

PEMBERIAN PAKAN LIMBAH JEROAN IKAN LELE DAN PEPAYA TERHADAP PERTUMBUHAN, KANDUNGAN PROTEIN, DAN KADAR AIR MAGGOT

Nadia Gustiliana Safitri^{1*}, Aceng Ruyani², Annisa Puji Astuti¹, Bhakti Karyadi²,
Silvia Syeptiani¹, Deni Parlindungan¹

¹ Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu
Jl. Wr. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu 38122, Indonesia

² Program Studi Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu
Jl. Wr. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu 38122, Indonesia

*Email: nadiagustiliana@gmail.com

(Submitted: 13-07-2026; Revised: 17-08-2026; Accepted: 08-09-2026)

ABSTRAK

Limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya berpotensi untuk digunakan sebagai pakan bagi maggot (*Hermetia illucens*), sehingga dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pemberian pakan jeroan ikan lele dan pepaya terhadap pertumbuhan, laju konsumsi, kandungan protein, dan kadar air maggot. Penelitian eksperimental ini dilaksanakan dari bulan Februari hingga Maret 2026 dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan tiga ulangan, yaitu: P1 (100% rebusan jeroan lele), P2 (75% jeroan lele + 25% pepaya), P3 (50% jeroan lele + 50% pepaya), P4 (25% jeroan lele + 75% pepaya), dan P5 (100% pepaya). Variabel yang diamati meliputi tingkat kelangsungan hidup, pertambahan bobot, panjang, ketebalan, laju konsumsi pakan, laju pertumbuhan spesifik (SGR), kadar protein dan air tubuh maggot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidup larva mencapai 100% pada seluruh perlakuan. Formulasi pakan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap biomassa maggot, di mana P5 menghasilkan rata-rata bobot akhir tertinggi ($0,190 \pm 0,011$ g), konsumsi pakan maksimal (86,8%), dan nilai SGR tertinggi (18,13%). Sebaliknya, variasi perlakuan tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap panjang dan ketebalan tubuh maggot. Analisis proksimat membuktikan kandungan protein tertinggi terdapat pada perlakuan P1 (41,56), sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada P3 (64,23). Disimpulkan bahwa substrat nabati buah pepaya murni efektif menstimulasi akumulasi bobot fisik basah, sementara substrat hewani jeroan lele murni optimal menginduksi pekatan protein tubuh. Seluruh produk prepupa maggot yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu nasional SNI 9043-5:2022 sebagai bahan pakan ternak.

Kata kunci: Buah pepaya, jeroan ikan lele, kadar protein, maggot, pertumbuhan

THE EFFECT OF CATFISH VISCERA AND PAPAYA WASTE FEED ON GROWTH, PROTEIN CONTENT, AND WATER CONTENT OF MAGGOT

ABSTRACT

Catfish viscera waste and papaya fruit waste have the potential to be used as maggot (*Hermetia illucens*) feed, thereby helping to reduce environmental pollution. This experimental study aimed to analyze the effect of feeding catfish viscera and papaya on the growth, consumption rate, protein content, and moisture content of maggots. The research was conducted from February to March 2026 using a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and three replications: P1 (100% boiled catfish viscera), P2 (75% catfish viscera + 25% papaya), P3 (50% catfish viscera + 50% papaya), P4 (25% catfish viscera + 75% papaya), and P5 (100% papaya). The observed variables included survival rate, weight gain, length, thickness, feed consumption rate, specific growth rate (SGR), as well as body protein and moisture content of the larvae. The results showed that the larval survival rate reached 100% across all treatments. Feed formulation significantly affected ($p < 0.05$) maggot biomass, where P5 yielded the highest average final weight (0.190 ± 0.011 g), maximum feed consumption (86.8%), and the highest SGR value (18.13%). Conversely, the treatment variations had no significant effect ($p > 0.05$) on the length and thickness of the maggots' bodies. Proximate analysis demonstrated that the highest protein content was found in the P1 treatment (41.56%), while the highest moisture content was observed in P3 (64.23%). It is concluded that the pure plant substrate of papaya fruit is effective in stimulating wet physical weight accumulation, whereas the pure animal substrate of catfish viscera is optimal for inducing body protein concentration. All produced maggot prepupae products have met the national quality standard of SNI 9043-5:2022 as animal feed ingredients.

Keywords: Catfish viscera, growth performance, *Hermetia illucens*, papaya fruit, protein content

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan lingkungan di Indonesia adalah banyaknya sampah organik yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Sektor perikanan budidaya dan perdagangan buah merupakan dua sumber limbah organik yang masif, namun pengelolaannya masih minim. Data menunjukkan bahwa produksi ikan lele di Provinsi Bengkulu pada tahun 2024 saja telah mencapai 31.480 ton (BPS Provinsi Bengkulu, 2024). Tingginya angka produksi ini berbanding lurus dengan meningkatnya limbah jeroan ikan lele yang dibuang begitu saja, sehingga memicu pencemaran lingkungan, baik di darat maupun di perairan (Sagala *et al.*, 2025). Di sisi lain, komoditas buah musiman dan tropis seperti pepaya juga menyumbang volume limbah yang signifikan di pasar tradisional akibat pembusukan (Julianty *et al.*, 2025). Padahal, kedua jenis limbah ini menyimpan kandungan nutrisi makro yang potensial jika dikonversi menjadi produk bernilai guna.

Alternatif pemanfaatan limbah organik yang dinilai paling efektif dan ramah lingkungan saat ini adalah melalui biokonversi menggunakan budidaya larva lalat tentara hitam atau maggot (*Hermetia illucens*) (Sukmareni *et al.*, 2023; Qowasmi *et al.*, 2023). Maggot memiliki kapasitas reproduksi yang tinggi (Mudeng *et al.*, 2018) dan mampu mereduksi bobot sampah organik hingga 55% dari berat awal (Kasya *et al.*, 2023). Selain berperan sebagai agen dekomposer, biomassa tubuh maggot kaya akan nutrisi dengan kandungan protein bawaan mencapai 61,42%, menjadikannya penting sebagai pakan alternatif yang ideal dan juga efektif menurunkan biaya pakan untuk sektor peternakan (Ayuningtyas *et al.*, 2025). Meskipun demikian, keberhasilan budidaya maggot sangat ditentukan oleh karakteristik fisik dan profil nutrisi dari substrat pakan yang diberikan.

Penelitian mengenai optimalisasi pakan maggot menggunakan limbah organik telah banyak dilakukan. Pemanfaatan limbah perikanan berupa jeroan atau sisa pengolahan ikan sebagai media pakan atau biokonversi maggot terbukti berdampak signifikan terhadap pertumbuhan dan kadar protein maggot, seperti penggunaan jeroan ikan nila (Alisha *et al.*, 2024), jeroan ikan tuna (Razid *et al.*, 2024), maupun limbah industri perikanan (Izzah *et al.*, 2023). Selanjutnya, Julianty *et al.* (2025) melaporkan bahwa penggunaan limbah buah pepaya secara mandiri mampu mempercepat pertumbuhan bobot maggot secara signifikan karena strukturnya yang lunak dan mudah terurai. Secara teoretis, limbah jeroan ikan lele mengandung protein tinggi sebesar 31,20% serta asam lemak tak jenuh, namun memiliki tekstur fisik yang cenderung kenyal dan padat (Rohmiati *et al.*, 2024), sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pakan bagi maggot. Sebaliknya, buah pepaya mengandung 81,32% karbohidrat, vitamin kompleks, serta enzim papain alami yang dapat bertindak sebagai stimulator guna mempercepat proses hidrolisis protein pada saluran pencernaan (Lamin *et al.*, 2022), di mana

nutrisi ini dapat membantu dalam mengatur metabolisme dan pertumbuhan maggot.

