
EFISIENSI BIO-KONVERSI DAN PRODUKTIVITAS *BLACK SOLDIER FLY* PADA MEDIUM SAMPAH ORGANIK SISA MAKANAN: KONTRIBUSI TERHADAP PENGEMBANGAN PAKAN TERNAK LOKAL

BIOCONVERSION EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY OF BLACK SOLDIER FLY ON ORGANIC FOOD WASTE MEDIUM: CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF LOCAL LIVESTOCK FEED

Received : Jan 20th 2025

Accepted : Aug 05th 2025

Ucu Julita *¹

Ida Kinasih¹

Sayyidah Rasyid¹

¹Jurusan Biologi, Fakultas Sains
dan Teknologi UIN Sunan
Gunung Djati Bandung

*Korespondensi:

Ucu Julita

Jurusan Biologi, Fakultas Sains
dan Teknologi UIN Sunan
Gunung Djati Bandung

Jl. A.H. Nasution No.105, Cibiru,
Kota Bandung,
Jawa Barat 40614, Indonesia.

e-mail:

ucujulita@uinsgd.ac.id

Abstract. *Organic waste management, particularly food waste, poses a significant challenge in Indonesia. Black Soldier Fly (BSF) larvae offer a promising solution with their ability to reduce organic waste and produce high-nutrient biomass as an alternative animal feed. This study aims to evaluate the effects of food waste on the bioconversion efficiency and reproduction of BSF. Three treatments were tested: control (chicken feed), non-fermented organic waste, and fermented organic waste, each with three replications. Observations included growth, Waste Reduction Index (WRI), Efficiency Conversion of Digestive Feed (ECD), and fecundity. Results showed the highest biomass in fermented waste (F100) at 24.225 mg and the highest ECD in the control (38.59%). The highest WRI (4.65%) was observed in fermented organic waste. The highest fecundity and fertility were found in treatments K150 and F100, respectively. Fermented organic waste significantly improved bioconversion efficiency, growth, and BSF reproduction compared to non-fermented organic waste. These findings support using BSF larvae for more efficient organic waste management while promoting environmentally friendly animal feed production. This potential offers significant opportunities for sustainable farming development across various regions.*

Keywords : *Bioconversion, Black Soldier Fly, ECD, organic waste, WRI*

Sitasi :

Julita, U., Kinasih, I. & Rasyid, S. (2025). Efisiensi Bio-konversi dan Produktivitas Black Soldier Fly pada Medium Sampah Organik Sisa Makanan: Kontribusi terhadap Pengembangan Pakan Ternak Lokal. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 6(2): 75-91

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah organik, terutama sisa makanan, telah menjadi perhatian utama di banyak negara, termasuk Indonesia. Volume sampah organik yang terus meningkat setiap tahun memberikan tekanan signifikan terhadap sistem pengelolaan limbah. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2023, Indonesia menghasilkan sekitar 40,8 juta ton sampah per tahun, di mana 60,2% dapat dikelola, sementara sisanya tidak terkelola dengan baik (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023). Ketidakefisienan pengelolaan sampah ini berkontribusi pada berbagai masalah lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, serta peningkatan emisi gas rumah kaca.

Salah satu solusi inovatif dalam pengelolaan sampah organik adalah melalui pemanfaatan larva BSF, yang dikenal memiliki kemampuan bio-konversi tinggi. Larva ini mampu mengubah limbah organik menjadi biomassa bernutrisi tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak seperti ikan dan ayam, (Gold, dkk. 2020). Efisiensi bio-konversi larva BSF tergantung pada jenis dan kualitas medium yang digunakan, termasuk sampah organik fermentasi dan non-fermentasi (Menezes, dkk. 2018). Namun demikian, larva BSF hanya optimal digunakan sebagai pakan saat masih berwarna krem, karena saat memasuki fase prepupa yang berwarna hitam, palata-

bilitas dan nilai nutrisinya menurun (Widjastuti, dkk. 2014).

Siklus hidup *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) terdiri dari lima tahap: telur, larva, prepupa, pupa, dan imago (Tomberlin & Sheppard, 2002). Fase larva dan prepupa merupakan tahap optimal untuk dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak karena kandungan protein dan lemaknya yang tinggi, masing-masing mencapai 39–40% dan 28% dari berat kering (Liu, dkk. 2017; Wang, dkk. 2017). Sebaliknya, pada fase pupa terjadi peningkatan kandungan kitin pada eksoskeleton yang bersifat antinutrisi, sehingga kurang layak dijadikan bahan pakan (Eggink & Dalsgaard, 2023).

Studi terbaru menunjukkan bahwa pemberian medium yang difermentasi dapat meningkatkan efisiensi konversi substrat menjadi biomassa larva. Proses fermentasi tidak hanya meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam substrat tetapi juga mengurangi kandungan senyawa berbahaya yang dapat menghambat pertumbuhan larva (Xiao, dkk. 2021). Selain itu, produk samping dari proses bio-konversi ini, seperti pupuk organik, memberikan manfaat tambahan dalam mendukung pertanian berkelanjutan (Tegtmeier, dkk. 2021).

Parameter penelitian seperti Efisiensi Konversi Pakan yang Dicerna (*Efficiency of Conversion of Digested Feed/ECD*) adalah indikator penting untuk mengevaluasi kemampuan larva BSF dalam mengubah substrat menjadi biomassa. ECD menggambarkan efisiensi penggunaan pakan yang dicerna oleh larva untuk pertumbuhan tubuh-

nya. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa substrat yang difermentasi dapat meningkatkan nilai ECD secara signifikan, mencerminkan efisiensi metabolisme yang lebih baik dalam larva (Cicková, dkk. 2021).

