1,92	6,18
P4	54,47	79,55	10,68	9,30	1,92	4,61
P5	54,47	71,30	10,68	10,58	1,92	7,53

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Berbeda dengan protein, kadar lemak larva menunjukkan variasi yang lebih besar antarperlakuan. Kadar lemak meningkat dari awal 1,92% menjadi 6,18% pada P3, 4,61% pada P4, dan 7,53% pada P5, sedangkan P1 relatif tidak berubah (1,99%) dan P2 menurun menjadi 1,12%). Peningkatan kadar lemak pada P3-P5 dapat berkaitan dengan kemampuan larva *BSF* mengalokasikan nutrien yang diperoleh dari substrat sebagai cadangan lipid tubuh. Lipid merupakan salah satu bentuk penyimpanan energi pada larva *BSF* yang dapat dimanfaatkan selama perkembangan menuju fase berikutnya (Rofi et al., 2021). Pola peningkatan lemak pada P3-P5 juga menunjukkan bahwa perubahan komposisi substrat tidak hanya mempengaruhi karakteristik biomassa larva yang dihasilkan.

Kadar air larva setelah perlakuan berkisar antara 71,30-80,49%, dengan kadar air terendah pada P5 dan tertinggi pada P1. Perbedaan kadar air ini penting dalam menginterpretasikan kadar protein dan lemak karena seluruh hasil proksimat dinyatakan berdasarkan berat basah. Larva P5 memiliki kadar air terendah (71,30%), sehingga proporsi protein dan lemak yang dinyatakan berdasarkan berat basah dapat terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air yang lebih tinggi. Oleh karena itu, nilai protein dan lemak pada penelitian ini lebih tepat digunakan untuk menggambarkan komposisi biomassa larva pada kondisi basah dan tidak langsung diinterpretasikan sebagai perbedaan akumulasi nutrien antarperlakuan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi substrat limbah kulit pisang dan kacang panjang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja reduksi sampah, serta terhadap efisiensi konversi pakan. Perlakuan P5 (100% kacang panjang) terbukti paling efektif dalam proses bioreduksi dengan nilai *WRI* tertinggi sebesar 81,90% (p < 0,05). Sebaliknya, nilai *ECD* tertinggi diperoleh pada P2 (75% kulit pisang : 25% kacang panjang) sebesar 54,73%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada P5 sebesar 23,38%, dengan perbedaan nyata antara P2 dan P5 berdasarkan uji Bonferroni (p < 0,05). Analisis proksimat mengonfirmasi bahwa larva *BSF* menghasilkan kadar protein akhir sebesar 9,18%-10,58% dan kadar lemak sebesar 1,12-7,53% pada basis berat basah (*wet weight basis*), dengan kadar protein dan lemak tertinggi diperoleh pada P5, masing-masing sebesar 10,58% dan 7,53%. Perbedaan respons *WRI* dan *ECD* menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan reduksi substrat tidak selalu diikuti oleh peningkatan efisiensi konversi pakan tercerna menjadi biomassa larva. Oleh karena itu, komposisi substrat perlu disesuaikan dengan tujuan biokonversi, baik untuk meningkatkan reduksi limbah organik maupun efisiensi pembentukan biomassa larva. Hasil penelitian skala laboratorium ini memerlukan verifikasi lebih lanjut melalui pengujian skala pilot dengan kondisi lingkungan dan karakteristik limbah yang lebih heterogen guna memperkuat rekomendasi terapan formulasi substrat ini di pasar tradisional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada PP Muhammadiyah atas dukungan dana Hibah RISETMU batch IX tahun 2025 yang diberikan. Terima kasih juga juga kepada Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Barragán-Fonseca, K. Y., Greenberg, L. O., Gort, G., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2023). Amending soil with insect exuviae improves herbivore tolerance, pollinator attraction and seed yield of Brassica nigra plants. *Agric. Ecosyst. Environ.*, *342*(October 2022), 108219. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108219