Efektivitas limbah perikanan dan limbah buah seperti pepaya sebagai pakan maggot telah diketahui secara parsial (Amini & Rohayat, 2023; Julianty *et al.*, 2025), namun belum ada kajian mengenai aplikasi kombinasi antara limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya. Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada penggunaan substrat tunggal atau kombinasi antarlampah nabati saja. Belum ada studi yang secara spesifik menguji efek sinergis dari integrasi protein hewani tinggi pada jeroan lele dan agen enzimatis pendukung pencernaan pada limbah pepaya terhadap pertumbuhan dan kandungan nutrisi maggot. Celah ilmiah inilah yang menjadi nilai dalam penelitian ini, di mana pencampuran kedua bahan diproyeksikan mampu menutupi kelemahan fisik jeroan lele sekaligus meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh maggot. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi pakan limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya terhadap parameter pertumbuhan (bobot, panjang, ketebalan), laju konsumsi pakan, serta kualitas proksimat (kandungan protein dan kadar air) dari maggot (*Hermetia illucens*).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian eksperimental ini dilaksanakan mulai bulan Februari sampai Maret tahun 2026. Proses pemeliharaan larva lalat tentara hitam atau *Black Soldier Fly* (BSF) dilakukan di Sumber Belajar Ilmu Hayati Ruyani (SBIH), Provinsi Bengkulu. Sementara itu, analisis proksimat untuk pengujian kadar protein total (metode Kjeldahl) dan kadar air dilakukan di Laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Bengkulu.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *cup* wadah *thinwall* transparan berukuran 450 ml (sebagai wadah pemeliharaan maggot), keranjang buah plastik, *litter box*, ram kawat (ukuran jaring 1 mm untuk proteksi dari predator), botol *sprayer*, pinset anatomi, timbangan digital (ketelitian 0,001 g), jangka sorong digital, penggaris, *thermo-hygrometer* ruangan, sarung tangan nitril, tisu, dan kapur ajaib (melindungi maggot dari serangga).

Bahan hayati yang digunakan adalah larva maggot (*Hermetia illucens*) instar 2 (umur 7 hari) sebanyak 315 ekor yang diperoleh dari Balai Riset Perikanan Perairan Umum (BRMP) Kota Bengkulu. Bahan pakan yang diuji terdiri atas limbah jeroan ikan lele (*Clarias gariepinus*) segar dari pasar tradisional, buah pepaya (*Carica papaya* L.) tingkat kematangan 80% (lembut/matang), dedak padi, dan serbuk kayu kering.

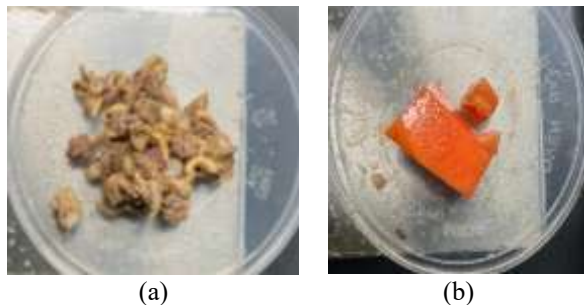
Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 5 perlakuan formulasi pakan

dan 3 ulangan. Komposisi dan persentase pakan untuk masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 1, sedangkan rebusan jeroan ikan lele dan buah pepaya dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Kelompok perlakuan dan persentase formulasi pakan

Perlakuan	Persentase Formulasi Substrat Pakan (% Berat)
P1	100% Rebusan Jeroan Ikan Lele
P2	75% Rebusan Jeroan Ikan Lele + 25% Buah Pepaya
P3	50% Rebusan Jeroan Ikan Lele + 50% Buah Pepaya
P4	25% Rebusan Jeroan Ikan Lele + 75% Buah Pepaya
P5	100% Buah Pepaya



Gambar 1. (a) Rebusan jeroan ikan lele dan (b) buah pepaya

Prosedur Pelaksanaan dan Preparasi Pakan

Wadah pemeliharaan disiapkan dengan meletakkan wadah *thinwall* 450 ml di dalam *litter box* yang dilindungi oleh keranjang buah berjeruji ram kawat guna menghindari predator seperti tikus, cicak dan serangga lainnya. Bagian pinggir dalam wadah dilapisi serbuk kayu untuk mencegah larva bermigrasi keluar dan bagian tengah wadah diberi dedak padi untuk menjaga kelembapannya.

Sebelum pakan diberikan, limbah jeroan ikan lele dibersihkan lalu direbus dalam air mendidih (suhu 100°C) selama 5 menit guna meminimalkan kontaminasi bakteri pembusuk, kemudian ditiriskan. Buah pepaya matang dikupas kulitnya. Kedua substrat tersebut kemudian dicacah halus secara terpisah hingga membentuk tekstur pasta/bubur homogen (ukuran partikel 1-2 mm) untuk memudahkan penyerapan nutrisi oleh struktur mulut larva.

Sebanyak 21 ekor larva maggot berumur 7 hari dimasukkan ke dalam masing-masing wadah *thinwall* yang telah diberi alas dedak padi secukupnya sebagai pengatur kelembapan awal. Pemberian pakan formulasi dilakukan secara berkala setiap 2 hari sekali sebanyak 15 gram per wadah selama 14 hari masa pemeliharaan hingga larva memasuki fase prepupa. Penyemprotan air murni menggunakan *sprayer*

dilakukan setiap hari untuk menjaga stabilitas kelembapan media tumbuh.

Sebelum pemberian pakan, setiap larva ditimbang dan diukur secara individu menggunakan timbangan digital, jangka sorong, dan penggaris untuk menentukan bobot, panjang, dan ketebalan sebagai data awal. Hasil pengukuran dicatat untuk setiap larva, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Setelah memasuki tahap prepupa, bobot, panjang dan ketebalan maggot diukur. Selanjutnya, maggot dikirim ke laboratorium FMIPA Universitas Bengkulu untuk dianalisis kandungan protein dengan metode Kjeldahl serta kadar air dengan metode gravimetri.

Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati selama penelitian meliputi tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan maggot yang mencakup bobot, panjang, dan ketebalan, konsumsi pakan, laju pertumbuhan spesifik (SGR), serta analisis proksimat kadar protein dan kadar air.

1. Kelangsungan Hidup (*survival rate*)

Rumus menghitung kelangsungan hidup larva maggot yaitu:

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\% \text{ (Sagita et al., 2025).}$$

Keterangan:

SR = *Survival rate*

Nt = Total maggot pada akhir pemeliharaan

2. Bobot maggot

Pengukuran bobot maggot dilakukan dengan menggunakan timbangan digital, dengan 2 kali penimbangan, yaitu hari ke-1 sebelum diberi perlakuan dan hari ke-14 setelah memasuki tahap prepupa.

3. Panjang maggot

Pengukuran panjang maggot dilakukan dengan menggunakan penggaris. Sebelum diukur, larva maggot diletakkan di tempat yang permukaannya rata agar bisa diluruskan dengan penggaris dan diukur dari ujung kepala hingga ujung ekor.

4. Ketebalan maggot

Pengukuran ketebalan maggot dilakukan dengan menggunakan jangka sorong digital. Saat melakukan pengukuran, dilakukan secara cermat untuk meminimalkan risiko kerusakan pada tubuh larva

5. Konsumsi Pakan

Konsumsi pakan dapat dihitung menggunakan rumus

$$\text{Konsumsi Pakan} = \frac{\text{Berat Pakan Awal} - \text{Berat Pakan Akhir}}{\text{Berat Pakan Awal}} \times 100\%$$

(Sonia et al., 2025).

6. Laju Pertumbuhan Spesifik (*Specific Growth Rate* (SGR))

Laju pertumbuhan spesifik dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\% \text{ (Due et al., 2024).}$$

Keterangan:

SGR = *Specific Growth Rate*

lnWt = Bobot akhir

lnWo = Bobot awal

t = Waktu pemeliharaan

7. Kandungan Protein

Penentuan jumlah protein dalam sampel larva maggot dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl. Metode Kjeldahl adalah cara untuk mengetahui jumlah protein total dengan mengukur kadar nitrogen (N%) di dalam sampel (Purnama & Pakerti, 2022).

8. Kadar Air

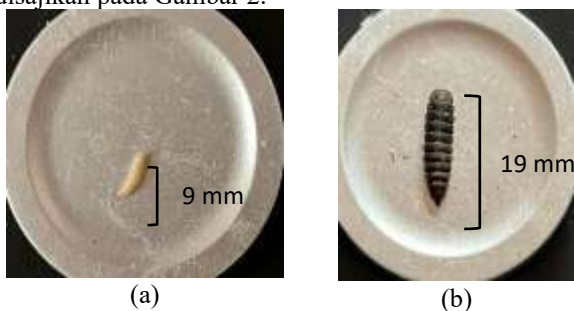
Analisis kadar air adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan kadar air dalam sampel dengan cara mengeringkannya melalui pemanasan. Prinsip dasar dari metode ini adalah menguapkan air yang terkandung dalam sampel pada suhu tertentu hingga mencapai berat konstan. Kadar air kemudian ditentukan dengan membandingkan berat sampel sebelum dan setelah proses pengeringan.

Analisis Data

Seluruh data pertumbuhan dan nutrisi maggot diuji secara statistik menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics 20. Uji prasyarat berupa uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji homogenitas ragam dilakukan terlebih dahulu dengan taraf nyata 5% ($p > 0,05$). Data yang memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas dianalisis menggunakan analisis ragam Rancangan Acak Lengkap, yang dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) jika terdapat pengaruh nyata ($p < 0,05$). Apabila data tidak berdistribusi normal, analisis statistik menggunakan uji nonparametrik Kruskal-Wallis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian selama 14 hari dengan 5 jenis perlakuan dan 3 kali pengulangan, terdapat perbedaan pertumbuhan pada setiap perlakuan. Perubahan pertumbuhan maggot dapat diamati melalui perbandingan antara awal dan akhir penelitian yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Larva maggot awal penelitian umur 7 hari (9 mm) dan (b) pre-pupa maggot akhir penelitian umur 21 hari (19 mm)

Kelangsungan Hidup Maggot

Tingkat kelangsungan hidup merupakan parameter krusial untuk mengevaluasi tingkat kecocokan, palatabilitas, dan toksisitas dari media pakan yang diuji terhadap larva maggot. Berdasarkan hasil pengamatan selama 14 hari pemeliharaan, nilai kelangsungan hidup (*survival rate*) larva maggot pada seluruh perlakuan mencapai 100% (Tabel 2). Hasil ini

mengindikasikan bahwa baik substrat tunggal maupun kombinasi antara limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya tidak memberikan efek toksik yang dapat mengganggu kelangsungan hidup larva.

Tabel 2. Hasil kelangsungan hidup maggot

Perlakuan	Jumlah (Ekor)		<i>Survival Rate</i> ^{ns} (%)
	Awal	Akhir	
P1	21	21	100%
P2	21	21	100%
P3	21	21	100%
P4	21	21	100%
P5	21	21	100%

^{ns} Analisis ragam menunjukkan pengaruh perlakuan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). P1 (100% rebusan jeroan ikan lele); P2 (75% rebusan jeroan ikan lele dan 25% buah pepaya); P3 (50% rebusan jeroan ikan lele dan 50% buah pepaya); P4 (25% rebusan jeroan ikan lele dan 75% buah pepaya); P5 (100% buah pepaya).

Sempurnanya nilai kelangsungan hidup (100%) dalam penelitian ini didukung oleh dua faktor utama, yaitu manajemen lingkungan yang terkontrol dan preparasi pakan yang higienis. Stabilitas suhu udara (31,0–31,2 °C) dan kelembapan (69%) di lokasi penelitian berada dalam rentang ideal bagi metabolisme optimal larva BSF, sesuai dengan pernyataan Sholahuddin *et al.* (2021) bahwa batas kenyamanan optimal larva berkisar antara suhu 30–38 °C dengan kelembapan 60–70%.

Selain faktor eksternal, perlakuan perebusan jeroan ikan lele selama 5 menit pada tahap preparasi memegang peranan penting. Perebusan tersebut bertindak sebagai proses sterilisasi termal yang mengeliminasi bakteri patogen serta meminimalkan pembentukan gas amonia berlebih akibat dekomposisi protein hewani yang cepat. Kondisi media yang terkendali ini bersinergi dengan kemampuan fisiologis larva *H. illucens* yang mampu menyekresikan senyawa peptida antimikroba (*antimicrobial peptides*) ke lingkungan sekitarnya, sehingga menekan proliferasi mikroba yang merugikan pada media tumbuh. Hal ini sejalan dengan temuan Sagita *et al.* (2025) bahwa ketersediaan nutrisi yang higienis serta kecocokan fisik substrat pakan menjamin retensi hidup larva secara maksimal hingga memasuki fase prepupa.

Bobot Maggot

Pengukuran bobot maggot dilakukan dengan menimbang setiap individu menggunakan timbangan digital. Data rata-rata hasil pengukuran bobot maggot ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis statistik, formulasi pakan berbasis limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya yang berbeda memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot akhir maggot ($p < 0,05$). Uji lanjut BNT menunjukkan bahwa perlakuan P5 (100% buah pepaya) menghasilkan rata-rata bobot akhir tertinggi, yaitu $0,190 \pm 0,011$ g, yang berbeda nyata

dibandingkan dengan perlakuan P1, P2, dan P3, namun tidak berbeda nyata dengan P4. Sebaliknya, perlakuan dengan dominasi jeroan ikan lele (P2) menghasilkan bobot akhir terendah, yaitu $0,148 \pm 0,005$ g (Tabel 3). Tingginya bobot maggot pada perlakuan P5 seiring dengan tingginya nilai konsumsi pakan yang mencapai 86,8% (Tabel 6). Secara fisiologis, bobot maggot yang lebih tinggi pada pakan dengan 100% buah pepaya ini dipicu oleh faktor karakteristik fisik bahan dan profil makronutrien pakan (Ma'ruf & Rokhim, 2026; Julianty et al., 2025).

Tabel 3. Hasil pengukuran bobot maggot

Perlakuan	N	Bobot Awal (g)	Bobot Akhir (g) ($\bar{x} \pm SD$)	Pertambahan Bobot (g)
P1	21	0,015	$0,161^{bc} \pm 0,007$	0,146
P2	21	0,015	$0,148^c \pm 0,005$	0,133
P3	21	0,015	$0,164^{bc} \pm 0,011$	0,149
P4	21	0,015	$0,177^{ab} \pm 0,010$	0,162
P5	21	0,015	$0,190^a \pm 0,011$	0,175*

^{abc} Analisis ragam menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata ($p < 0,05$). P1 (100% rebusan jeroan ikan lele); P2 (75% rebusan jeroan ikan lele dan 25% buah pepaya); P3 (50% rebusan jeroan ikan lele dan 50% buah pepaya); P4 (25% rebusan jeroan ikan lele dan 75% buah pepaya); P5 (100% buah pepaya).

Karakteristik buah pepaya yang lunak, homogen, dan memiliki kadar air tinggi (89%) sangat sesuai dengan fungsi dan cara kerja organ mulut larva *H. illucens* yang bersifat nonpengunyah, sehingga memudahkan proses degradasi mekanis secara efisien (Purnama et al., 2025). Selain itu, tingginya kandungan karbohidrat mudah larut (81,32%) pada daging buah pepaya bertindak sebagai sumber energi primer yang siap digunakan. Energi dari karbohidrat ini dimetabolisme oleh larva untuk mendukung pertumbuhan eksponensial, dan kelebihanannya akan disimpan dalam bentuk lipid dan glikogen pada jaringan lemak tubuh sebagai cadangan energi fase pupa. Keberadaan enzim papain alami dalam buah pepaya juga diduga kuat berperan sebagai biokatalisator yang mempercepat proses hidrolisis zat makanan di dalam fungsi pencernaan maggot, sehingga mempercepat laju akumulasi bobot total (Seyedalmoosavi et al., 2022).

Sebaliknya, pada perlakuan P1 dan P2 yang didominasi oleh rebusan jeroan ikan lele, maggot menghasilkan bobot yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan jeroan lele memiliki tekstur fisik yang lebih kenyal dan padat pasca-perebusan, sehingga membatasi kapasitas konsumsi larva. Secara biokimiawi, pakan hewani murni tinggi protein menuntut energi metabolisme yang lebih besar untuk memutus ikatan asam amino kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana, sehingga alokasi

energi yang seharusnya digunakan untuk penambahan bobot tubuh akan berkurang (Lu et al., 2021). Faktor inilah yang mendasari mengapa peningkatan proporsi jeroan lele justru menekan performa bobot maggot.

Panjang Maggot

Pengukuran panjang maggot dilakukan dengan mengukur jarak dari ujung kepala hingga ujung ekor menggunakan penggaris. Parameter panjang digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan larva selama masa pemeliharaan. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, rata-rata panjang maggot pada setiap perlakuan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran panjang maggot

Perlakuan	N	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm) ($\bar{x} \pm SD$)	Pertambahan Panjang (mm)
P1	21	8,4	$19,24 \pm 0,38$	10,84
P2	21	8,4	$18,37 \pm 0,06$	9,97
P3	21	8,4	$19,83 \pm 0,31$	11,43
P4	21	8,4	$19,90 \pm 0,16$	11,50*
P5	21	8,4	$19,80 \pm 0,29$	11,40

^{ns} Analisis ragam menunjukkan pengaruh perlakuan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). P1 (100% rebusan jeroan ikan lele); P2 (75% rebusan jeroan ikan lele dan 25% buah pepaya); P3 (50% rebusan jeroan ikan lele dan 50% buah pepaya); P4 (25% rebusan jeroan ikan lele dan 75% buah pepaya); P5 (100% buah pepaya).

Berdasarkan hasil uji statistik menggunakan uji nonparametrik Kruskal-Wallis, nilai signifikansi yang diperoleh pada variabel panjang akhir larva maggot sebesar 0,051 ($p = 0,051$) (Tabel 4). Hasil ini mengindikasikan bahwa variasi formulasi pakan berbasis limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap pertumbuhan panjang maggot. Karena tidak terdapat perbedaan yang nyata antarkelompok perlakuan, analisis tidak dilanjutkan dengan uji lanjut. Secara numerik, perlakuan P4 (25% rebusan jeroan lele dan 75% buah pepaya) mencatatkan rata-rata panjang akhir tertinggi, yaitu $19,90 \pm 0,16$ mm, diikuti oleh P3 dan P5. Panjang maggot yang lebih optimal pada P4 diduga kuat karena kombinasi tersebut menghasilkan rasio karbon dan nitrogen (C/N ratio) yang paling seimbang untuk pertumbuhan linier larva. Kontribusi protein hewani dari jeroan lele (25%) menyediakan asam amino struktural yang diperlukan dalam proliferasi sel, sementara dominasi buah pepaya (75%) menyuplai karbohidrat sebagai energi penggerak seluler sekaligus enzim papain yang mengoptimalkan absorpsi nitrogen pakan (Ogello et al., 2025; Lu et al., 2021).

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Ithram & Rahmisari (2025) yang menyatakan bahwa media organik dengan kandungan nutrisi yang mudah terurai mampu menghasilkan panjang maggot

yang lebih baik. Ketersediaan nutrisi yang memadai di dalam media tumbuh mendukung peningkatan panjang maggot. Tidak adanya perbedaan nyata secara statistik antarperlakuan menunjukkan bahwa seluruh formulasi pakan (P1 hingga P5) sudah melampaui ambang batas kebutuhan nutrisi minimum (*maintenance requirement*) yang diperlukan larva untuk perpanjangan tubuh selama 14 hari pemeliharaan. Pertumbuhan panjang pada larva *H. illucens* dikendalikan secara ketat oleh faktor genetik dan struktur eksoskeletonnya yang kaya akan zat kitin. Kutikula luar maggot bersifat semi-kaku dan memiliki batas elastisitas maksimum untuk memanjang pada fase instar akhir (prepupa), yang umumnya berhenti pada kisaran panjang 18–20 mm. Ketika batas panjang genetik ini telah terpenuhi oleh pasokan nutrisi standar dari seluruh perlakuan, kelebihan asupan nutrisi (terutama karbohidrat pada P5) tidak lagi dialokasikan untuk perpanjangan segmen tubuh, melainkan dikonversi menjadi jaringan lemak tubuh yang bermanifestasi pada peningkatan ketebalan lateral dan bobot maggot (Rebora *et al.*, 2023; Pérez-Pacheco *et al.*, 2022).

Ketebalan Maggot

Ketebalan maggot diukur pada bagian tengah tubuh menggunakan jangka sorong. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan perkembangan ukuran tubuh larva selama masa pemeliharaan. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, rata-rata ketebalan maggot pada setiap perlakuan ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran ketebalan maggot

Perlakuan	N	Ketebalan Awal (mm)	Ketebalan Akhir (mm) ^{ns} ($\bar{x} \pm SD$)	Pertambahan Ketebalan (mm)
P1	21	1,2	2,43 $\pm$ 0,09	1,23
P2	21	1,2	2,33 $\pm$ 0,05	1,13
P3	21	1,2	2,37 $\pm$ 0,05	1,17
P4	21	1,2	2,50 $\pm$ 0,14	1,30
P5	21	1,2	2,57 $\pm$ 0,12	1,37*

^{ns} Analisis ragam menunjukkan pengaruh perlakuan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). P1 (100% rebusan jeroan ikan lele); P2 (75% rebusan jeroan ikan lele dan 25% buah pepaya); P3 (50% rebusan jeroan ikan lele dan 50% buah pepaya); P4 (25% rebusan jeroan ikan lele dan 75% buah pepaya); P5 (100% buah pepaya).

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji Kruskal-Wallis, variasi formulasi pakan berbasis limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,249 ($p = 0,249$) (Tabel 5). Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pakan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap ketebalan tubuh maggot. Oleh karena itu, pengujian tidak dilanjutkan ke tahap uji lanjut. Secara numerik, perlakuan P5

(100% buah pepaya) menghasilkan rata-rata ketebalan maggot tertinggi sebesar $2,57 \pm 0,12$ mm, disusul oleh P4 ($2,50 \pm 0,14$ mm). Fenomena ini berbanding lurus dengan parameter bobot akhir dan laju konsumsi pakan yang juga mencapai puncaknya pada perlakuan pakan pepaya 100% (P5). Secara anatomis, bagian segmen tengah tubuh maggot merupakan area konsentrasi utama jaringan lemak serangga (*fat body*). Tingginya asupan karbohidrat mudah larut dan glukosa dari buah pepaya pada P5 dimetabolisme oleh larva menjadi trigliserida yang kemudian dideposisikan secara masif di dalam *fat body*. Akumulasi lipid internal yang padat ini memberikan tekanan hidrostatik ke arah lateral (menyamping), sehingga secara visual menghasilkan diameter tubuh prepupa yang lebih tebal dan berisi (Skowronek *et al.*, 2021).

Hasil penelitian memperlihatkan adanya tren peningkatan ukuran pada P5, namun tidak adanya perbedaan yang nyata antarperlakuan mengindikasikan bahwa laju ekspansi ketebalan tubuh lateral pada *H. illucens* sangat dibatasi oleh elastisitas eksoskeletonnya. Struktur luar serangga dilapisi oleh senyawa kompleks seperti kitin (*chitinous cuticle*) yang cenderung mengeras seiring bertambahnya umur instar. Kapasitas peregangan kutikula luar ini memiliki batas geometris maksimal yang dikendalikan oleh faktor genetik maggot (Rebora *et al.*, 2023). Akibat kebutuhan nutrisi esensial untuk pembentukan komponen kitin ini sudah terpenuhi dengan baik oleh seluruh variasi pakan (P1 hingga P5), variasi substitusi protein dan karbohidrat yang diberikan gagal mengekspansi ketebalan tubuh melewati batas kapasitas genetiknya. Temuan ini selaras dengan prinsip dasar Syahputra *et al.* (2023) dan Ananda *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa karakteristik bahan organik yang mudah didegradasi mempercepat laju penyerapan energi, namun manifestasi morfologis luar serangga akan selalu terkunci pada batas biologis fasanya sebelum bermetamorfosis menjadi pupa.

Konsumsi Pakan Maggot

Konsumsi pakan merujuk pada jumlah makanan yang dimakan oleh maggot selama periode penelitian. Konsumsi pakan bertujuan untuk mengetahui tingkat pemanfaatan pakan oleh larva maggot dan efektivitas media pakan yang diberikan dalam mendukung pertumbuhan larva maggot. Hasil konsumsi pakan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil konsumsi pakan maggot selama 14 hari

Perlakuan	Berat Pakan Awal (g)	Berat Pakan Akhir (g)	Persentase (%)
P1	105	40,4	61,5 ^c
P2	105	37,6	64,2 ^c
P3	105	33,8	67,8 ^b
P4	105	28,8	72,6 ^b
P5	105	13,9	86,8 ^a

^{abc} Analisis ragam menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata ($p < 0,05$). P1 (100% rebusan jeroan

ikan lele); P2 (75% rebusan jeroan ikan lele dan 25% buah pepaya); P3 (50% rebusan jeroan ikan lele dan 50% buah pepaya); P4 (25% rebusan jeroan ikan lele dan 75% buah pepaya); P5 (100% buah pepaya).

Konsumsi pakan merepresentasikan tingkat palatabilitas substrat dan efektivitas fungsional larva maggot dalam mendegradasi materi organik. Berdasarkan hasil perhitungan selama 14 hari pemeliharaan (Tabel 6), terdapat perbedaan persentase konsumsi pakan yang nyata antarperlakuan. Perlakuan P5 (100% buah pepaya) menunjukkan nilai konsumsi tertinggi mencapai 86,8%, sedangkan perlakuan P1 (100% rebusan jeroan ikan lele) mencatatkan persentase konsumsi terendah, yaitu 61,5%. Tren data mengindikasikan bahwa laju konsumsi pakan larva mengalami peningkatan linier seiring dengan bertambahnya proporsi buah pepaya di dalam formulasi pakan maggot.

Tingginya nilai konsumsi pakan pada perlakuan yang didominasi oleh buah pepaya (P4 dan P5) dipengaruhi kuat oleh faktor fisikokimia pakan dan stimulasi sensorik larva (*feeding behavior*). Karakteristik daging buah pepaya matang yang lembut, berair, dan mudah hancur mempermudah organ mulut larva yang bertipe *scraping* (mengikis) untuk menyerap nutrisi terlarut tanpa hambatan mekanis (Hulu *et al.*, 2022). Secara kemoreseptor, volatilitas aroma khas buah matang serta tingginya kandungan gula sederhana (glukosa dan fruktosa) pada pepaya bertindak sebagai perangsang nafsu makan yang kuat bagi larva, sehingga memicu aktivitas konsumsi yang agresif.

Persentase konsumsi yang rendah pada P1 dan P2 (dominasi jeroan ikan lele) disebabkan oleh densitas fisik substrat hewani yang lebih padat dan kompak pasca-perebusan. Tekstur yang kenyal ini menyulitkan larva untuk menguraikannya secara mekanis. Selain itu, tingginya kandungan lipid kompleks pada jeroan lele berpotensi mengalami oksidasi parsial selama siklus pemberian pakan 2 hari sekali, yang memicu penurunan tingkat palatabilitas substrat. Meskipun laju konsumsi P1 lebih rendah, nilai sebesar 61,5% tetap membuktikan kapasitas dekomposisi yang baik dari *H. illucens* terhadap limbah hewani. Integrasi kombinasi pada P2, P3, dan P4 menunjukkan hasil konsumsi yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Ayuningrum & Putra (2023) yang memanfaatkan limbah jeroan ikan murni tanpa stimulan buah terurai. Hal ini menegaskan bahwa penambahan buah pepaya terbukti efektif meningkatkan efisiensi reduksi limbah hewani, karena komponen air dan asam organik dalam buah membantu melunakkan jaringan kolagen jeroan lele, sehingga lebih mudah didegradasi oleh koloni maggot.

Laju Pertumbuhan Spesifik (*Specific Growth Rate* (SGR)) Maggot

Laju pertumbuhan spesifik merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur seberapa

cepat *H. illucens* tumbuh dalam jangka waktu tertentu. Hasil perhitungan laju pertumbuhan spesifik untuk lima kelompok perlakuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata laju pertumbuhan spesifik maggot

Perlakuan	Bobot Awal (g)	Bobot Akhir (g)	T (Hari)	Persentase (%)
P1	0,015	0,161	14	16,95 ^b
P2	0,015	0,148	14	16,35 ^c
P3	0,015	0,164	14	17,08 ^b
P4	0,015	0,177	14	17,63 ^a
P5	0,015	0,190	14	18,13 ^a

^{abc} Analisis ragam menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata ($p < 0,05$). P1 (100% rebusan jeroan ikan lele); P2 (75% rebusan jeroan ikan lele dan 25% buah pepaya); P3 (50% rebusan jeroan ikan lele dan 50% buah pepaya); P4 (25% rebusan jeroan ikan lele dan 75% buah pepaya); P5 (100% buah pepaya).

Laju pertumbuhan spesifik (SGR) merupakan parameter kinetik yang merepresentasikan persentase kecepatan pertambahan bobot harian maggot secara eksponensial selama periode pemeliharaan (Imam *et al.*, 2025). Berdasarkan hasil uji statistik, formulasi pakan berbasis limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai SGR larva maggot ($p < 0,05$). Nilai SGR tertinggi ditemukan pada perlakuan P5 (100% buah pepaya), yaitu mencapai 18,13% per hari, diikuti secara bertahap oleh P4 (17,63%), P3 (17,08%), dan P1 (16,95%), dengan nilai SGR terendah pada P2 (16,35%). Tingginya nilai SGR pada perlakuan P5 menunjukkan bahwa penyerapan dan pemanfaatan nutrisi dari pakan yang mengandung buah pepaya 100% berlangsung sangat efisien dalam tubuh maggot. Laju pertumbuhan harian maggot yang eksponensial memerlukan pasokan energi metabolisme yang cepat tersedia (*readily available energy*). Kandungan glukosa sederhana dan karbohidrat terlarut pada buah pepaya matang langsung diserap oleh dinding midgut larva tanpa memerlukan rangkaian proses katabolisme yang panjang (Seyedalmoosavi *et al.*, 2022; Due *et al.*, 2024). Akibatnya, efisiensi konversi pakan menjadi massa tubuh meningkat pesat, yang berujung pada peningkatan persentase SGR harian maggot.

Penurunan nilai SGR pada perlakuan yang mengandung proporsi jeroan lele lebih tinggi (khususnya P2) berkaitan erat dengan beban metabolik larva. Rebusan jeroan lele kaya akan makronutrien protein dan lipid kompleks yang membutuhkan energi spesifik dinamis (*specific dynamic action*) lebih tinggi untuk memutus ikatan peptida menjadi asam amino bebas sebelum disintesis menjadi protein tubuh. Tingginya energi yang terbuang untuk proses pencernaan internal ini menyebabkan laju akumulasi biomassa harian sedikit melambat dibandingkan

dengan perlakuan pakan karbohidrat murni (Seyedalmoosavi *et al.*, 2022). Meskipun terdapat variasi laju pertumbuhan harian, seluruh kelompok perlakuan dalam penelitian ini mencatatkan nilai SGR di atas 16% per hari. Angka pertumbuhan kinetik ini tergolong sangat tinggi dan kompetitif jika dibandingkan dengan pemeliharaan menggunakan pakan konvensional seperti dedak murni atau limbah sayuran berserat tinggi (Eggink *et al.*, 2022). Hal ini membuktikan bahwa kombinasi limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya memiliki performa yang sangat prospektif sebagai agen pemicu pertumbuhan cepat pada budidaya biomassa maggot skala produktif.

Suhu dan Kelembapan

Faktor lingkungan, khususnya suhu dan kelembapan, memegang peranan krusial dalam meregulasi proses metabolisme, laju respirasi, serta perilaku makan larva maggot (Gbenonsi & Higley, 2025). Berdasarkan hasil pemantauan harian menggunakan *thermo-hygrometer* selama 14 hari masa pemeliharaan, kondisi iklim ruang tercatat sangat stabil. Suhu udara pada awal penelitian berada pada angka 31,2°C dan berfluktuasi minor hingga 31,0°C pada akhir penelitian, sementara kelembapan relatif tetap konstan pada tingkat 69%. Secara fisiologis, maggot diklasifikasikan sebagai organisme poikilotermik, di mana suhu tubuh internalnya sangat bergantung pada suhu ekosistem mikro di sekitarnya. Stabilitas suhu pada kisaran 31°C dalam penelitian ini bertindak sebagai akselerator kinetik bagi enzim pencernaan endogen di dalam midgut larva (Aubernon *et al.*, 2018), serta mengoptimalkan fungsionalitas

enzim papain eksogen yang diperoleh dari konsumsi buah pepaya. Suhu hangat yang konsisten ini mencegah larva dari cekaman stres termal atau penurunan aktivitas motorik (dormansi) yang umum terjadi pada suhu di bawah 25°C, sehingga larva dapat terus mengonsumsi formulasi pakan secara agresif selama siklus pemeliharaan (Ithram & Rahmisari, 2025).

Di sisi lain, kelembapan relatif udara yang terjaga pada angka 69% bersama dengan prosedur penyemprotan air berkala berperan penting dalam mempertahankan kadar air bahan pakan. Stabilitas kelembapan ini menekan laju evaporasi air yang ekstrem pada media pakan, terutama pada perlakuan dengan proporsi buah pepaya yang tinggi. Hal ini menjaga pakan tetap bertekstur basah dan lembut serta mencegah pengerasan jeroan ikan lele akibat dehidrasi media, sehingga fungsi organ mulut larva yang bertipe pengikis (*scraping*) dapat menyerap nutrisi esensial secara konstan. Kondisi iklim mikro yang ideal ini sangat selaras dengan laporan Tasna (2025) dan Defriatno *et al.* (2025) yang menegaskan bahwa rentang suhu 30–38°C dan kelembapan 60–70% adalah zona kenyamanan ekologis mutlak yang menjamin efisiensi biokonversi dan retensi kelangsungan hidup larva hingga mencapai fase prepupa.

Kandungan Protein dan Kadar Air

Berdasarkan hasil penelitian, kandungan protein dan kadar air dari maggot diuji di Laboratorium Biologi FMIPA Universitas Bengkulu dengan nomor surat 078/UN.30.12.Lab.Biologi/2026; hasilnya terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisis kandungan protein dan kadar air maggot

Perlakuan	Parameter Analisis		SNI 9043-5:2022	
	Kadar Air (%)	Protein (%)	Kadar Air (%)	Protein (%)
P1	57,57 ^b	41,56 ^a	12%	25-30%
P2	62,26 ^a	38,06 ^b		
P3	64,23 ^b	37,19 ^b		
P4	55,19 ^c	36,89 ^c		
P5	55,90 ^c	35,44 ^c		

^{abc} Analisis ragam menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata ($p < 0,05$). P1 (100% rebusan jeroan ikan lele); P2 (75% rebusan jeroan ikan lele dan 25% buah pepaya); P3 (50% rebusan jeroan ikan lele dan 50% buah pepaya); P4 (25% rebusan jeroan ikan lele dan 75% buah pepaya); P5 (100% buah pepaya).

Analisis proksimat terhadap jaringan tubuh prepupa maggot merupakan parameter penentu utama untuk menguji kualitas produk akhir maggot sebagai kandidat pakan ternak komersial (Ayuningtyas *et al.*, 2025). Berdasarkan hasil pengujian, jenis dan komposisi formulasi pakan berbasis limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya yang berbeda memberikan dampak yang signifikan terhadap akumulasi kadar air total dan persentase protein kasar tubuh maggot (Tabel 8). Perlakuan P1 (100% rebusan jeroan ikan lele) menghasilkan kandungan protein tertinggi, yaitu mencapai 41,56%, sedangkan perlakuan P5 (100% buah pepaya) menghasilkan persentase protein terendah, yaitu sebesar 35,44%. Sebaliknya, nilai kadar

air tertinggi ditemukan pada perlakuan kombinasi P3 (50% jeroan lele + 50% pepaya) sebesar 64,23% dan kadar air terendah pada P4 sebesar 55,19%.

Tingginya kandungan protein maggot pada perlakuan P1 secara biokimiawi dipicu oleh tingginya asupan nitrogen esensial yang bersumber dari protein hewani murni pada jeroan ikan lele. Limbah jeroan ikan lele secara alamiah mengandung profil asam amino esensial yang lengkap dan padat (kisarannya mencapai 17,7% hingga 31,20%) (Fitrawati *et al.*, 2018). Ketika larva mengonsumsi jeroan lele secara tunggal, asam amino bebas hasil hidrolisis pakan langsung ditranslokasikan secara masif untuk sintesis protein struktural kutikula dan protein penyimpanan

DOI: <https://doi.org/10.30598/ajitt.2026.14.2.231-242>

(*storage proteins*) di dalam hemolimfa larva, sehingga menghasilkan retensi nitrogen tubuh yang sangat pekat (Sari *et al.*, 2024). Hasil ini selaras dengan temuan Sagita *et al.* (2025) yang menegaskan bahwa dominasi substrat pakan berbasis jeroan ikan (sumber protein hewani) memicu eskalasi kadar protein tubuh maggot secara signifikan dibandingkan dengan substrat nabati.

Terjadinya kontradiksi yang unik dalam penelitian ini, di mana perlakuan pakan pepaya tunggal (P5) menghasilkan pertumbuhan bobot akhir paling tinggi (Tabel 3), namun mencatatkan persentase protein tubuh paling rendah (Tabel 8), dapat dijelaskan melalui konsep partisi nutrisi (*nutrient partitioning*). Karakteristik pakan 100% buah pepaya sangat kaya akan karbohidrat mudah larut (81,32%) tetapi miskin protein (8,57%). Ketika maggot mengonsumsi pepaya, asupan energi glukosa yang berlebih tidak dikonversi menjadi jaringan protein, melainkan dialihkan melalui jalur lipogenesis menjadi cadangan asam lemak/lipid dan glikogen yang ditumpuk pada organ adiposa (*fat body*) larva. Penumpukan lipid dan retensi cairan inilah yang mendorong pembengkakan volume seluler sehingga memicu eskalasi bobot basah total, meskipun secara proporsional kadar nitrogen (protein) per satuan berat tubuhnya terdilusi menjadi lebih rendah (Sari *et al.*, 2024). Pembuktian ini diperkuat oleh Maulana *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa penambahan bobot basah larva merupakan cerminan akumulasi multikomponen biomassa (termasuk air dan lemak) dan tingginya bobot tidak menjadi jaminan linear bagi tingginya persentase protein internal.

Sementara itu, fluktuasi parameter kadar air pada tubuh prepupa (kisarannya 55,19% hingga 64,23%) sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembapan media dan daya serap osmotik larva terhadap cairan substrat. Tercapainya kadar air tertinggi pada perlakuan kombinasi P3 (64,23%) diduga merupakan efek sinergis penggabungan kadar air bawaan jeroan lele (76%) dan buah pepaya (89%) yang menciptakan konsistensi media yang sangat lembap, sehingga memacu larva untuk mengabsorpsi lebih banyak cairan ke dalam rongga hemosel tubuhnya (Sari *et al.*, 2024). Meskipun kadar air tubuh maggot bervariasi, seluruh nilai proksimat produk akhir dalam penelitian ini (termasuk P5 dengan protein 35,44%) secara resmi dinyatakan telah melampaui ambang batas mutu nasional yang ditetapkan dalam SNI 01-3931-2006 (protein minimum pakan unggas sebesar 18%) serta SNI 9043-5:2022 (protein minimum tepung pakan ikan sebesar 25-30%). Dengan demikian, seluruh formulasi pakan berbasis limbah kombinasi ini sangat adaptif dan memenuhi kualifikasi standar nutrisi pakan komersial yang aman dan bermutu tinggi.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pemberian kombinasi pakan berbasis limbah jeroan ikan lele dan buah pepaya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan bobot

akhir dan laju pertumbuhan spesifik, namun tidak memberikan dampak perbedaan yang nyata terhadap panjang dan ketebalan maggot. Perlakuan P5 (100% buah pepaya) merupakan formulasi terbaik dengan pencapaian bobot akhir tertinggi (0,190 g), laju konsumsi pakan maksimal (86,8%), dan laju pertumbuhan spesifik harian tertinggi (18,13%). Sebaliknya, dari aspek kualitas nutrisi, perlakuan P1 (100% rebusan jeroan ikan lele) menjadi formulasi terbaik yang menghasilkan pekatan kandungan protein tubuh prepupa tertinggi sebesar 41,56%. Meskipun demikian, seluruh variasi formulasi yang diuji dalam penelitian ini secara resmi telah memenuhi kualifikasi mutu standar nasional (SNI) sebagai pakan ternak yang aman dan bernilai gizi tinggi.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk menguji penerapan metode pergantian pakan secara berkala, misalnya dengan memberikan limbah buah pepaya pada fase awal instar untuk mengejar pertumbuhan bobot, diikuti oleh substitusi pakan jeroan lele pada fase akhir instar menjelang prepupa untuk mengunci kandungan protein tubuh secara optimal. Selain itu, kajian lanjutan mengenai analisis kadar lipid/lemak total dan daya simpan maggot pasca-pengeringan sangat diperlukan sebelum diaplikasikan dalam skala industri pakan komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisha, A. Z., Nursaadah, E., Nirwana, Yani, A. P., Hakim, L., & Sutarno. (2024). Pengaruh pakan limbah jeroan ikan nila dan limbah tomat terhadap pertumbuhan serta kadar protein maggot BSF (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 7(1), 4–6.
<https://doi.org/10.31539/bioedusains.v7i1.9542>
- Amini, G. A. H., & Rohayat, A. (2023). Pengaruh media berbasis limbah organik terhadap pertumbuhan maggot (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 5(4), 25–31.
<https://doi.org/10.31980/jls.v5i1.2677>
- Ananda, R., Johan, H., Nursaadah, E., & Ruyani, A. (2024). Pemberian pakan sampah buah dan sayur terhadap pertumbuhan dan kadar protein maggot BSF (*Hermetia illucens*). *Nutrition & Feed Technology Journal/Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 22(1), 43–49.
<http://dx.doi.org/10.29244/jintp.22.1.43-49>
- Aubernon, C., Hedouin, V., & Charabidze, D. (2018). The maggot, the ethologist and the forensic entomologist: Sociality and thermoregulation in necrophagous larvae. *Journal of Advanced Research*, 16, 67–73.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.12.001>
- Ayuningrum, S. U., & Putra, R. E. (2023). The role of organic waste feed combination on growth rate

- and nutrient content of *Hermetia illucens* larvae. *Journal of Bioscience*, 2(1), 27–37.
<https://doi.org/10.33830/manilkara.v2i1.6530.2023>
- Ayuningtyas, G., Rayani, T. F., Priyambodo, D., Purwanto, B. P., Hakim, A., Sembada, P., ... & Khairunisa, L. (2025). Komposisi nutrisi maggot black soldier fly (BSF) yang ditumbuhkan pada media ekskreta burung puyuh dan potensinya sebagai pakan ternak. *TERNAK TROPIKA Journal of Tropical Animal Production*, 26(1), 20-36.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2025.026.01.3>
- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Bengkulu. (2024). *Volume Produksi dan Nilai Produksi Perikanan Budidaya Menurut Kabupaten/Kota dan Komoditas Utama di Provinsi Bengkulu, 2024*. Bengkulu: Badan Pusat Statistik Provinsi Bengkulu.
- Defriatno, M. E., Rikhasari, D. N., & Aswan, M. S. (2025). Analisis kondisi kelembapan dan suhu optimum untuk pertumbuhan maggot dalam proses penguraian sampah organik. *Jurnal Engineering*, 7(1), 1–8.
<https://doi.org/10.22437/jurnalengineering.v7i1.41266>
- Due, A. R. P., Rembo, E., & Loda, W. (2024). Pengaruh kombinasi media tumbuh terhadap pertumbuhan dan produksi larva BSF (Black Soldier Fly). *Jurnal Pertanian Unggul*, 3(2), 45-54.
<https://www.agrimart.co.id/article/Article-106>
- Eggink, K. M., Lund, I., Pedersen, P. B., Hansen, B. W., & Dalsgaard, J. (2022). Biowaste and by-products as rearing substrates for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: Effects on larval body composition and performance. *Journal Pone*, 17(9), 1–18.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275213>
- Fitrawati, R. A., Musbah, M., Muliadin, M., Hermawan, R., Renol, R., & Akbar, M. (2018). Pengaruh konsentrasi protein ikan lele terhadap kandungan kimia dan organoleptik kerupuk ikan. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 3(1), 28–31.
<https://doi.org/10.31970/pangan.v3i1.10>
- Gbenonsi, A. F., & Higley, L. (2025). Thermal ecology and forensic implications of blow fly (Family: Calliphoridae) maggot mass dynamics: A review. *Insects*, 16(10), 1018.
<https://doi.org/10.3390/insects16101018>
- Hulu, F., Afriani, D. T., & Hasan, U. (2022). Pengaruh media yang berbeda dengan menggunakan limbah rumah tangga, ampas kelapa dan ampas tahu terhadap pertumbuhan maggot (*Hermetia illucens*). *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 2(1), 47–59. <https://doi.org/10.46576/jai.v2i1.2063>
- Ihram, M., & Rahmisari, H. (2025). Pengelolaan limbah organik: evaluasi campuran empat jenis pakan pada pertumbuhan larva black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 27(2), 104-109.
<https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/AGRITECH/article/view/27580>
- Imam, I. A. F., Scabra, A. R., & Asri, Y. (2025). The effect of giving maggot (*Chrysomya megacephala*) maintained in different media on the production performance of Nile fish (*Oreochromis niloticus*). *Indonesian Journal of Aquaculture Medium*, 5(1), 34-45.
<https://doi.org/10.29303/mediaakuakultur.v5i1.7084>
- Izzah, A. Z. N., Mulandari, D. A., Putri, D. A., Nagita, F., & Rimantho, D. (2023). Analisis pemberian pakan berbeda terhadap kandungan maggot (*Hermetia illucens*). In *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 4(1), 326-331.
<https://doi.org/10.47687/snppvp.v4i1.655>
- Julianty, A., Mutmainna, N., Nur, I., & Abdullah, R. (2025). Analisis pemberian limbah buah-buahan pepaya dan mangga terhadap pertumbuhan maggot BSF. *BESIRU: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 155-160.
<https://doi.org/10.62335/59rhva57>
- Kasya, Y. M., Putri, F. E., & Siregar, S. A. (2023). Efektivitas larva maggot (lalat tentara hitam/black soldier fly) sebagai pengurai sampah organik rumah tangga. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*, 10(8), 2563–2570.
<https://doi.org/10.33024/jikk.v10i8.10306>
- Lamin, S., Nofyan, E., & Mayasari, A. (2022). Pengaruh kombinasi limbah ampas kelapa, nanas, dan pepaya terhadap konsumsi pakan, efisiensi konversi, dan pertumbuhan maggot *Hermetia illucens* L. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 3(1), 9–15.
<https://doi.org/10.24233/sribios.3.1.2022.363>
- Lu, Y., Zhang, S., Sun, S., Wu, M., Bao, Y., Tong, H., ... & Xu, W. (2021). Effects of different nitrogen sources and ratios to carbon on larval development and bioconversion efficiency in food waste treatment by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Insects*, 12(6), 507.
<https://doi.org/10.3390/insects12060507>
- Ma'ruf, M. M., & Rokhim, S. (2026). Influence of food variation on the growth of maggots. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 6(2), 159–166.
<https://doi.org/10.24252/filogeni.v6i2.60302>
- Maulana, Nurmeiliasari, & Fenita, Y. (2021). Pengaruh media tumbuh yang berbeda terhadap kandungan air, protein dan lemak maggot black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Buletin Peternakan Tropis*, 2(2), 150–157.
<https://doi.org/10.31186/bpt.2.2.149-157>
- Mudeng, N. E. G., Mokolensang, J. F., Kalesaran, O. J., Pangkey, H., & Lantu, S. (2018). Budidaya maggot (*Hermetia illucens*) dengan menggunakan beberapa media. *Jurnal Budidaya Perairan*, 6(3), 1–6.

- <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/bdp/article/view/21543>
- Ogello, E. O., Outa, N. O., Muthoka, M., Juma, F., & Hoinkis, J. (2025). Optimizing black soldier fly (*Hermetia illucens*) production: effects of substrate variation on biomass, nutritional quality, hatchability, fecundity, and frass quality. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1621034. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1621034>
- Pérez-Pacheco, R., Hinojosa-Garro, D., Ruíz-Ortiz, F., Camacho-Chab, J. C., Ortega-Morales, B. O., Alonso-Hernández, N., ... & Granados-Echegoyen, C. A. (2022). Growth of the black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on organic-waste residues and its application as supplementary diet for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Insects*, 13(4), 326. <https://doi.org/10.3390/insects13040326>
- Purnama, I., Ruyani, A., Yani, A. P., Johan, H., Parlindungan, D., & Nursaadah, E. (2025). Giving a combination of snails (*Achatina fulica*) and coconut dregs on the growth and protein content of maggots (*Hermetia illucens*). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 222-232. <https://doi.org/10.29103/aa.v12i2.22660>
- Purnama, R. C., & Pakerti, A. L. (2022). Analysis of protein levels in corn (*Zea mays* L.) purchased with brand L in the market region of Semuli Jaya Lampung Utara using the Kjeldahl method. *Jurnal Analisis Farmasi*, 7(2). <https://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/analisisfarmasi/article/view/8186>
- Qowasmi, F. N., Sudarti, & Yushardi. (2023). Efektivitas larva black soldier fly (maggot) sebagai metode alternatif penguraian sampah organik. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran (JTTP)*, 01(01), 179–184. <https://jurnal.kopusindo.com/index.php/jtpp/index>
- Razid, R., Zulkarnain, D., & Badarudin, R. (2024). Pemanfaatan limbah organik berbeda sebagai media budidaya maggot black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*, 6(4), 407-413. <https://doi.org/10.56625/jipho.v6i4.161>
- Rebora, M., Salerno, G., Piersanti, S., Saitta, V., Morelli Venturi, D., Li, C., & Gorb, S. (2023). The armoured cuticle of the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Scientific Reports*, 13(1), 22101. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49549-5>
- Rohmiati, Sumahiradewi, L. G., Tarmizi, A., & Rahmawati, A. (2024). Pengaruh pemberian pakan alternatif limbah (jeroan) ikan nila terhadap pertumbuhan dan sintasan benih ikan lele (*Clarias* sp.). *Journal of Aquaculture and Fisheries (IJAF)*, 3(2), 63–71. [https://doi.org/10.47353/ijaf.3\(2\).13](https://doi.org/10.47353/ijaf.3(2).13)
- Sagala, J. K. A. J., Sulastri, A., & Desmaiani, H. (2025). Pengolahan limbah cair budidaya ikan lele menggunakan metode anaerob dengan media bambu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 13(2), 180-190. <http://ejurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/article/view/89757>
- Sagita, F., Nursaadah, E., Parlindungan, D., Sutarno, & Karyadi, B. (2025). Pengaruh kombinasi pakan makronutrien terhadap biokonversi, kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan nilai gizi larva *Hermetia illucens*. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 13(3), 816–831. <https://doi.org/10.23960/jipt.v13i3.p816-831>
- Sari, G. L., Sefrina, L. R., Hanifi, R., Rizki, S., & Samad, A. S. (2024). Analysis of maggot nutrition in various farming periods and organic wastes as a growth medium. In *E3S Web of Conferences*, 500, 02005. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450002005>
- Seyedalmoosavi, M. M., Mielenz, M., Veldkamp, T., Daş, G., & Metges, C. C. (2022). Growth efficiency, intestinal biology, and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00682-7>
- Sholahuddin, Sulistya, A., Wijayanti, R., Supriyadi, & Subagiya. (2021). Potensi maggot (black soldier fly) sebagai pakan ternak di Desa Miri, Kecamatan Kismantoro, Wonogiri. *Journal of Community Empowering and Services*, 5(2), 161–167. <https://doi.org/10.20961/prima.v5i2.45033>
- Skowronek, P., Wójcik, Ł., & Strachecka, A. (2021). Fat body—Multifunctional insect tissue. *Insects*, 12(6), 547. <https://doi.org/10.3390/insects12060547>
- Sonia, G., Ruyani, A., Yani, A. P., Parlindungan, D., Defianti, A., & Nursaadah, E. (2025). Pertumbuhan dan kandungan protein maggot BSF dengan pemberian kombinasi pakan limbah kepala udang dan daun singkong. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak Dan Tanaman*, 13(2), 175–184. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2025.13.2.175-184>
- Sukmareni, J., Sianipar, S. A., Fadiah, S. N., & Esterilita, M. (2023). Implementasi pemberdayaan masyarakat melalui budidaya maggot sebagai alternatif penanggulangan sampah organik masyarakat di Desa Cijagang. *Journal of Sciencetech Research and Development*, 5(2), 341–355. <https://doi.org/10.56670/jsrd.v5i2.219>

- Syahputra, D., Hasan, U., & Manullang, H. M. (2023). Pengaruh pemberian limbah buah-buahan pepaya, nanas dan semangka terhadap pertumbuhan maggot BSF (*Hermetia illucens*). *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 2(2), 88–98. <https://doi.org/10.46576/jai.v2i2.2092>
- Tasna, S. A. (2025). Optimasi nutrisi maggot BSF dengan penerapan sistem monitoring suhu dan kelembapan kandang berbasis IoT. *Jurnal Komputer, Jaringan Dan Internet*, 3(2), 177–187. <https://doi.org/10.34128/b7vw7m11>

Available online at journal homepage: <http://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agrinimal>