Indeks Pengurangan Limbah (*Waste Reduction Index*/WRI) menjadi parameter penting lainnya untuk menilai kapasitas larva dalam mengurangi volume sampah organik. Parameter ini mengukur persentase substrat yang berhasil dikonsumsi dan diubah oleh larva dalam satu siklus. WRI yang tinggi menunjukkan kemampuan optimal larva dalam memanfaatkan substrat, sehingga memberikan solusi efektif dalam mengurangi akumulasi limbah (Rachmawati, dkk. 2022).

Selain itu, potensi reproduksi larva BSF, seperti fekunditas dan fertilitas, adalah indikator utama keberlanjutan populasi larva untuk aplikasi skala besar. Fekunditas menggambarkan jumlah telur yang dihasilkan, sedangkan fertilitas mengacu pada persentase telur yang berhasil menetas. Studi menunjukkan bahwa substrat dengan kualitas tinggi dapat meningkatkan kedua parameter ini, memastikan siklus hidup larva yang lebih produktif dan efisien (Booth, dkk. 2020).

Larva BSF yang dihasilkan melalui proses bio-konversi sampah organik sisa makanan terbukti memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, terutama protein kasar yang berkisar antara 30% hingga 60%, serta asam lemak esensial seperti asam laurat yang berperan penting dalam pertumbuhan ternak (Hartono, dkk. 2021; Khoerunnisa, dkk.

2024). Efisiensi reduksi limbah oleh BSFL mencapai 80–92%, tergantung pada jenis dan proporsi substrat yang digunakan, sehingga menjadikan BSFL tidak hanya sebagai solusi pengelolaan limbah organik, tetapi juga sebagai sumber pakan lokal alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Kleden, dkk. 2023; Setiawan, dkk. 2023). Dengan demikian, pemanfaatan larva BSF dari sisa makanan tidak hanya menjawab tantangan pengelolaan sampah, tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap pengembangan pakan ternak lokal yang berkualitas tinggi dan berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi bio-konversi dan produktivitas larva BSF pada medium berbasis sampah organik. Eksplorasi potensi larva BSF diharapkan mampu menghasilkan solusi yang efektif dalam mengelola limbah organik sekaligus mendukung pengembangan pakan ternak lokal yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pengembangan pakan ternak lokal merujuk pada upaya mengolah sumber daya organik yang tersedia di lingkungan sekitar menjadi pakan alternatif berbasis larva BSF, yang bernilai gizi tinggi dan mudah diproduksi secara mandiri.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Terpadu (*screen house*) serta di Laboratorium Entomologi dan Fisiologi Hewan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Sampah organik sisa makanan yang digunakan berasal dari Pondok

Modern Pesantren Al-Aqsha Cibeusi, Kec. Jatinangor, Kab. Sumedang, Jawa Barat. Telur BSF diperoleh dari pusat budidaya larva BSF di Cibiru, Kota Bandung.

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan meliputi cup plastik volume 250 ml untuk pemeliharaan larva BSF, termohigrometer untuk mengukur suhu dan kelembapan, luxmeter untuk mengukur intensitas cahaya, kandang pemeliharaan BSF fase imago/dewasa berukuran 30×30×30 cm. Adapun bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampah organik sisa makanan, telur BSF, dan pakan ayam. Pada proses fermentasi digunakan larutan EM4 atau *Effective*

Microorganisme 4 khusus peternakan 1 ml larutan diberikan pada 1 kg sampah organik. Sedangkan pakan ayam merek PP digunakan sebagai medium kontrol.

Rancangan penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 6 perlakuan dengan masing-masing 3 ulangan (Tabel 1). Perlakuan pakan ayam yang ditambahkan air sehingga kelembapan minimal 60% sebagai kontrol (K), sampah organik sisa makanan non fermentasi (NF), dan sampah organik sisa makanan fermentasi (F) dengan dua dosis berbeda yaitu 100 mg/larva/hari dan 150 mg/larva/hari.

Tabel 1. Rancangan penelitian enam perlakuan dan tiga ulangan

Ulangan	K100	K150	NF100	NF150	F100	F150
1	KUB1	KUB4	NFUB1	NFUB4	FUB1	FUB4
2	KUB2	KUB5	NFUB2	NFUB5	FUB2	FUB5
3	KUB3	KUB6	NFUB3	NFUB6	FUB3	FUB6

Keterangan:

K100 = Kontrol pada 100 larva BSF dosis pakan ayam 100 mg/larva/hari

K150 = Kontrol pada 100 larva BSF dosis pakan ayam 150 mg/larva/hari

NF100 = Perlakuan pada 100 larva BSF dosis sampah organik non fermentasi 100 mg/larva/hari

NF150 = Perlakuan pada 100 larva BSF dosis sampah organik non fermentasi 150 mg/larva/hari

F100 = Perlakuan pada 100 larva BSF dosis sampah organik fermentasi 100 mg/larva/hari

F150 = Perlakuan pada 100 larva BSF dosis sampah organik fermentasi 150 mg/larva/hari

Tabel 2. Hasil analisis proksimat BSF prepupa yang dipelihara pada beragam jenis pakan

Jenis Nutrisi	Pakan ayam	Sampah Nonfermentasi	Sampah Fermentasi
Air %	7,39	48,26	40,45
Abu %	5,26	8,93	9,69
Protein %	25,32	52,78	49,6
Serat %	4,21	4,29	5,22
Lemak %	6,42	14,67	16,72
Karbohidrat %	58,79	19,33	18,77
Energi Bruto (Kkal/Kg)	3240	4823	4904

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan protein, lemak, karbohidrat, kadar abu, kadar serat dan kadar air pada prepupa BSF yang potensial untuk dijadikan sumber pakan ternak alternatif. Pengaruh pemberian jenis pakan yang berbeda akan mempengaruhi kandungan proksimat pada prepupa BSF. Berikut hasil analisis proksimat pada dari prepupa BSF yang dipelihara pada perlakuan pakan ayam, sampah sisa makanan non fermentasi dan dan sampah sisa makanan fermentasi (Tabel 2.).

Prosedur penelitian diawali dengan penetasan telur BSF pada medium pakan ayam untuk mendapatkan 1800 ekor larva untuk semua perlakuan. Selanjutnya, media pertumbuhan larva disiapkan dengan mengumpulkan sampah organik sisa makanan (campuran sisa nasi, lauk pauk protein hewani dan nabati, sayuran, serta kulit buah). Perlakuan fermentasi dilakukan dengan menambahkan 5 ml EM4 pada setiap 1 kg sampah organik sisa makanan, kemudian difermentasi selama 5 hari dalam wadah plastik kedap udara.

Larva BSF berumur 7 hari yang berukuran homogen dipelihara pada media tumbuh semua perlakuan yang telah disiapkan hingga mencapai minimal 50% larva menjadi prepupa. Setiap tiga hari sekali, dilakukan pengukuran berat larva untuk memantau pertumbuhannya. Setelah memasuki fase pupa dipindahkan ke wadah kering yang terlindung dari sinar matahari. Pada fase imago/dewasa, BSF diperlihara pada kandang kawin yang dilengkapi dengan air minum, ovitrap, dan atraktan (sampah sisa makanan yang membusuk) untuk mendukung proses reproduksi.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi pertumbuhan larva, waktu perkembangan, efisiensi konversi pakan tercerna (*Efficiency of Conversion of Digested feed / ECD*), indeks reduksi limbah (WRI), komponen konversi (residu, biomassa, metabolisme), serta reproduksi dan tingkat fertilitas telur. Perhitungan ECD berdasarkan Scriber & Slansky (1981) adalah sebagai berikut:

$$ECD (\%) = \frac{\text{Berat Biomassa Larva yang Dihasilkan (g)}}{\text{Berat Pakan yang Dicerna (g)}} \times 100\%$$

Keterangan:

ECD = Efisiensi konversi pakan (%)

Perhitungan nilai indeks reduksi sampah/WRI mengikuti Diener, dkk. (2009):

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$

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

Keterangan:

W = jumlah total pakan yang digunakan (berat kering) (mg)

D = tingkat konsumsi substrat

t = waktu total percobaan larva menjadi prepupa (hari)

R = residu total yang teramati (mg)

Keterangan :

W = jumlah total pakan yang digunakan (berat kering) (mg)

D = tingkat konsumsi substrat

T = waktu total percobaan larva menjadi prepupa (hari)

R = residu total yang teramati (mg)

Perhitungan residu (%), mengukur berapa banyak sisa media (pakan) yang tidak dimakan / tidak terurai oleh larva:

$$\text{Residu (\%)} = \left(\frac{\text{Berat Residu Kering (g)}}{\text{Berat Substrat Awal Kering (g)}} \right) \times 100$$

Perhitungan biomassa (%), mengukur efisiensi konversi substrat menjadi biomassa larva:

$$\text{Biomassa (\%)} = \left(\frac{\text{Berat Larva Kering yang Dihasilkan (g)}}{\text{Berat Substrat Awal Kering (g)}} \right) \times 100$$

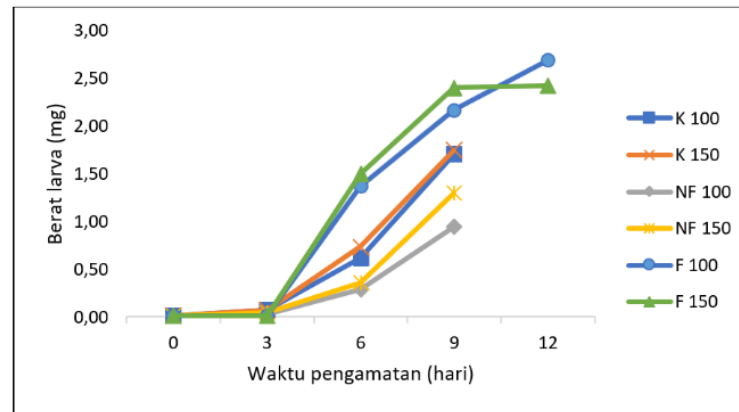
Perhitungan metabolisme (%), metabolisme di sini adalah bagian dari substrat yang digunakan larva untuk aktivitas metabolik, seperti respirasi, pembentukan enzim, ekskresi, dll., dan tidak menjadi residu atau biomassa.

$$\text{Metabolisme (\%)} = 100 - \text{Residu (\%)} - \text{Biomassa (\%)}$$

Data dianalisis menggunakan software SPSS 25 *for Windows* dengan uji One Way ANOVA untuk mengetahui perbedaan nyata pada perlakuan. Perbedaan yang nyata diantara perlakuan dilanjutkan dengan uji Post-hoc Duncan dengan taraf signifikansi $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran rata-rata berat larva setiap tiga hari sekali hingga 50% larva mencapai tahap prepupa, diketahui terjadinya pertambahan biomassa larva BSF pada semua perlakuan (Gambar 1). Rata-rata pertumbuhan biomassa larva pada pakan sampah sisa makanan fermentasi atau F100 dan F150 menghasilkan pertumbuhan berat larva paling tinggi meski memerlukan lebih lama dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Fermentasi media pakan untuk larva BSF dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan larva dengan cara yang berbeda dibandingkan dengan media yang tidak difermentasi.

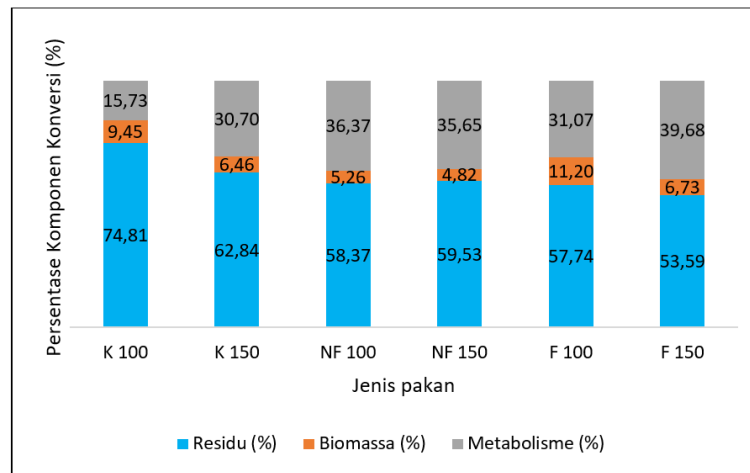


Gambar 1. Pertumbuhan biomassa larva BSF per tiga hari pada perlakuan pakan ayam (K), sampah sisa makanan non fermentasi (NF), dan sampah sisa makan fermentasi (F) dengan dosis 100 dan 150 mg/larva/hari.

Fermentasi dapat memecah senyawa kompleks dalam substrat menjadi bentuk yang lebih sederhana dan lebih mudah dicerna oleh larva, seperti protein dan asam amino esensial. Proses ini meningkatkan ketersediaan nutrisi yang mendukung pertumbuhan larva BSF, sehingga membantu larva mencapai berat akhir yang lebih besar (Permatasari, dkk. 2023). Fermentasi juga dapat menurunkan kandungan senyawa anti-nutrisi dalam media pakan, sehingga meningkatkan efisiensi pencernaan dan penyerapan nutrisi oleh larva. Dengan demikian, meskipun pertumbuhan biomassa mungkin lebih lambat, hasil akhirnya adalah larva dengan berat yang lebih besar (Irvan, dkk. 2017). Jumlah pakan yang diberikan per larva per hari sangat memengaruhi laju pertumbuhan dan bobot akhir larva. Pemberian pakan dalam jumlah lebih rendah (100 mg/larva/hari) dapat membatasi asupan nutrisi,

terutama jika media memiliki kandungan nutrisi yang belum optimal (non-fermentasi), sehingga pertumbuhan menjadi lambat dan biomassa yang dihasilkan lebih kecil. Sebaliknya, dosis pakan yang lebih tinggi (150 mg/larva/hari) mampu mencukupi kebutuhan energi dan protein larva, terutama jika disertai dengan fermentasi media yang meningkatkan ketersediaan nutrisi. Namun, pemberian pakan yang berlebihan tanpa manajemen substrat yang baik dapat menyebabkan akumulasi amonia atau asam organik berlebih, yang berdampak negatif pada pertumbuhan larva (Gold, dkk. 2020; Widjastuti, dkk. 2021).

Data persentase proporsi pakan relatif pada Gambar 2. menunjukkan total pakan yang diberikan yang dikonversi menjadi metabolisme larva, biomassa, serta nilai sisa pakan (residu).



Gambar 2. Persentase proporsi pakan relatif BSF pada perlakuan pakan ayam (K), sampah sisa makanan non fermentasi (NF), dan sampah sisa makan fermentasi (F) dengan dosis 100 dan 150 mg/larva/hari

Nilai biomassa tertinggi terdapat dalam perlakuan jenis pakan fermentasi dosis 100mg/hari/larva (F100) yaitu 11,20% dengan nilai residu 57,74%, dan metabolisme 31,07%. Biomassa tertinggi pada perlakuan F100 (pakan fermentasi, 100 mg/larva/hari) sebesar 11,20% diduga karena substrat hasil fermentasi memiliki ketersediaan nutrisi yang lebih tinggi dan mudah dicerna, meskipun diberikan dalam dosis rendah. Dosis ini kemungkinan juga menciptakan kondisi lingkungan yang stabil dan minim senyawa toksik seperti amonia, sehingga larva dapat memaksimalkan konversi pakan menjadi biomassa.