Cohn, Z., Latty, T., & Abbas, A. (2022). Understanding dietary carbohydrates in black soldier fly larvae treatment of organic waste in the circular economy. *Waste Manag.*, *137*(October 2021), 9–19. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.013

Farih, M., Lajaria, R. T., Djauhar, A., & Tandipayuk, G. P. (2025). Utilization of Black Soldier Fly (BSF) as green technology in coconut waste management and farmers' economic empowerment. *MANDAR: Manag. Dev. Appl. Res. J.*, *8*(1), 1–12. https://doi.org/10.31605/mandar.v8i1.5791

Gold, M., Binggeli, M., Kurt, F., de Wouters, T., Reichlin, M., Zurbrügg, C., Mathys, A., & Kreuzer, M. (2020). Novel experimental methods for the investigation of hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *J. Insect Sci.*, *20*(3). https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa057

Gold, M., Ireri, D., Zurbrügg, C., Fowles, T., & Mathys, A. (2021). Efficient and safe substrates for black soldier fly biowaste treatment along circular economy principles. *Detritus*, *16*, 31–40. https://doi.org/10.31025/2611-4135/2021.15116

Iannielli, F., Dolce, A., De Stefano, F., Fernandez-Bayo, J. D., Scieuzo, C., & Falabella, P. (2025). Transformative potential of insect bioconversion and its role in circular economy. *J. Environ. Manage.*, *396*(July), 128091. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128091

Idris, M., Rismayani, D., Aulia, A., Nopiyanti, T., & Rahayu, R. (2024). Biology of Black Soldier Fly (Hermetia illucens) and utilization of its waste (Maggot Frass) for plant growth: a literature review. *Jurnal Biologi Tropis*, *24*(3), 273–291. https://doi.org/10.29303/jbt.v24i3.7226

Mirwan, M., Studi, P., Lingkungan, T., Organik, P., & Organik, S. (2025). Analisis kandungan unsur hara biokonversi sampah organik menggunakan larva BSF untuk mendukung peningkatan kesuburan tanah. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, *11*(1), 69–80.

Mufti, A. A., Thessalonika, S., & Mawaddah, N. (2024). Biokonversi sampah organik kulit pisang menggunakan larva Black Soldier Fly (BSF). *J. Pengendali. Pencemaran Lingkung.*, *6*(1), 53–58.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

https://doi.org/10.35970/jppl.v6i1.2136

Rofi, D. Y., Auvaria, S. W., Nengse, S., Oktorina, S., & Yusrianti. (2021). Modifikasi pakan larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens) sebagai upaya percepatan reduksi sampah buah dan sayuran. *J. Teknol. Lingkung.*, *22*(1), 130–137.

Rohmanna, N. A., Maharani, D. M., & Majid, Z. A. N. M. (2023). Analisis pertumbuhan dan kemampuan reduksi limbah larva tentara hitam (Hermetia illucens) pada solid decanter, ampas kelapa, ampas sagu, dan limbah sisa makanan. *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, *17*(3), 666–673. https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i3.15598

Siddiqua, A., Hahladakis, J. N., & Al-Attiya, W. A. K. A. (2022). An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, *29*(39), 58514–58536. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z

Silfia, R., & Surtikanti, H. K. (2024). Analisis pengelolaan sampah pasar tradisional di Pasar Gegerkalong, Kota Bandung, Indonesia. *J. Waste Sustain. Consum.*, *1*(1), 46–53. https://doi.org/10.61511/jwsc.v1i1.2024.696

Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L. H. L., & Khanal, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (Hermetia illucens (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Manag.*, *117*, 58–80. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050

Syahda, A. A., & Barunawati, N. (2022). Respon pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* L.) terhadap pemberian pupuk N dan K. *J. Produksi Tanam.*, *10*(12), 703–708.

Tazhkira, A., Supriatiningrum, D. N., & Prayitno, S. A. (2020). Optimalisasi kandungan zat gizi (protein, lemak, karbohidrat dan serat) dan daya terima cookies dengan penambahan tepung kulit pisang raja. *Ghidza Media J.*, *2*(1), 137–146.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP