

Biokonversi Limbah Roti Apkir Dan Ampas Tahu dengan Memanfaatkan Larva *Hermetia illucens*

Maduri Nur Balhis, Dyah Rini Indriyanti[✉], Priyanti Widiyaningrum, Ning Setiati

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 1 November 2022
Disetujui: 15 November 2022
Dipublikasikan: 30 November 2022

Keywords:

bioconversion; expired bread; tofu dregs; *Hermetia illucens* larvae

biokonversi; roti apkir; ampas tahu; larva *Hermetia illucens*

Abstract

Bioconversion is the process of converting organic matter into valuable products by involving living organisms. The bioconversion process can be used for the management of expired bread and tofu waste into feed for H. illucens larvae. H. illucens larvae are known to be rich in protein content that can be used as an alternative protein. This study aims to analyze the results of giving expired bread and tofu dregs to weight, survival rate, waste reduction index, and nutrition of H. illucens larvae. This study used an experimental method using a Rancangan Acak Lengkap (RAL) technique with four treatments and five replications. The organic waste used as feed media for H. illucens larvae were 100% expired bread (control), 10% expired bread 90% tofu dregs, 20% expired bread 80% tofu dregs, 30% expired bread 70% tofu dregs for each treatment. using 1333 (3.06 g) test animals obtained from the Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Negeri Semarang. The results showed H. illucens larvae fed 30% expired bread 70% tofu dregs gave the best results with an average weight of 0.21 g/larva, a survival rate of 96.5%, and a waste reduction index of 6.13% / day. The results of proximate nutrition analysis of H. illucens larvae showed the highest Protein content in feed with a high concentration of tofu waste (90% tofu waste) which was 43.14%, the highest fat content was found in larvae with 100% expired bread feed, which was 44.64%, while the water content in the highest larvae was found in the treatment of 20% expired bread 80% tofu dregs which was 6.8%.

Abstrak

Biokonversi merupakan proses pengubahan bahan organik menjadi produk bernilai dengan melibatkan organisme hidup. Proses biokonversi dapat dimanfaatkan untuk pengelolaan sampah roti apkir dan ampas tahu menjadi pakan larva *H. illucens*. Larva *H. illucens* dikenal kaya kandungan protein yang dapat digunakan sebagai protein alternatif. Penelitian ini bertujuan menganalisis hasil pemberian roti apkir dan ampas tahu terhadap bobot, tingkat kelulusan hidup, indeks pengurangan sampah, dan nutrisi larva *H. illucens*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen menggunakan teknik Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Sampah organik yang digunakan sebagai media pakan larva *H. illucens* adalah 100% roti apkir (kontrol), 10% roti apkir 90% ampas tahu, 20% roti apkir 80% ampas tahu, 30% roti apkir 70% ampas tahu masing-masing perlakuan menggunakan 1333 (3,06 g) hewan uji yang diperoleh dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Negeri Semarang. Hasil penelitian menunjukkan larva *H. illucens* yang diberi pakan 30% roti apkir 70% ampas tahu memberi hasil terbaik dengan rata-rata bobot 0,21 gr/larva, tingkat kelulusan hidup 96,5%, dan indeks pengurangan sampah 6,13%/hari. Hasil analisa nutrisi proksimat larva *H. illucens* menunjukkan kadar protein tertinggi pada pakan dengan konsentrasi ampas tahu tinggi (90% ampas tahu) yakni 43,14%, kadar lemak tertinggi terdapat pada larva dengan pakan roti apkir 100% yakni sebesar 44,64%, sedangkan kadar air pada larva tertinggi terdapat pada perlakuan 20% roti apkir 80% ampas tahu yakni sebesar 6,8%.

© 2022 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunungpati, Semarang
E-mail: dyahrini@mail.unnes.ac.id

p-ISSN 2252-6277
e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Produksi sampah di Indonesia terus meningkat tiap tahunnya berbanding lurus dengan meningkatnya populasi manusia. Data Sisten Informasi Pengelolaan Sampah Nasional menyatakan pada tahun 2020 sampah tahunan mengalami peningkatan sebanyak 9000 ton daripada tahun sebelumnya. Sampah sisa makanan mendominasi komposisi sampah yang ada di Kota Semarang pada tahun 2021 karena jumlahnya mencapai 60, 79%.

Roti apkir termasuk sampah organik yang dihasilkan industri pembuatan roti. Menurut (Saripudin *et al.*, 2019) pabrik roti menyumbang 25% dari total produksi sebab tidak terjual atau terbuang seperti pada pinggiran roti tawar. Berdasar survei beberapa tempat industri pembuatan roti sekitar Universitas Negeri Semarang, roti yang melewati tanggal kedaluwarsa yang telah ditentukan baik kondisi berjamur ataupun tidak ditumbuhi jamur biasanya akan langsung dibuang, namun bagi beberapa peternak memanfaatkan roti apkir untuk pakan berbagai hewan ternak.

Pabrik pembuatan tahu menghasilkan ampas tahu lebih banyak dari kedelai bahan produksi karena ampas tahu memiliki kandungan air yang tinggi. Dalam proses pembuatan tahu, pabrik tahu menghasilkan 3,5 kwintal ampas tahu segar dari 3 kwintal kedelai bahan produksi (Andayani *et al.*, 2021). Banyaknya kandungan air dalam ampas tahu dapat berdampak merugikan karena menyebabkan ampas tahu mudah basi, apabila melebihi satu hari ampas tahu yang tidak termanfaatkan dapat menimbulkan bau busuk yang menyebabkan polusi bau dan lingkungan. Padahal dalam ampas tahu memiliki komposisi gizi yang tinggi, Data Komposisi Pangan Indonesia 2022 menyebutkan dalam ampas tahu 100 g mengandung air 84,1 g, protein 5,0 g, lemak 2,1 g, dan karbohidrat 8,1 g.

Besarnya timbulan sampah yang ada di masyarakat perlu adanya tindakan pengelolaan sampah yang efisien. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu UNNES biasa memanfaatkan larva dari *H. illucens* atau biasa disebut *maggot* untuk membantu pengolahan sampah organik seperti sampah sisa makanan, buah busuk, atau limbah organik yang dihasilkan masyarakat maupun industri di sekitar wilayah UNNES. Larva *H. illucens* dikenal sebagai agen biokonversi karena mampu mengubah bahan organik menjadi produk yang lebih bernilai. Keunggulan lain dari larva *H. illucens* adalah memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga mampu mencukupi protein alternatif untuk pakan berbagai hewan ternak dan perikanan karena memenuhi syarat mengandung protein lebih dari 19% (Nangoy *et al.*, 2017). Menurut (Cahyani *et al.*, 2020) larva *H. illucens* dianggap menghasilkan produk yang lebih bernilai karena memiliki kandungan protein 49,67%, karbohidrat 0,18%, dan lemak sebesar 21,17%. Syarat lain pakan dianggap sebagai protein alternatif adalah tidak bersifat zoonis yang berbahaya bagi ternak, mampu mencukupi kebutuhan protein secara terus menerus, serta tidak berkompetisi dengan manusia (Wardhana, 2017).

Permasalahan limbah organik yang dihasilkan dari berbagai sektor termasuk roti apkir dan ampas tahu ditambah permasalahan kebutuhan protein alternatif yang semakin diperlukan maka kehadiran larva *H. illucens* menguntungkan untuk mendukung langkah preventif pencemaran lingkungan dan memenuhi permintaan protein alternatif. Kombinasi roti apkir dan ampas tahu yang

masih belum dimanfaatkan secara maksimal namun masih memiliki kandungan nutrisi yang tinggi terutama protein dan lemak perlu diolah untuk memaksimalkan kualitas dan kuantitas larva *H. illucens*.

Penelitian ini bertujuan menganalisis hasil pemberian roti apkir dan ampas tahu terhadap bobot, tingkat kelulusan hidup, indeks pengurangan sampah, dan nutrisi larva *H. illucens*. Penelitian ini diharapkan menjadi solusi untuk mengurangi limbah roti apkir dan ampas tahu, serta mampu menghasilkan protein alternatif yang bermanfaat bagi pemilik usaha peternakan dan perikanan.

METODE

Hewan uji yakni larva *H. illucens* diperoleh dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Negeri Semarang (UNNES). Kegiatan penelitian dilakukan di TPST UNNES. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai Februari 2022. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan teknik Rancangan Acak Lengkap (RAL) nonfaktorial dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan. Jumlah larva yang ditebar pada media mengikuti Dortmans *et al* (2017), kepadatan larva untuk setiap 60 kg sampah organik, larva yang ditebar sebanyak 40.000 ekor. Oleh karena itu, dalam 2 kg sampah roti apkir dan ampas tahu masing-masing perlakuan ditebar larva *H. illucens* berjumlah 1333 ekor (penghitungan jumlah larva dengan cara *sampling* sebanyak tiga kali, hasil *sampling* menunjukkan 1333 ekor larva setara dengan 3,06 g). Variabel bebas meliputi variasi konsentrasi pakan larva *H. illucens* yakni 100% roti apkir (2 kg roti apkir) sebagai kontrol, 10% roti apkir 90% ampas tahu (0,2 kg roti apkir 1,8 kg ampas tahu), 20% roti apkir 80% ampas tahu (0,4 kg roti apkir 1,6 kg ampas tahu), 30% roti apkir 70% ampas tahu (0,6 kg roti apkir 1,4 kg ampas tahu). Variabel terikat berupa bobot larva *H. illucens*, tingkat kelulusan hidup, indeks pengurangan limbah, dan kandungan proksimat larva *H. illucens* kering. Variabel kontrol meliputi umur larva *H. illucens*, jumlah larva *H. illucens*, dan durasi waktu pemberian pakan.

Persiapan

Roti apkir dikumpulkan dari toko roti dan industri pembuatan roti kemudian dihancurkan dan diberi air 30% untuk memudahkan konversi oleh larva *H. illucens*. Ampas tahu diambil dari industri pembuatan tahu di sekitar UNNES. Larva *H. illucens* diperoleh dari telur hasil perkawinan lalat BSF di TPST UNNES.

Pembiakan Larva *H. illucens*

Setiap wadah plastik diisi roti apkir dan ampas tahu dengan persentase sesuai rancangan penelitian. Total media pakan yang digunakan pada masing-masing perlakuan berjumlah 2 kg dan larva yang ditebar sebanyak 1333 ekor/wadah plastik mengikuti panduan pada buku yang ditulis Dortsman *et al* (2017), kepadatan larva untuk setiap 60 kg sampah organik ditebar larva sebanyak 40.000 ekor. Masing-masing wadah plastik diberi jaring penutup dan ditaruh di atas krat yang sudah diberi kompos untuk mencegah larva keluar. Masing-masing krat disusun dan ditata pada rak.

Pengamatan Kondisi Pakan

Kondisi pakan larva *H. illucens* rutin diamati setiap satu hari sekali untuk memastikan pakan dalam kondisi aman tidak ada gangguan dari luar serta mempertahankan supaya pakan stabil. Pertumbuhan dan perkembangan larva sangat dipengaruhi oleh media pakannya untuk pertumbuhan yang optimal.

Panen Larva

Panen larva dilakukan pada hari ke-10 dengan cara memisahkan larva dari pakan memanfaatkan air, kemudian disaring, dan ditaruh pada wadah yang bersih. Larva yang telah dibersihkan perlu diangin-anginkan supaya tidak ada sisa air yang menempel pada tubuh larva.

Pengukuran Data

Bobot Individu Larva

Bobot individu larva dihitung saat akhir pemeliharaan (hari ke-10) dengan cara *sampling* secara acak, 200 larva ditimbang kemudian dihitung rata-ratanya sehingga dihasilkan rata-rata bobot individu larva.

Tingkat Kelulusan Hidup Larva

Tingkat kelulusan hidup larva menandakan persentase jumlah larva yang mampu bertahan hidup sampai akhir pemeliharaan. Tingkat kelulusan hidup dihitung dengan cara jumlah jumlah larva yang masih hidup sampai akhir pemeliharaan dibagi jumlah larva yang ditebar pada awal pemeliharaan dikalikan 100%.

Indeks Pengurangan Sampah oleh Larva

Indeks pengurangan limbah (*waste reduction index/* WRI) menandakan kemampuan larva mengurangi limbah roti apkir dan ampas tahu.

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

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

Keterangan:

W : jumlah umpan total (g)

t : total waktu larva memakan umpan (hari)

R : sisa umpan total setelah waktu tertentu (g)

D : penurunan umpan total

WRI: indeks pengurangan limbah (*Waste reduction index*)

Analisa Proksimat Larva Kering

Analisa uji proksimat dilakukan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah (BPTP Jateng). Uji dilakukan pada pop larva yang memiliki karakteristik kering, renyah, dan mengembang. Pop larva dibuat dengan cara larva yang sudah dipanen perlu dibunuh dengan disiram air mendidih lalu

didiamkan selama 2 menit, kemudian diangin-anginkan sampai kering. Pembuatan pop larva memakai *air fryer* selama 15 menit dengan suhu 200°C dengan rincian setiap 5 menit harus dibolak-balik (Kora, 2019). Selanjutnya di analisa kandungan proksimat larva.

Analisis Data

Data yang diperoleh berupa rata-rata bobot individu larva, tingkat kelulusan hidup, dan indeks pengurangan sampah dianalisis secara kuantitatif memanfaatkan program SPSS. Data diuji normalitas dan uji homogenitas, apabila data yang bersifat normal dan homogen kemudian dianalisis One Way ANOVA dan uji lanjut LSD untuk mengetahui apakah antarperlakuan terdapat perbedaan signifikan. Data kandungan proksimat larva kering dianalisa secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji ANOVA pada data bobot, tingkat kelulusan hidup, dan indeks pengurangan sampah oleh larva menunjukkan nilai signifikan pada perlakuan adalah $0,00 < 0,05$, berdasarkan data yang signifikan tersebut dapat diartikan konsentrasi roti apkir dan ampas tahu sebagai pakan larva *H. illucens* mempengaruhi bobot, tingkat kelulusan hidup, dan indeks pengurangan sampah. Selanjutnya perbedaan antar kelompok perlakuan diuji menggunakan uji *Post Hoc* LSD. Data bobot, tingkat kelangsungan hidup, dan indeks pengurangan sampah dari hasil uji LSD disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis bobot, tingkat kelulusan hidup, dan indeks pengurangan sampah oleh larva *H. illucens*

Parameter	Perlakuan			
	Roti Apkir (%) / Ampas Tahu (%)			
	100/0	10/90	20/80	30/70
Bobot Individu Larva (g/larva)	0,16 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,01 ^b	0,21 ± 0,02 ^c
Tingkat kelulusan hidup larva (%)	75,80 ± 5,95 ^a	91,38 ± 10,59 ^b	91,31 ± 3,47 ^b	96,26 ± 3,05 ^b
Indeks Pengurangan Sampah (%/hari)	3,87 ± 0,39 ^a	6,26 ± 0,77 ^b	5,72 ± 1,22 ^b	7,50 ± 0,64 ^c

Bobot Individu Larva

Berdasarkan pada Tabel 1 diketahui bahwa rata-rata bobot individu larva terendah terdapat pada pakan kombinasi 100% roti apkir kemudian 10% roti apkir 90% ampas tahu. Bobot larva sangat dipengaruhi oleh kondisi pakan. Kondisi pakan roti apkir 100% bertekstur berbusa, berair, dan berminyak, sedangkan kondisi pakan 10% roti apkir 90% ampas tahu memiliki tekstur berair. Kondisi pakan yang memiliki tekstur berair atau berbusa merugikan karena larva akan sulit mencerna dan sulit bernapas sehingga larva akan keluar dari tempat pemeliharaan yang berdampak pada pakan tidak akan dikonsumsi untuk perkembangan tubuh.

Faktor lain yang mempengaruhi bobot larva adalah kandungan nutrisi pakan. Perpaduan pakan akan lebih menguntungkan untuk pertumbuhan bobot larva karena nutrisi yang saling melengkapi. Hasil pengamatan kandungan nutrisi roti kedaluwarsa yang digunakan sebagai pakan pada penelitian ini mengandung protein 2,45%, lemak 16,12%, kadar air 55,16%, kadar abu 0,76%, dan serat 1,58%. Menurut Masir *et al.*, (2020) menyebutkan bahwa ampas tahu mengandung protein 21%, lemak 3,79%, air 51,63%, serta abu 1,21% .

Protein dan kalori termasuk unsur nutrisi penting yang dibutuhkan larva. Protein berperan meningkatkan bobot dan mempercepat siklus larva (Pliantiangtam *et al.*, 2021). Kandungan protein terutama kimotripsin dan tripsin berperan memproses hasil pencernaan untuk meningkatkan pertumbuhan bobot larva, kimotripsin yang tinggi akan menghasilkan bobot larva yang tinggi pula (Intayung *et al.*, 2021). Kandungan kalori yang rendah (lemak dan/atau karbohidrat) akan menghambat pertumbuhan larva karena fungsi kalori adalah sebagai sumber energi untuk metabolisme larva (Nguyen *et al.*, 2013). Hasil terendah dan tertinggi menunjukkan roti apkir dan ampas tahu murni tidak mampu menaikkan bobot larva tinggi karena nutrisi yang tidak saling melengkapi.

Tingkat Kelulusan Hidup Larva

Hasil analisis menunjukkan tingkat kelulusan hidup larva tertinggi terdapat pada pakan kombinasi 30% roti apkir 70% ampas tahu. Berdasarkan data tersebut mengindikasikan bahwa kondisi pakan sangat mempengaruhi tingkat kelulusan hidup larva, pakan 30% roti apkir 70% ampas tahu memiliki tekstur remah dan tidak terlalu berair sehingga cocok untuk kelangsungan hidup larva. Sedangkan kelulusan hidup yang rendah pada pakan dengan kandungan lemak tinggi (100% roti apkir), hal tersebut mengindikasikan bahwa larva tidak mampu menyerap kandungan lemak tinggi secara langsung untuk sumber energi, seperti pada kadar asam linolenat yang tinggi hanya akan diserap 13% oleh larva (Hoc *et al.*, 2020). Faktor penting yang mempengaruhi tingkat kelulusan hidup larva adalah kandungan air yang tinggi. Kandungan air yang tinggi menyebabkan kondisi anaerobik sehingga proses respirasi larva terganggu (Barros *et al.*, 2019) dan menimbulkan kandungan nitrogen berlebih sehingga menyebabkan keadaan toksik bagi larva saat proses penguraian sampah dengan terbentuknya metana (CH₄) dan amonia (NH₃) (Elvita & Arseto, 2015).

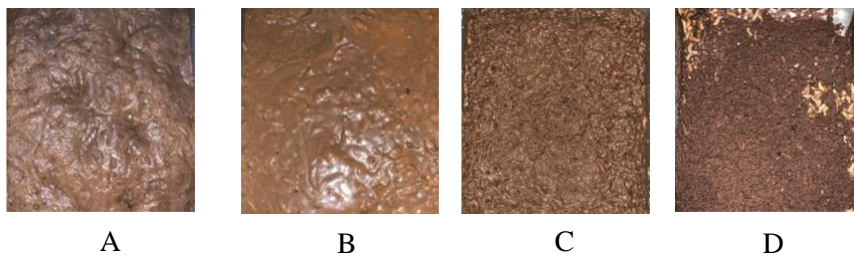
Perlakuan dengan ampas tahu memiliki rata-rata tingkat kelulusan hidup diatas 90% menunjukkan bahwa kandungan protein yang tinggi pada pakan juga berperan mendukung daya tahan tubuh dan imunitas larva untuk mempertahankan hidup. Media pakan yang basah namun tidak berair menguntungkan daya tahan hidup larva karena larva tidak kekurangan oksigen dan masih mudah mencerna pakan.

Indeks Pengurangan Sampah oleh Larva

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan indeks pengurangan sampah oleh larva terendah terdapat pada pakan 100% roti apkir, kelompok perlakuan kontrol dengan nonkontrol berbeda signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perpaduan tekstur serta kandungan nutrisi protein dan lemak merupakan pakan yang lebih disukai larva sehingga meningkatkan konsumsi sampah. Perlakuan kontrol yang memiliki kandungan lemak dan air tinggi justru merugikan karena larva sulit untuk mencerna dan mereduksi sampah. Larva mengalami kesulitan mengakses sumber makanan dalam keadaan anaerobik, sehingga laju pertumbuhan dan proses konversi sampah terhambat.

Nilai indeks pengurangan sampah yang rendah ditandai dengan residu pakan selama perlakuan masih banyak dikarenakan larva mengkonsumsi sedikit pakan serta menyisakan pakan dan kotoran larva yang banyak (Permana *et al.*, 2022). Nilai indeks pengurangan sampah yang tinggi menandakan nilai efisiensi pakan sampah yang baik. Berdasarkan data persentase yang dihasilkan, indeks pengurangan sampah selaras dengan tingkat kelulusan hidup yang mengindikasikan bahwa jumlah larva yang bertahan hidup mempengaruhi reduksi sampah.

Proses reduksi sampah yang dilakukan mempengaruhi tekstur pakan (Gambar 1). Berdasarkan pengamatan hasil kondisi media pakan menunjukkan adanya bukti proses pengolahan limbah oleh larva *H.illucens* terlihat dari warna maupun perubahan tekstur kasar menjadi halus. Kondisi akhir pakan umumnya memiliki kadar air lebih besar karena adanya proses dekomposisi oleh larva yang digunakan untuk metabolisme dan dikeluarkan sebagai hasil ekskresi dan pencernaan berupa residu cair maupun padatan yang lebih halus dan lembab daripada kondisi pakan sebelum diberi larva *H.illucens* (Kusumawati *et al.*, 2020).



Gambar 1. Kondisi akhir pakan A. 100% roti apkir, B. 10% roti apkir 90% ampas tahu, C. 20% roti apkir 80% ampas tahu, D. 30% roti apkir 70% ampas tahu.

Kandungan Proksimat Larva Kering

Perbedaan kandungan nutrisi larva *H.illucens* kering yang diberi pakan roti apkir dan ampas tahu disajikan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil uji analisis proksimat larva *H.illucens*

Proksimat	Kandungan Proksimat Larva <i>H.illucens</i>			
	Roti Apkir(%)/Ampas Tahu (%)			
	100/0	10/90	20/80	30/70
Protein (%)	36,53	43,14	37,9	40,76
Lemak (%)	44,64	29,48	37,54	40,01
Kadar Abu (%)	3,91	7,71	6,54	5,64
Serat Kasar (%)	7,41	27,75	31,71	24,41
Kadar Air (%)	4,51	5,13	6,8	3,41

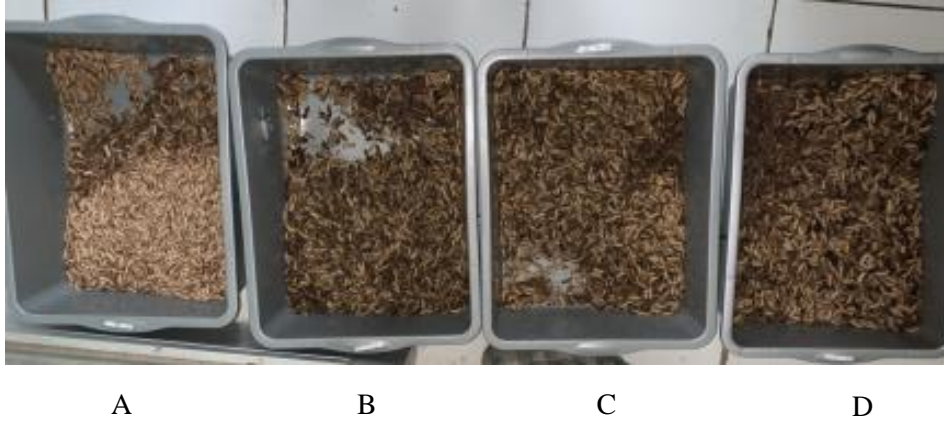
Larva *H.illucens* terkenal dengan nutrisi unggulan berupa kandungan protein dan lemak yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan sebagai pakan protein alternatif untuk ternak. Berdasarkan Tabel 2 diketahui kandungan protein tertinggi terdapat pada perlakuan dengan komposisi pakan 90% ampas tahu yakni 43,14%. Ampas tahu dikenal sebagai bahan organik yang memiliki kandungan protein tinggi sebesar 21%. Kandungan protein terendah terdapat pada larva dengan pakan 100% roti apkir yang hanya mengandung 2,45% protein. Larva memanfaatkan protein pakan untuk membentuk protein tubuhnya. Jika kuantitas dan kualitas kandungan protein pakan tinggi maka akan berpengaruh positif pada kuantitas dan kualitas kandungan protein larva *H. illucens* (Katayane *et al.*, 2014).

Kandungan lemak larva tertinggi terdapat pada perlakuan dengan komposisi pakan 100% roti apkir sebanding dengan tingginya kandungan lemak roti apkir yang digunakan pada penelitian ini sebesar 16,12%. Diartikan bahwa larva memanfaatkan nutrisi lemak pada pakan untuk membentuk lemak pada tubuhnya. Menurut Intayung *et al.*, (2021) pada usus larva terdapat enzim yang membantu pencernaan berupa glikosidase (amilase, trehalase, dan selulase), lipase, dan protease untuk merubah sampah organik menjadi berbagai kandungan nutrisi tubuh seperti protein, lemak, dan kalori.

Kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan dengan komposisi pakan 90% ampas tahu, sebanding dengan tingginya kadar abu pada ampas tahu yakni 1,71%. Kadar abu terendah terdapat pada perlakuan 100% roti apkir sebanding dengan rendahnya kadar abu roti apkir yang digunakan dalam penelitian ini yakni 0,76%. Dapat disimpulkan bahwa kadar abu larva berkorelasi dengan kadar abu pakan. Hasil kadar abu pada penelitian ini tergolong ideal sesuai dengan ketentuan SNI 01- 2693-1992, kadar abu yang dibutuhkan untuk produk perikanan berkisar 1 - 8%. Semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan menandakan tingginya unsur mineral dan anorganik dalam larva kering.

Kandungan serat kasar terdapat pada larva dengan perlakuan 100% roti apkir dipengaruhi oleh kandungan serat kasar pada roti apkir yakni hanya 1,58%, pada perlakuan kontrol ini berbeda jauh dengan kandungan serat kasar pada perlakuan nonkontrol. Hal ini menunjukkan pengkombinasian pakan dengan ampas tahu memperbesar kandungan serat larva kering karena ampas tahu sendiri kaya akan serat sebesar 24,03%. Menurut (Gold *et al.*, 2018) Penguraian serat pada pakan dilakukan oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroba simbiosis yang ada di usus larva berperan dalam mendegradasi selulosa menjadi uraian serat karena pada usus larva tidak terdapat enzim yang mengurai serat secara langsung.

Selain kandungan nutrisi pakan, kandungan kitin termasuk faktor penting yang mempengaruhi kandungan serat yang tinggi (Azis *et al.*, 2020). Kandungan kitin terbesar terdapat pada rangka luar larva, ketika larva menuju fase prepupa yang ditandai dengan berubahnya warna kerangka larva menjadi kecoklatan, kandungan kitin semakin banyak dan bertekstur keras (Gambar 2). Kanto, (2019) menyatakan bahwa larva *H. illucens* memiliki kandungan kitin 17,93%.



Gambar 2. Kondisi larva *H. illucens* pada akhir pemeliharaan A. Larva segar pada pakan 100% roti apkir, B. Larva segar pada pakan 10% roti apkir 90% ampas tahu, C. Larva segar pada pakan 20% roti apkir 80% ampas tahu, D. Larva segar pada pakan 30% roti apkir 70% ampas tahu.

Gambar 2 menunjukkan pada perlakuan 100% roti apkir sebagian besar larva masih berwarna putih dan berada di fase larva, sedangkan pada larva dengan diberi perlakuan tambahan ampas tahu *H. illucens* sudah memasuki fase prepupa dengan kulit berwarna kecoklatan.

Kadar air tertinggi pada larva kering terdapat pada perlakuan 20% roti apkir 80% ampas tahu. Larva segar dan media pakan tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap kadar air larva kering. Kadar air pada penelitian ini tergolong ideal dan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia tahun 2006, produk pakan ikan hanya membutuhkan kadar air dibawah 12% guna memaksimalkan ketahanan dan umur simpan sehingga tidak mudah ditumbuhi jamur.

Kandungan nutrisi pada larva hampir sama dengan kandungan pakan karena larva memiliki usus tengah yang berperan penting dalam produksi dan sekresi amilase, lipase serta protease untuk mencerna pakan dan mengkonversinya menjadi kalori, lemak, dan protein. Lisozim serta pH asam juga diproduksi usus tengah larva berguna membunuh patogen yang tertelan (Bonelli *et al.*, 2019). Proses fisiologi dan metabolisme energi dalam tubuh larva sehingga mampu merubah sampah menjadi nutrisi dipengaruhi bakteri menguntungkan yang ada dalam sistem pencernaannya, dalam perut larva setidaknya terdapat 35 mikroba menguntungkan yang turut membantu mencerna sampah (Zhineng *et al.*, 2021).

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pemberian pakan roti apkir dan ampas tahu dengan berbagai konsentrasi berpengaruh pada bobot, tingkat kelulusan hidup, dan indeks pengurangan sampah oleh larva *H. illucens*. Pemberian pakan dengan konsentrasi 30% roti apkir 70% ampas tahu memberikan hasil terbaik pada bobot larva *H. illucens* dengan rata-rata bobot 0,21 g/larva. Pemberian pakan dengan konsentrasi 30% roti apkir 70% ampas tahu memberikan hasil terbaik pada tingkat kelulusan hidup dengan persentase 96,5%. Pemberian pakan dengan konsentrasi 30% roti apkir 70% ampas tahu memberikan hasil terbaik pada indeks pengurangan sampah yakni 6,13%/hari.

Hasil analisa nutrisi larva *H. illucens* kering menunjukkan kandungan protein dan kadar abu larva kering tertinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi ampas tahu paling tinggi (90% ampas tahu) dengan protein sebesar 43,14% dan kadar abu sebesar 7,71%, sedangkan kandungan lemak larva kering terbesar terdapat pada pakan dengan konsentrasi roti apkir paling besar (100% roti apkir) dengan lemak sebesar 44,64%. Kandungan serat kasar dan air tertinggi terdapat pada perlakuan 80% ampas tahu 20% roti apkir dengan serat kasar sebesar 31,71% dan kadar air sebesar 6,8%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT. AL TSA dan UPT Pengembangan Konservasi UNNES yang telah memberi izin dan memfasilitasi penelitian di TPST UNNES.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, N.K.R. (2022). Pemanfaatan Tepung Ampas Tahu dalam Pembuatan Mie. *Jurnal Kuliner*, 2(2), pp.84-91. <https://doi.org/10.23887/jk.v2i2.37691>
- Azis, R.A., Nurhayatin, T. and Hadist, I. (2022). Pengaruh umur panen terhadap kandungan protein kasar lemak kasar dan serat kasar maggot *Hermetia illucens*. *Janhus Jurnal Ilmu Peternakan Journal of Animal Husbandry Science*, 6(2), pp.94-103. <http://dx.doi.org/10.52434/janhus.v6i2.1973>
- Barros, L. M., Gutjahr, A. L. N., Ferreira- Keppler, R. L., & Martins, R. T. (2019). Morphological description of the immature stages of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Microscopy Research and Technique*, 82(3), 178–189. <https://doi.org/10.1002/jemt.23127>
- Bonelli, M., Bruno, D., Caccia, S., Sgambetterra, G., Cappelozza, S., Jucker, C., Tettamanti, G., & Casartelli, M. (2019). Structural and functional characterization of *Hermetia illucens* larval midgut. *Frontiers in Physiology*, 10(March), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00204>
- Cahyani, P.M., Maretha, D.E. and Asnilawati, A., 2020. Uji kandungan protein, karbohidrat dan lemak pada larva maggot (*Hermetia Illucens*) yang di produksi di kalidoni kota palembang dan sumbangsihnya pada materi insecta di kelas X SMA/MA. *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 6(2), pp.120-128. <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v6i2.7036>
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. (2017). *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF): Panduan Langkah-Langkah Lengkap*. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/Buku_Panduan_BSF_LR.pdf
- Elvita, S. S., & Arseto, Y. B. (2015). Reduction of organic solid waste by black soldier fly (*Hermetia Illucens*) larvae. *The 5th Environmental Technology and Management Conference "Green Technology towards Sustainable Environment" November 23 - 24, 2015, Bandung, Indonesia.*, 978–979. [http://personal.its.ac.id/files/pub/5535-Arseto_Y_Bagastyo-TL-OP_AE_44-Reduction_of_Organic_Solid_Waste_By_Black_Soldier_Fly_\(Hermetia_illucens\)_Larvae.pdf](http://personal.its.ac.id/files/pub/5535-Arseto_Y_Bagastyo-TL-OP_AE_44-Reduction_of_Organic_Solid_Waste_By_Black_Soldier_Fly_(Hermetia_illucens)_Larvae.pdf)
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*, 82, 302–318. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022>

- Hoc, B., Genva, M., Fauconnier, M. L., Lognay, G., Francis, F., & Caparros Megido, R. (2020). About lipid metabolism in *Hermetia illucens* (L. 1758): on the origin of fatty acids in prepupae. *Scientific Reports*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68784-8>
- Intayung, D., Chundang, P., Srikachar, S., & Kovitvadhi, A. (2021). Ontogenic development of the digestive enzymes and chemical composition of *Hermetia illucens* larvae of different ages. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(7), 665–673. <https://doi.org/10.1111/eea.13063>
- Kanto, D. A. R., Permana, A. D., & Hertadi, R. (2019). Ekstraksi dan karakterisasi kitin dan kitosan dari lalat serdadu hitam (*Hermetia illucens*). *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 10(1), 23-32.. www.journal.uniga.ac.id
- Katayane, F.A., Bagau, B., Wolayan, F.R. and Imbar, M.R., (2014). Produksi dan kandungan protein maggot (*Hermetia illucens*) dengan menggunakan media tumbuh berbeda. *Zootec*, 34, pp.27-36. <https://doi.org/10.35792/zot.34.0.2014.4791>
- Kora, A. J. (2019). Small-scale drying methods for black soldier fly larvae. *Eawag Aquatic Research*, 1–4. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/swm/Practica_1_knowhow_on_BSF/bsf_factsheet_drying.pdf
- Kusumawati, P. E., Dewi, Y. S., & Sunaryanto, R. (2020). Pemanfaatan larva lalat black soldier fly (*Hermetia illucens*) untuk pembuatan pupuk kompos padat dan pupuk kompos cair. *Jurnal TechLINK Vol*, 4(1).
- Masir, U., Fausiah, A., & Sagita, S. (2020). Produksi maggot black soldier fly (BSF) (*Hermetia illucens*) pada media ampas tahu dan feses ayam. *Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(2), 87. <https://doi.org/10.35329/agrovital.v5i2.1746>
- Nangoy, M.M., Montong, M.E., Utiah, W. and Regar, M.N. (2017). Pemanfaatan tepung manure hasil degradasi larva lalat hitam (*Hermetia illucens* L) terhadap performans ayam kampung fase layer. *Zootec*, 37(2), pp.370-377. <https://doi.org/10.35792/zot.37.2.2017.16179>
- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2013). Influence of resources on *hermetia illucens*. (diptera: Stratiomyidae) larval development. *Journal of Medical Entomology*, 50(4), 898–906. <https://doi.org/10.1603/ME12260>
- Permana, A. D., Susanto, A., & Giffari, F. R. (2022). Kinerja pertumbuhan larva lalat tentara hitam *Hermetia illucens* Linnaeus (diptera: stratiomyidae) pada substrat kulit ari kedelai dan kulit pisang. *Agrikultura*, 33(1), 13. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i1.36188>
- Pliantiangtam, N., Chundang, P., & Kovitvadhi, A. (2021). Growth performance, waste reduction efficiency and nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and prepupae reared on coconut endosperm and soybean curd residue with or without supplementation. *Insects*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/insects12080682>
- Saripudin, A., Nurpauza, S., Ayuningsih, B., Hernaman, I., & Tarmidi, A. R. (2019). Fermentabilitas dan pencernaan ransum domba yang mengandung limbah roti secara in vitro. *Jurnal Agripet*, 19(2), 85–90. <https://doi.org/10.17969/agripet.v19i2.14120>
- Wardhana, A. H. (2016). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) as an alternative protein source for animal feed. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v26i2.1327>
- Zhineng, Y., Ying, M., Bingjie, T., Rouxian, Z., & Qiang, Z. (2021). Intestinal microbiota and functional characteristics of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Annals of Microbiology*, 71(1). <https://doi.org/10.1186/s13213-021-01626-8>