Secara ilmiah, fermentasi diketahui meningkatkan nilai nutrisi substrat dengan memecah senyawa kompleks menjadi bentuk sederhana seperti asam amino dan gula larut (Surendra, dkk. 2020; Wang, dkk. 2017). Dosis pakan yang terlalu tinggi justru dapat menurunkan efisiensi konversi karena memperburuk kondisi substrat (Gold,

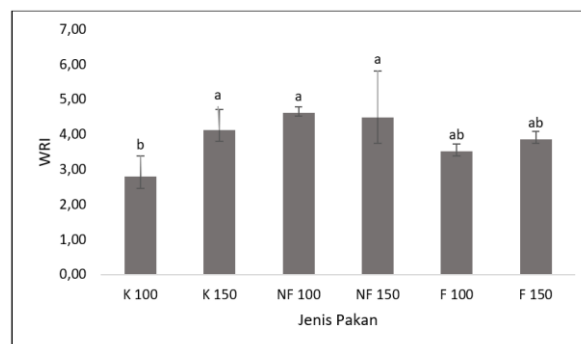
dkk. 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas pakan melalui fermentasi, dipadukan dengan dosis yang tepat, lebih efektif dalam mendukung pertumbuhan larva BSF.

Hasil ini sejalan dengan penelitian dari Damanik, dkk. (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan EM4 menghasilkan biomassa lebih tinggi dari perlakuan lainnya. EM4 mengandung berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri *Lactobacillus sp.*, *Streptomyces sp.*, ragi (*yeast*), dan *Actinomycetes* yang berperan dalam mempercepat proses degradasi sampah organik. Mikroorganisme ini bekerja secara sinergis untuk meningkatkan aktivitas dekomposisi, menekan pertumbuhan bakteri patogen, serta mendukung dominasi mikroba menguntungkan yang berperan dalam menjaga kestabilan ekosistem mikroba selama proses fermentasi (Permatasari, dkk. 2023). Pakan yang terkonversi dalam proses metabolisme persentase tertinggi terdapat pada perlakuan K150, dan

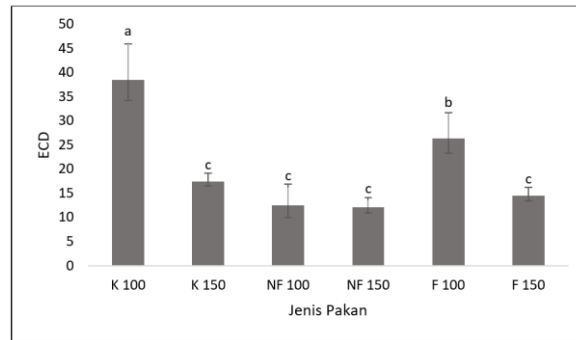
terendah untuk pakan F100. Metabolisme dalam pertumbuhan larva BSF berasal dari pakan yang dicerna dan diubah menjadi asimilat, melalui proses asimilasi. Asimilat diubah menjadi massa struktural untuk pertumbuhan dan perkembangan. (Padmanabha, dkk. 2020). Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan K150 membutuhkan lebih banyak energi bagi larva BSF untuk dapat mencerna dan dimanfaatkan dibandingkan dengan perlakuan F100. Pada perlakuan pakan F100 menunjukan larva BSF dapat mengubah pakan yang diberikan menjadi biomassa 11,20% dan metabolisme 31,07% lebih besar dari perlakuan jenis pakan yang lainnya.

Gambar 3. menunjukkan nilai indeks reduksi sampah/WRI oleh larva BSF terhadap jenis pakan yang berbeda. Nilai WRI tertinggi terdapat pada perlakuan NF100 (4,63), NF150 (4,50), dan K150 (4,13). Ketiga jenis

perlakuan tersebut menunjukkan tidak berbeda signifikan diantaranya namun berbeda signifikan dengan perlakuan jenis perlakuan lainnya yang berarti ketiga jenis perlakuan ini paling efisien dalam mereduksi sampah yang diberikan. Nilai WRI perlakuan sisa makanan fermentasi F100 (3,52) dan F150 (3,87) lebih rendah dibandingkan perlakuan non fermentasi NF100 dan NF150. Hal ini dapat dijelaskan oleh pengaruh sifat fisik dan kimia pakan fermentasi yang cenderung lebih kompleks, yang berpotensi memperlambat konsumsi larva (Nguyen, dkk. 2015). WRI yang tinggi menunjukkan kemampuan reduksi sampah paling efisien, sejalan dengan Diener, dkk. (2009) yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai WRI maka semakin efisiensi pengurangan sampah yang terkait dengan peningkatan laju dan efisiensi proses konsumsi.



Gambar 3. Nilai indeks reduksi sampah/WRI (*Waste Reduction Index*) pada semua perlakuan. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara perlakuan ($P < 0,05$).



Gambar 4. Nilai efisiensi konversi pakan tercerna/ECD (*Efficiency of Conversion Disgested Feed*) pada semua perlakuan. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara perlakuan ($P < 0,05$).

Gambar 4. menunjukkan nilai efisiensi konversi pakan/ECD oleh larva BSF terhadap jenis pakan dan dosis yang berbeda. Perbedaan nilai ECD yang muncul disebabkan oleh perbedaan kualitas substrat yang diberikan, substrat yang berkualitas rendah menghasilkan nilai ECD yang lebih rendah (Hakim, 2017). Kandungan nutrisi, banyaknya larva, pola makan (jumlah dan frekuensi) dapat berpengaruh besar terhadap proses konversi sampah organik (Dortmans, dkk. 2017). Semakin tinggi nilai ECD maka semakin tinggi pula tingkat efisiensinya.

Perlakuan K100 memiliki nilai ECD paling tinggi (39%) dan berbeda signifikan diantara perlakuan yang lainnya, namun tidak efisien dalam menghasilkan biomassa. Rendahnya jumlah pakan yang dikonsumsi mengakibatkan jumlah konsumsi substrat yang diubah menjadi biomassa pada larva BSF menjadi menurun, sehingga nilai ECD menurun dan bobot dari larva pun menurun. Adapun perlakuan F100 memiliki nilai ECD tertinggi kedua (26%) dan berbeda signifikan

dengan perlakuan lainnya dan sejalan dengan nilai biomassa yang paling tinggi, artinya perlakuan F100 paling efisien dalam mengonversi pakan tercerna menjadi biomassa. Hal ini bersesuaian dengan Julita, dkk. (2019) yang menyatakan nilai ECD sampah sisa makanan restoran lebih tinggi daripada sampah buah-buahan karena sampah restoran lebih mudah dicerna oleh larva dan diubah menjadi biomassa larva. Rendahnya nilai ECD berhubungan dengan kualitas ketersediaan pakan dan faktor lainnya. Larva BSF yang tidak dapat mencerna pakan secara efisien dapat menyebabkan nilai ECD yang lebih rendah (Gaisa, dkk. 2023).

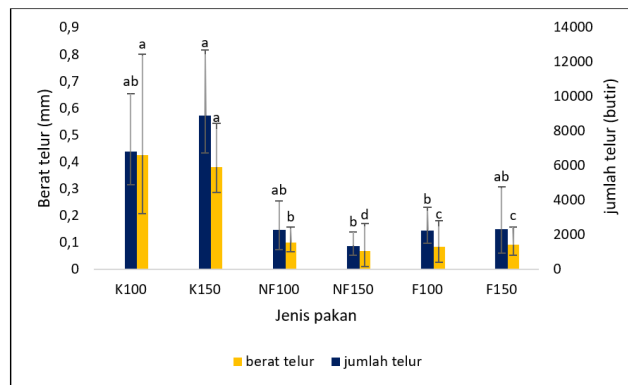
Sampah sisa makanan yang telah melalui proses fermentasi terbukti menjadi jenis pakan yang paling efisien untuk dikonversi oleh BSF menjadi biomassa prepupa. Proses fermentasi telah meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam substrat, terutama protein dan karbohidrat dalam bentuk sederhana, yang lebih mudah dicerna dan diserap oleh larva BSF. Selama fermentasi,

mikroorganisme memecah senyawa organik kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana seperti asam amino, gula larut, dan asam organik, sehingga mempercepat proses metabolisme larva (Surendra, dkk. 2020). Pakan yang sudah terfermentasi juga umumnya memiliki kelembaban dan tekstur yang sesuai untuk konsumsi larva, serta lebih homogen, sehingga larva dapat mengakses nutrisi secara merata. Selain itu, proses fermentasi dapat menurunkan kadar senyawa anti-nutrisi atau bahan toksik yang mungkin terdapat dalam limbah makanan segar, sehingga memperkecil stres fisiologis pada larva dan memaksimalkan energi untuk pertumbuhan (Gold, dkk. 2020). Dengan demikian, substrat hasil fermentasi memberikan keuntungan dalam efisiensi konversi menjadi biomassa, khususnya saat larva mencapai tahap prepupa, yang secara alami membutuhkan cadangan energi maksimal untuk proses metamorfosis.

Proses fermentasi tidak hanya meningkatkan nilai nutrisi substrat tetapi juga mengurangi senyawa antinutrisi, menjadikannya lebih mudah dicerna oleh larva (Lalander, dkk. 2019). Selain itu, fermentasi memecah molekul organik kompleks seperti lignoselulosa menjadi senyawa sederhana seperti gula dan asam lemak, yang dapat langsung dimetabolisme oleh larva (Gold, dkk. 2020). Biomassa prepupa hasil bio-konversi sampah organik mengandung protein dan lemak berkualitas tinggi, sehingga berpotensi menjadi alternatif pakan ternak yang

dapat mengurangi ketergantungan pada sumber pakan konvensional, memanfaatkan limbah secara efisien, serta menekan dampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran dan emisi gas rumah kaca (Wang, dkk. 2017). Penerapan metode ini juga mendukung upaya pengurangan limbah organik melalui bio-konversi, sejalan dengan konsep *circular economy* dalam pertanian modern (Surendra, dkk. 2020).

Nilai produktivitas BSF disajikan pada data fekunditas (Gambar 5) yang meliputi rata-rata berat telur (mg) dan jumlah telur (butir) yang dihasilkan. Jumlah telur yang dihasilkan oleh betina BSF dengan meletakkan telurnya di dekat bahan organik yang membusuk menurut Amalia, dkk. (2021) berkisar 400-800 butir telur. Adapun berat perbutir telur menurut Monik, dkk. (2017) berkisar 0,023-0,025mg dengan jumlah yang dihasilkan berkisar 206-639 butir. Hasil pengukuran fekunditas menunjukkan bahwa keenam perlakuan memiliki berat dan jumlah telur yang dihasilkan berbeda-beda. BSF dengan perlakuan jenis pakan fermentasi (F100 dan F150) menghasilkan fekunditas yang cukup tinggi dengan rata-rata berat dan jumlah telur yang didapat F150 sebanyak 0,034 mg dan 887 butir sedangkan F100 mendapatkan berat 0,025 mg dan jumlah 695 butir. Meskipun tidak sebesar kontrol pakan ayam pada K150 menghasilkan jumlah telur terbanyak dengan rata-rata berat 0,079 mg dan Jumlah 1867,14 butir. Ini mengindikasikan bahwa larva yang



Gambar 5. Fekunditas rata-rata BSF yang meliputi jumlah telur dan berat telur. Huruf yang berbeda pada perlakuan yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

diberi pakan yang lebih berkualitas menghasilkan lebih banyak telur dan telur yang lebih berat. Proses fermentasi dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi yang lebih baik sehingga lebih optimal untuk larva dalam menyimpan nutrisi yang akan digunakan untuk membantu proses reproduksi atau produksi telur (Gobbi, dkk. 2013).

Proses fermentasi dalam penelitian Pratama, dkk. (2022) menunjukkan stabilisasi pH medium fermentasi limbah kulit jeruk dan EM4, membuat medium lebih asam sehingga dapat mengurangi pertumbuhan mikroorganisme patogen yang mungkin mengganggu perkembangan larva dan telur. Sedangkan pada pakan non fermentasi (NF100 dan NF150) menunjukkan fekunditas yang lebih rendah, kemungkinan karena ketersediaan nutrisi yang didapatkan tidak dimanfaatkan baik oleh larva dalam menambah biomassa sehingga saat masa reproduksi BSF menghasilkan berat dan Jumlah telur yang lebih sedikit. Bertinetti, dkk. (2019) menyatakan bahwa cadangan lemak yang tersimpan dalam tubuh

BSF juga berpengaruh pada periode reproduksi. Selain itu pengaruh pada jumlah pakan yang dikonsumsi saat fase larva terhadap massa tubuh dan ukuran individu yang akan memaksimalkan produksi telur dengan kualitas makanan yang semakin tinggi maka semakin tinggi juga produksi telur yang dihasilkan (Monita, 2017).

KESIMPULAN

Perlakuan fermentasi dengan EM4 merupakan perlakuan paling efisien dalam proses bio-konversi sampah sisa makanan oleh larva BSF. Pakan fermentasi dengan dosis 100 mg/larva /hari menghasilkan biomassa larva BSF terbesar (11,20%) dan residu terendah (57,74%). Nilai efisiensi konversi energi (ECD) pada perlakuan ini, meskipun lebih rendah dari pakan kontrol, namun nilai pemanfaatan residu (WRI) lebih tinggi dibandingkan perlakuan sampah non fermentasi. Ini mengindikasikan bahwa lebih banyak energi dan nutrisi dari pakan yang berhasil dimanfaatkan untuk pertumbuhan larva. Perbandingan antara

pakan fermentasi (F), pakan ayam (K), dan pakan non-fermentasi (NF) menunjukkan bahwa pakan fermentasi memiliki potensi yang lebih baik dalam meningkatkan produktivitas BSF. Meskipun pakan K dan NF pada dosis tertentu menunjukkan hasil yang kompetitif, pakan fermentasi secara keseluruhan menawarkan keuntungan yang lebih konsisten.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang telah memberikan dukungan dana penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Dukungan ini sangat berarti dalam mendukung keberlanjutan penelitian ilmiah dan pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, A., Novirina, H. , Kabul, F., & Firra, R. (2021). *Lalat Tentara Hitam sebagai Alternatif Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga*. Cv Mitra Abisatya.

Bertinetti, C., Samayoa, A. C., dan Hwang S-Y. (2019): Effects of feeding adults of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on longevity, oviposition, and egg hatchability: insights into optimizing egg production, *Journal of Insect Science*, 19(1), 1–7.

Booth, D. T., Evans, J. P., & Thresher, R. E. (2020). The effects of substrate quality on fecundity and fertility in oviparous species. *Journal of Reproductive Biology and Ecology*, 12(3), 45-58.

Cicková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., et al. (2021). The use of black soldier fly larvae for organic waste reduction and protein recovery: A review. *Waste Management*, 45, 132-142. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.045>

Damanik, N. F., Putra, R. E., Kinasih, I., & Permana, A. D. (2023). Growth and Development Performance of *Hermetia Illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) Larvae on Fermented Palm Kernel Meal (Pkm) Substrate. *Hayati Journal of Biosciences*, 31(2), 317–327. <https://doi.org/10.4308/Hjb.31.2.317-327>

Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. *Waste Management & Amp; Research: The Journal For A Sustainable Circular Economy*, 27(6), 603–610. <https://doi.org/10.1177/0734242x09103838>

- Dortmans B.M.A., Egger J., Diener S., Zurbrugg C, B. (2021). *Black Soldier Fly Biowaste Processing A Step-By-Step Guide – 2nd Edition*.
- Eggink, K. M., & Dalsgaard, J. (2023). Chitin contents in different black soldier fly (*Hermetia illucens*) life stages. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(7), 855–863. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0145>
- Gaisa, S., Müller, C., & Richter, F. (2023). The relationship between ECD values and feed quality in Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*). *Journal of Insect Physiology and Bioconversion*, 34(2), 120-135.
- Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A. dan Rojo, S. (2013): The effect of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), *European Journal Entomology*, 110(3), 461-468.
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrugg, C., & Mathys, A. (2020). Decomposition of organic material by black soldier fly larvae: A review. *Waste Management*, 102, 246-259.
- Hakim, A. R., Prasetya, A., & Petrus, H. T. B. M. (2017). Studi Laju Umpam pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna Menggunakan Larva *Hermetia illucens*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 12(2). <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v12i2.469>
- Hartono, D., Sulistyo, H., & Wicaksono, A. (2021). Pengaruh komposisi pakan dan feeding rate terhadap efisiensi biokonversi dan kandungan nutrisi larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 34–42. <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jtkl/article/view/1590>
- Irvan, M., Sutrisno, E., & Pranoto, Y. (2017). Biomass growth and weight optimization in Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae under different feeding regimes. *Journal of Tropical Insect Science*, 27(4), 98-106.
- Julita, U., Fitri, L. L., Putra, R. E. dan Permana A. D. (2019): Survival and Reproductive Value of *Hermetia illucens* Stratiomyidae) on (Diptera: Vegetable and Fruits Waste Rearing Substrate, IOP Conf. Series: *Journal of Physics: Conference Series*, 1245, 012002.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). Data Jumlah Timbunan sampah pada Tahun 2023. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)
- Khoerunnisa, D. S., Puspitasari, I. A., & Widjanti, R. (2024). Penggunaan larva *Hermetia illucens* sebagai alternatif pakan hamster: Kajian nilai nutrisi dan preferensi pakan. *Repository IPB*.
<https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/153021>
- Kleden, Y., Azhar, M. S., & Djuanda, I. H. (2023). Pengelolaan limbah organik pasar menggunakan larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) untuk produksi pakan ternak dan pupuk organik. *Jurnal Bhuwana*, 9(2), 145–154.
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., & Vinnerås, B. (2019). Effects of substrate pre-treatment and its impact on the growth and feed conversion efficiency of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Waste Management*, 88, 33-42.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman>
- Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., Rehman, K., Li, W. & Zheng, L. (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of *Hermetia illucens*. *PLoS ONE*, 12(8), e0182601.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., et al. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776–5884.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.9213>
- Monik, R., Pratama, D., & Kusnadi, A. (2017). Egg characteristics and reproductive potential of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) under different environmental conditions. *Journal of Insect Biology*, 25(3), 112-119.
- Monita, L., Sutjahjo, S. H., Amin, A. A., & Fahmi, M. R. (2017a). Pengolahan Sampah Organik Perkotaan Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(3), 227–234.
<https://doi.org/10.29244/Jpsl.7.3.227-234>

- Nguyen, T. (2015). *Reproductive success and sexual selection in Drosophila melanogaster (Diptera: Drosophilidae)*, Thesis, The University of Western Ontario, Ontario, Canada.
- Padmanabha, M., Kobelski, A., Hempel, A.-J., & Streif, S. (2020). A Comprehensive Dynamic Growth and Development Model of *Hermetia illucens* Larvae. *Plos One*, 15(9), E0239084. <https://doi.org/10.1371/Journal.Pone.0239084>
- Permatasari, A., Sari, D. L., & Yuliana, F. (2023). The effect of substrate quality on nutrient availability and growth performance of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of Animal Science and Technology*, 34(2), 105-115.
- Pratama, R., Susanto, A., & Wijaya, M. (2022). Fermentation process of orange peel waste using EM4 to stabilize pH and reduce pathogenic microorganism growth. *Journal of Environmental Microbiology and Biotechnology*, 16(4), 243-251.
- Rachmawati, R., Santoso, M. S., & Prasetyo, L. (2022). Waste Reduction Index (WRI) as a parameter for evaluating the efficiency of Black Soldier Fly larvae in waste bioconversion. *Waste Management and Environmental Sustainability*, 14(3), 189-196.
- Scriber, J. M., & Slansky, F., Jr. (1981). The Nutritional Ecology of Immature Insects. *Annual Review of Entomology*, 26(1), 183-211.
- Setiawan, A., Budiyanto, M. A., & Surbakti, F. (2023). Kajian kombinasi pakan pada larva *Hermetia illucens* untuk produksi kasgot sebagai pupuk organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan LIPI*, 19(1), 22-30. <https://ejournal.brin.go.id/JTL/article/view/3612>
- Surendra, K.C., Tomberlin, J.K., van Huis, A., Cammack, J.A., Heckmann, L.-H., Khanal, S.K., (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management*, 117, 58-80.
- Surendra, K. C., Olivier, R., Tomberlin, J. K., Jha, R., & Khanal, S. K. (2020). Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable Energy*, 145, 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.017>

- Tegtmeier, D., Hurka, S., Walther, B., et al. (2021). Black soldier fly larvae as feed: A comprehensive review of the influence of dietary substrate on their nutritional composition. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124990. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124990>
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (*Diptera: Stratiomyidae*) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37(4), 345–352. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-37.4.345>
- Wang, Y. S., Shelomi, M., & Tomberlin, J. K. (2017). Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as a protein source in animal feed: A systematic review. *Livestock Science*, 210, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.01.006>
- Widjastuti, T., Herawati, H., & Wahyuni, H. I. (2021). The effect of different feeding levels on the growth and nutrient composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 23(1), 12–19. <https://doi.org/10.25077/jpi.23.1.12-19.2021>
- Widjastuti, T., Zainuddin, D., & Suprayogi, A. (2014). Pengaruh penggunaan tepung larva *Hermetia illucens* (L.) sebagai pengganti tepung ikan dalam ransum terhadap performa ayam broiler. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 16(1), 1–6. <https://doi.org/10.25077/jpi.16.1.1-6.2014>
- Xiao, Y., Zhang, Y., & Li, F. (2021). Fermentation of organic waste to improve nutrient availability and reduce harmful compounds for Black Soldier Fly larvae growth. *Journal of Environmental Management*, 278, 111456. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman>