

LAPORAN AKHIR PENELITIAN

KONVERSI LIMBAH ORGANIK OLEH LARVA LALAT TENTARA HITAM (*Hermetia illucens*) MENJADI SUMBER PROTEIN TERBARUKAN BAGI PRODUKSI PAKAN TERNAK ORGANIK



Oleh:

Ketua: Dr. Ida Kinasih, M.Si (Fakultas Saintek, Jurusan Biologi)

Anggota:

1. Dr. Yani Suryani, S.Pd., M.Si (Fakultas Saintek, Jurusan Biologi)
2. Astri Yuliawati, M.Si (Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Prodi Pendidikan Biologi)

Dibiayai oleh DIPA-BOPTAN UIN SGD Bandung Tahun Anggaran 2017

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG
2017**

ABSTRAK

Penyumbang terbesar sampah di Indonesia berupa sampah organik dimana dari seluruh sampah yang dihasilkan kurang lebih 60% merupakan sampah organik. Selain itu juga limbah dari hasil pertanian juga perlu mendapat perhatian. Dalam konteks Islam, Manusia ditugaskan Allah menjadi Khalifah di Bumi sehingga pengetahuan manusia yang berkaitan dengan permasalahan lingkungan, tetap berdasar pada Al Quran. Alternatif lain yang dapat dilakukan untuk mengelola sampah organik yaitu dengan menggunakan pendekatan biokonversi. Salah satu agen konversi yang masih belum banyak dimanfaatkan dan sangat berpotensi adalah *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) atau Lalat tentara hitam (Black Soldier Fly). *H. illucens* merupakan organisme serangga penting di alam terutama terkait perannya sebagai serangga dekomposer berbagai sampah organik. Hasil penelitian biokonversi substrat menggunakan limbah organik oleh larva *H. illucens* padat sebagai media tumbuh menunjukkan bahwa biomassa tubuh larva *H. illucens* mengandung sekitar 42% protein dan 35% lemak. Adanya potensi larva *H. illucens* yang kaya akan protein tersebut sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai pakan ternak, mengingat permintaan pakan ternak cenderung semakin tinggi sejalan dengan meningkatnya kegiatan budidaya di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kemampuan larva *H. illucens* dalam mengonversi sampah organik jenis buah-buahan, sayuran, sampah restoran, dan kotoran hewan (domba dan kuda) menjadi biomassa prepupa yang dipelihara pada kondisi laboratorium serta mengetahui potensi larva *H. illucens* sebagai suplementasi pakan ayam broiler, ikan maskoki dan mencit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian tepung larva *H. illucens* ternyata mampu meningkatkan performa pada ayam broiler, baik itu dari bobot, sistem pencernaan, tekstur daging dan kandungan nutrisi. Sedangkan pada mencit, dimana mencit yang diberi tepung larva *H. illucens* menunjukkan hasil yang normal bila dibandingkan dengan kontrol. Untuk ikan maskoki, masih belum menunjukkan hasil yang memuaskan, dimana performa ikan maskoki yang diberi pakan larva *H. illucens* ternyata menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan pakan alami lainnya. Walaupun begitu, formulasi pakan dari larva *H. illucens* berpotensi dijadikan sebagai sumber protein tinggi terbarukan sehingga ketergantungan akan pakan impor nantinya akan dapat dikurangi.

Kata kunci: biokonversi, sampah organik, *H. illucens*, pakan organik, hewan ternak

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan sampah di Indonesia masih belum dapat terselesaikan dengan baik sampai saat ini. Penyumbang terbesar sampah di Indonesia berupa sampah organik dimana dari seluruh sampah yang dihasilkan kurang lebih 60% merupakan sampah organik. Selain itu juga limbah dari hasil pertanian juga perlu mendapat perhatian. Masalah utama yang dihadapi dalam menangani sampah tersebut pada negara berkembang, seperti Indonesia, adalah proses pengumpulan dan pengolahan yang seringkali hanya mencakup 50-70% dari total penduduk daerah pemukiman. Penampungan sampah umumnya bersifat terbuka sehingga memungkinkan penyebaran penyakit dan senyawa kimia pada lingkungan. Padahal dalam konteks Islam, Manusia ditugaskan Allah menjadi Khalifah di Bumi (Q.S Al-Baqarah: 30).

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۗ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا
مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي
أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui" (Q.S. Al-Baqarah: 30).

Kekhalifahan mempunyai tiga unsur yang terkait meliputi manusia, alam raya dan hubungan antara manusia dengan lingkungannya baik biotik maupun abiotik (Shihab, 2016). Komponen fundamental pengetahuan orang Islam tentang Tuhan adalah pengetahuan tentang alam semesta beserta isinya sebagai salah satu efek tindak kreatif illahi. Pengetahuan tentang hubungan antara Tuhan dan dunia, antara Pencipta dan ciptaan, atau antara prinsip Illahi dengan manifestasi kosmik, merupakan basis paling mendasar dari kesatuan antara sains dintaranya

biologi dengan pengetahuan spiritual. Oleh karena itu, konsep dan gagasan kunci yang terkandung dalam pengetahuan tersebut perlu merujuk kepada Al-Qur'an dan Hadist (Bakar, 1991).

Begitu pula dengan pengetahuan manusia yang berkaitan dengan permasalahan lingkungan, misalnya dengan sampah. Metoda yang umum dikembangkan dalam mengatasi permasalahan sampah organik adalah pembuatan kompos, akan tetapi pasar bagi produk yang dihasilkan dari proses *composting* terbatas dan seringkali kebutuhan total terlalu kecil secara ekonomis. Untuk itu perlu ada alternatif lain yang dapat dilakukan untuk mengelola sampah organik yaitu dengan menggunakan pendekatan biokonversi. Biokonversi, atau juga dikenal dengan istilah biotransformasi, merupakan suatu proses menggunakan organisme hidup, umumnya mikroorganisme, untuk melakukan suatu proses kimia yang bila dilakukan menggunakan metoda non biologis membutuhkan biaya atau energi sangat besar bahkan tidak dapat dilakukan. Beberapa jenis organisme yang tadinya dianggap tidak berperan bagi manusia, ternyata dapat digunakan sebagai agen biokonversi. Semua diciptakan Tuhan untuk suatu tujuan sebagaimana dinyatakan dalam Q.S. Shaad ayat 27, dimana Allah Subhaanahu wa Ta'aala memberitahukan tentang sempurnanya hikmah (kebijaksanaan)-Nya dalam menciptakan langit dan bumi termasuk isinya, dan bahwa Dia tidaklah menciptakan keduanya sia-sia (tanpa hikmah, faedah dan maslahat).

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۗ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا
فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka (Q.S. Shaad:27).

Salah satu agen konversi yang masih belum banyak dimanfaatkan dan sangat berpotensi adalah *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) atau Lalat tentara hitam (*Black Soldier Fly*). *H. illucens* merupakan organisme serangga penting di alam terutama terkait perannya sebagai serangga dekomposer berbagai sampah organik (Surendra dkk., 2016; Zhang dkk., 2010).

Proses biokonversi sampah organik dapat terjadi karena larva *H. illucens* diketahui memiliki enzim pada kelenjar saliva dan ususnya, yaitu *leucine arylamidase*, *α -galactosidase*, *β -galactosidase*, *α -mannosidase*, dan *α -fucosidase*. *α -galactosidase* yang merupakan enzim yang dapat menghidrolisis gula kompleks (oligosakarida), *β -galactosidase* yang menguraikan laktosa menjadi galaktosa dan glukosa. Larva *H. illucens* juga memiliki enzim protease, amilase, dan lipase. Protease berfungsi mengubah protein menjadi asam amino, amilase mengubah pati menjadi maltosa, dan lipase mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. (Kim, dkk., 2011). Larva *H. illucens* diketahui mengandung mikroba *Bacillus subtilis* pada kulit dan ususnya (Yu dkk., 2011). *B. subtilis* adalah bakteri yang menghasilkan enzim α -amilase, yang mampu menghidrolisis ikatan α -1,4-glikosidik pada polisakarida (pati) menjadi molekul yang lebih kecil, bahkan hingga mengubah pati menjadi gula sederhana (Demirkan, 2011; Akcan, 2011). *B. subtilis* juga menghasilkan enzim protease, yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptida pada protein (Chantamannakul dkk., 2002; Duman dan Lowe, 2010; Kosim dan Putra, 2010). Selain protease, *B. subtilis* menghasilkan enzim lipase yang berfungsi menguraikan lemak menjadi asam lemak dan gliserol (Pouderoyen dkk., 2001; Ma dkk., 2006; Singh dkk., 2010). *B. subtilis* juga diketahui menghasilkan enzim selulase (Shaheb dkk., 2010; Yin dkk., 2010).

Hasil penelitian biokonversi substrat menggunakan limbah organik oleh larva *H. illucens* padat sebagai media tumbuh menunjukkan bahwa biomassa tubuh larva *H. illucens* mengandung sekitar 42% protein dan 35% lemak (Sheppard dan Newton. 1994; Diener dkk., 2009; St-Hilaire dkk., 2007). Pada penelitian lain disampaikan larva *H. illucens* yang diberi substrat berupa pakan ayam, menghasilkan protein pada tubuh larva sekitar 50% (Sogbesan dkk., 2006). Li dkk. (2011b) melaporkan, sebanyak 1000 larva *H. illucens* yang ditenakan/ diberi pakan kotoran sapi, ayam dan babi (dengan berat masing-masing 1 kg) dapat menghasilkan kandungan lemak kasar pada tubuh larva *H. illucens* sebanyak 39,8%.

Adanya potensi larva *H. illucens* yang kaya akan protein tersebut sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai pakan ternak, mengingat permintaan pakan ternak cenderung semakin tinggi sejalan dengan meningkatnya kegiatan budidaya di Indonesia. Harga pakan komersial saat ini sangat mahal disebabkan adanya peningkatan harga bahan baku utama yang sebagian besar diperoleh dengan cara impor. Untuk menekan harga pakan ternak maka perlu dicari alternatif pengganti sumber bahan baku pakan dengan bahan lain yang lebih murah dan mudah untuk diperoleh. Maggot *H. illucens* mampu menggantikan pelet sebagai pakan ternak alternatif. Selain

kandungan gizinya yang tinggi, larva *H. illucens* juga ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan pengawet dalam pembiakannya. Maggot yang diproduksi dari hasil biokonversi berbagai sampah organik diharapkan dapat menjadi pengganti bahan baku utama pakan ternak yang berkualitas sekaligus menjadi solusi atas permasalahan sampah selama ini.

Pada penelitian ini dilakukan biokonversi berbagai jenis sampah organik (sayuran, buah, buah-buahan, limbah restoran, kotoran domba dan kotoran kuda) dengan menggunakan larva *H. illucens* kemudian dianalisis kandungan nutrisinya. Selanjutnya dilakukan uji pakan terhadap hewan ternak yaitu ayam broiler dan ikan koi untuk mengetahui kualitas larva *H. illucens* sebagai sumber pakan ternak yang potensial. Selain itu, untuk mengetahui kemungkinan potensi maggot *H. illucens* sebagai sumber protein hewani alternatif masa depan bagi manusia yang aman, halal dan toyyib maka akan dilakukan pengujian pakan maggot *H. illucens* terhadap mencit sebagai hewan model manusia.

1.2. Rumusan Masalah

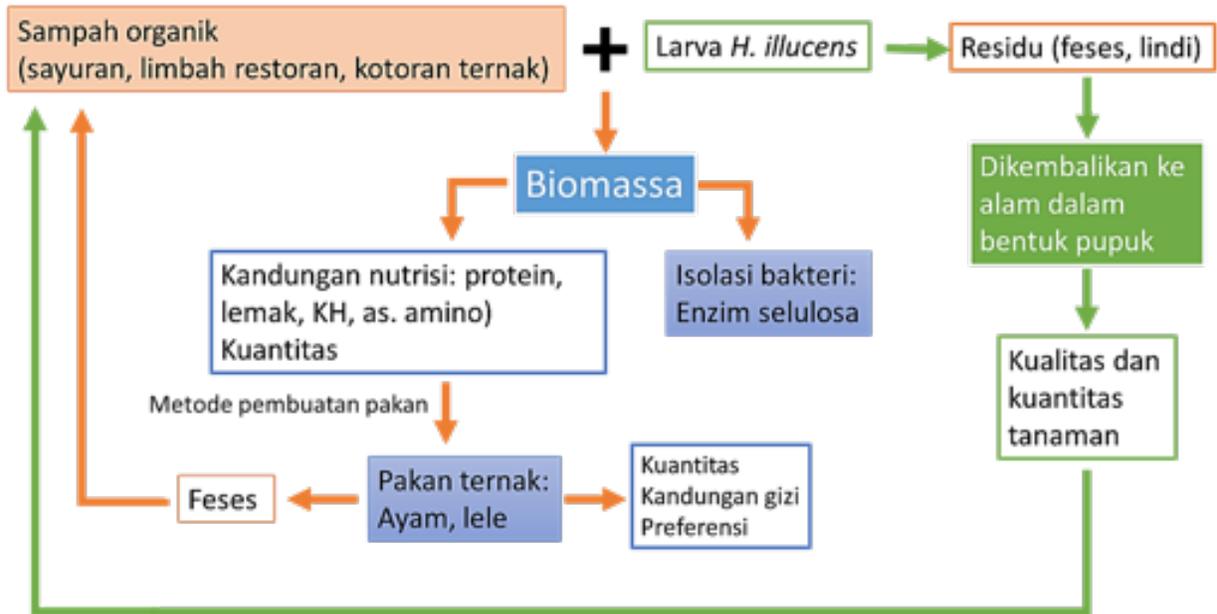
Berdasarkan latar belakang di atas, maka beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan yaitu:

- a. Kemampuan larva *H. illucens* dalam mengonversi sampah organik sangat bergantung pada jenis sampah yang diberikan dan faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban. Bagaimana kemampuan larva *H. illucens* dalam mengonversi sampah organik jenis buah-buahan, sayuran, sampah restoran, dan kotoran hewan (domba dan kuda) yang dipelihara pada kondisi laboratorium.
- b. Berbagai sampah organik yang diberikan kepada larva *H. illucens* akan dikonversi menjadi biomassa tubuh yang bernilai gizi tinggi. Bagaimana kandungan gizi (protein, lemak, karbohidrat, asam lemak, asam amino dan mineral) dari prepupa *H. illucens* dengan pemberian jenis pakan sampah organik yang berbeda.
- c. Maggot atau prepupa *H. illucens* memiliki kandungan nutrisi yang potensial untuk dijadikan pakan ternak sehingga apakah pemberian maggot sebagai suplementasi pakan ayam broiler dan ikan lele mampu meningkatkan kandungan gizi dan kualitas kelulus hidupnya.
- d. Tingginya kandungan protein pada maggot menjadikannya potensial untuk dijadikan sumber protein hewani alternatif bagi manusia di masa depan, namun bagaimana tingkat keamanan maggot tersebut bagi fisiologi tubuh mencit sebagai hewan model manusia dilihat dari nilai

hematologi (sel darah merah, sel darah putih, haemoglobin, dan hematocrit) dan parameter perilaku sensorik dan motoriknya.

1.3. Kerangka Konseptual Penelitian

Berikut ini gambaran kerangka konseptual penelitian :



Gambar 1.1 Kerangka konseptual penelitian

1.4 Hipotesis

- Perbedaan jenis sampah organik mempengaruhi lama waktu dan efisiensi biokonversi yang dilakukan larva *H. illucens* hingga mencapai prepupa.
- Terdapat perbedaan kualitas dan kuantitas kandungan gizi (protein, lemak, karbohidrat, asam lemak, asam amino dan mineral) prepupa *H. illucens* setelah pemberian jenis pakan sampah organik yang berbeda.
- Pemberian maggot sebagai suplementasi pakan ayam broiler dan ikan lele dapat meningkatkan laju pertumbuhan, kandungan gizi dan tingkat kelulus hidupnya.
- Pemberian larva *H. illucens* berpengaruh positif terhadap nilai hematologi, sensorik dan motorik mencit.

BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pengembangan penelitian dasar yang telah dilakukan sebelumnya. Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini difokuskan dalam usaha mendapatkan sumber protein alternatif sebagai sumber pakan ternak.

2.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Mengetahui kemampuan larva *H. illucens* dalam mengonversi sampah organik jenis buah-buahan, sayuran, sampah restoran, dan kotoran hewan (domba dan kuda) menjadi biomassa prepupa yang dipelihara pada kondisi laboratorium.
- b. Menganalisis kandungan nutrisi (protein, lemak, karbohidrat, asam lemak, asam amino dan mineral) dari prepupa *H. illucens* setelah pemberian jenis pakan sampah organik yang berbeda.
- c. Mengetahui pengaruh pemberian larva *H. illucens* sebagai suplementasi pakan ayam broiler dan ikan lele terhadap pertumbuhan, kandungan gizi dan tingkat kelulus hidupnya
- d. Mengetahui pengaruh pemberian larva *H. illucens* terhadap fisiologi tubuh mencit dilihat dari nilai hematologi (sel darah merah, sel darah putih, haemoglobin, dan hematocrit) dan parameter perilaku sensorik dan motoriknya.

2.2 Manfaat

Untuk manfaat penelitian, dibagi menjadi dua yaitu secara teoritis dan aplikatif.

Teoritis

- a. Penelitian tentang larva *H. illucens* di bidang biologi masih jarang dilakukan di Indonesia. Sehingga dengan adanya penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang biologi dari *H. illucens* dan peranannya bagi manusia.
- b. Proses konversi sampah organik dengan *H. illucens* juga masih jarang digunakan di Indonesia. Mengingat potensinya dalam hal mengonversi sampah organik sangat tinggi, maka akan sangat bermanfaat untuk biomanajemen lingkungan.

Aplikatif

- a. Kemampuan larva *H. illucens* dalam hal mengonversi sampah organik dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan sampah di perkotaan.
- b. Adanya potensi nutrisi yang tinggi sangat memungkinkan untuk diaplikasikan ke bidang peternakan sebagai pakan alternatif dan sumber pakan di masa depan.
- c. Kemampuan *H. illucens* dalam mengonversi sampah organik salah satunya dikarenakan adanya bakteri simbiosis yang menghasilkan enzim, misalnya selulosa. Dengan memanfaatkan *H. illucens* memungkinkan untuk diaplikasikan juga ke bidang industri yang memproduksi enzim selulosa untuk menghasilkan berbagai kebutuhan manusia seperti bidang makanan dan minuman.

BAB 3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Biologi Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*)

Lalat tentara hitam (Gambar 2.1) atau *Black Soldier Fly* (*H. illucens*) merupakan serangga kosmopolitan yang banyak ditemukan di Amerika hingga Asia (Rozkosny, 1983; Triplehorn, 2005). Selain itu *H. illucens* juga tersebar di daerah tropis dan daerah bersuhu panas (Sheppard dkk., 2002). Serangga *H. illucens* tinggal di area yang banyak terdapat materi organik yang membusuk (Rozkosny, 1983) serta dapat dibudidayakan di tempat terbuka dengan sumber makanan untuk tahap larva berupa bahan organik dari hewan maupun tumbuhan (Gayatri dkk., 2013). *H. illucens* adalah serangga Ordo Diptera dan termasuk kedalam Famili Stratiomyidae.



Gambar 2.1 Lalat tentara hitam (*H. illucens*) tahap dewasa

Hermetia illucens merupakan salah satu serangga potensial yang memiliki beberapa kelebihan untuk dimanfaatkan, diantaranya mampu menguraikan sampah organik, hidup dalam toleransi pH yang beragam, bukan sebagai vektor penyakit, tahap prepupa dapat dijadikan sumber pakan ternak yang tinggi protein, serta untuk mendapatkannya tidak memerlukan teknologi tinggi (Tomberlin dkk, 2009; Fahmi dkk., 2007). Perkembangan *H. illucens* memerlukan lingkungan yang lembap dan media yang memiliki kandungan nutrisi bahan organik sebagai pakan selama perkembangan (M. Tschimer & A. Simon, 2015). *Hermetia illucens* dapat hidup pada rentang suhu 27-30°C untuk semua fase pada siklus hidupnya, serta *H. illucens* akan mati pada suhu di atas 36°C (Rozkosny, 1983). Kelembapan relatif senilai 30-90% adalah kondisi yang cukup untuk berlangsungnya proses kawin (Holmes dkk, 2012). Ketika fase larva, *H. illucens* memakan materi organik yang membusuk seperti sampah dapur, limbah peternakan

dan berbagai limbah sayuran dan buah-buahan. Namun ketika dewasa, *H. illucens* tidak melakukan aktivitas makan hanya minum air (Nguyen dkk, 2013).

Siklus hidup *H. illucens* terdiri memiliki lima stadia (Dienar, 2007). Lima stadia tersebut yaitu fase telur, fase larva, fase prepupa, fase pupa, dan fase dewasa (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Siklus Hidup *Hermetia illucens* (Alvarez, 2012)

Waktu inkubasi telur beragam untuk setiap kondisi lingkungan yang berbeda. Pada suhu 24 °C, telur menetas dalam 102 sampai 105 jam (4,3 hari) (Both & Sheppard, 1984). Tahap larva *H. illucens* sekitar 3 sampai 4 minggu, tergantung pada kualitas dan kuantitas pakan (Tomberlin dkk., 2002; Myers dkk., 2008). Larva *H. illucens* memiliki ciri-ciri tubuh berbentuk oval, pipih, panjangnya 17 – 22 mm, sebelas segmen tubuh dengan sejumlah rambut pendek yang tersusun melintang, memiliki sepasang spirakel dibagian anterior, sementara spirakel posterior tersembunyi, mata jelas terlihat, kepala dapat bergerak, bagian mulutnya sederhana, maksila berkembang sempurna (James, 1981; Chiu & Cutkomp, 1992; Schremmer 1987 dalam Leclercq 1997). Larva berwarna putih, dan berangsur menyoklat pada tahap prepupa, dan menghitam pada saat pupa (Gambar 2.3) (May, 1961 dalam Tomberlin dkk., 2002). Prepupa berwarna coklat-hitam dan tidak lagi makan, bermigrasi menuju tempat yang kering dan bersembunyi untuk memulai tahap pupa. Stadia prepupa sering dipanen untuk digunakan sebagai pakan ternak (Newton, 2005). Masa pupa berlangsung sekitar dua minggu (Hall & Gerhardt, 2002; Myers dkk., 2008).



Gambar 2.3 *H. illucens* tahap larva hingga pupa

Lama hidup *H. illucens* dewasa berkisar antara 8-14 hari tergantung pada kondisi lingkungan dan ketersediaan jenis pakan (Tomberlin dkk, 2002) hari. *H. illucens* betina yang keluar dari pupa belum memiliki sejumlah telur yang matang, kopulasi terjadi pada hari kedua setelah kemunculannya dari pupa, pada hari berikutnya lalat betina meletakkan telurnya (Tomberlin & Sheppard, 2002). Secara alami lalat betina meletakkan telur pada substrat yang berdekatan dengan substansi organik yang sedang terdekomposisi. Substansi organik tersebut dapat berasal dari hewan maupun tumbuhan seperti buah, sayuran, kompos, humus, sisa makanan, kotoran unggas bahkan manusia, bangkai hewan termasuk manusia (Larde, 1990; Leclercq, 1997; Turchetto dkk., 2001; Olivier, 2001).

Lalat *H. illucens* memiliki ciri khusus yaitu, kepala, toraks, dan abdomen berwarna hitam; panjang tubuh 15 – 20 mm; panjang antena dua kali lebih panjang daripada kepalanya; femur dan tibia berwarna hitam, sayap luas (tidak ramping). Jantan dan betina dibedakan dari ciri segmen abdomen terakhir (James, 1981, Schremmer, 1987 dalam Leclercq 1997). Telur *H. illucens* berbentuk oval dengan panjang sekitar 1 mm. Telur diletakkan oleh lalat betina secara berkelompok, berlekatan satu sama lain dan melekat pada substrat. Kelompok telur yang baru diletakkan berwarna putih pucat, dan berangsur-angsur menguning sampai waktu metetas tiba. Booth dan Sheppard (1984) menyebutkan bahwa satu kelompok telur berbobot 29,1 mg dan mengandung rata-rata 998 butir, sehingga rata-rata bobot satu butir telur adalah 0,028 mg. Tomberlin dkk. (2002) melaporkan bahwa rata-rata telur yang diletakkan per betina bervariasi dari 323 sampai 639 butir. Biasanya telur diletakkan pada substrat kering, sedikit keras, dan tersembunyi (seperti celah, lipatan, retakan).

3.2 Biokonversi

Biokonversi merupakan suatu kegiatan untuk mendapatkan kembali sumber daya hayati dari limbah biomassa dan pada saat bersamaan mengurangi jumlah materi organik yang tersisa pada limbah. Hewan memiliki potensi untuk dijadikan sebagai agen biokonversi limbah organik (Klopfenstein dkk., 2002). Pengolahan limbah organik dengan proses biokonversi memiliki beberapa keuntungan (Barry, 2004), diantaranya:

- a. Mengurangi jumlah limbah organik yang harus diolah pada lokasi pengolahan limbah dan mengurangi ongkos energi yang dibutuhkan untuk mengangkut limbah organik.
- b. Mengurangi masalah sanitasi dan kenyamanan akibat tumpukan limbah organik.
- c. Mengurangi produksi gas metan dari tumpukan limbah sebagai hasil dari penguraian anaerob dari materi organik.
- d. Mengurangi tingkat pencemaran pada saluran pembuangan.
- e. Bermanfaat bagi instansi pendidikan, dari level dasar hingga universitas, dalam menyediakan informasi untuk menghasilkan suatu metoda pendidikan dan praktek yang menggabungkan pengetahuan pada bidang ekologi, biologi, ekonomi, rekayasa. Selain itu dapat menjadi suatu bentuk model pengolahan sumber daya hayati berkelanjutan yang dapat diamati langsung oleh masyarakat.
- f. Menghasilkan produk dalam bentuk biomassa agen hayati dan konversi limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar produksi dalam industri berbasis hayati seperti pertanian, perikanan, dan bioproduk.

Pada dasarnya konsep biokonversi dengan larva serangga adalah sama dengan pengomposan dan penguraian limbah organik oleh cacing tanah (*vermikompos*) yang lebih populer, akan tetapi biokonversi tidak hanya menghasilkan kompos tetapi juga biomassa agen hayati yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk yang bernilai tambah tinggi (Newton dkk., 2005). Hasil penelitian menggunakan limbah organik padat sebagai media tumbuh, baik berupa kotoran ayam, sapi, maupun babi, menunjukkan bahwa terjadi pengkonversian substrat dalam biomassa tubuh larva *Hermetia illucens* menjadi sekitar 42% protein dan 35% lemak (Sheppard dkk., 1994; Dienar dkk., 2009; St-Hilaire dkk., 2007).

Lalat tentara hitam atau *Black Soldier Fly* (*H. illucens*) merupakan serangga kosmopolitan yang banyak ditemukan di Amerika hingga Asia (Rozkosny, 1983; Triplehorn, 2005). Serangga *H. illucens* tinggal di area yang banyak terdapat materi organik yang membusuk (Rozkosny,

1983) serta dapat dibudidayakan di tempat terbuka dengan sumber makanan untuk tahap larva berupa bahan organik dari hewan maupun tumbuhan (Gayatri dkk., 2013).

H. illucens merupakan salah satu serangga potensial yang memiliki beberapa kelebihan untuk dimanfaatkan, diantaranya mampu menguraikan sampah organik, hidup dalam toleransi pH yang beragam, bukan sebagai vektor penyakit (Tomberlin dkk, 2009; Fahmi dkk., 2007). Adanya sifat tersebut memungkinkan *H. illucens* dijadikan sebagai agen biokonversi.

H. illucens mampu mereduksi akumulasi sampah organik hingga 50% dalam waktu singkat sehingga mampu mengurangi polusi lingkungan secara optimal (Myers dkk., 2008), memiliki kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis limbah organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, daging busuk dan segar, buah-buahan, sayuran, limbah restoran, limbah dapur, dan limbah berselulosa tinggi (Nguyen, 2010; Holmes; 2010, Sheppard dkk, 2002; Tomberlin dkk, 2002). Saat ini *H. illucens* banyak dimanfaatkan dalam bidang bioindustri melalui biokonversi berbagai limbah organik menjadi produk biomassa prepupa untuk dijadikan sumber pakan ternak tinggi protein (Diener dkk., 2009) dan tinggi lemak untuk sumber bahan baku energi alternatif terbarukan (Li dkk., 2012). Larva *H. illucens* dapat mengonsumsi materi organik sebanyak 25 mg – 500 mg per larva per hari tergantung pada ukuran larva, tipe substrat yang tersedia dan kondisi lingkungan (seperti suhu, kelembaban dan suplai udara) (Makkar dkk., 2014). Hasil yang telah dilakukan menunjukkan larva *H. illucens* mampu mendegradasi limbah sayuran (Kinasih dkk, 2012) serta limbah jerami dan kulit singkong (Putra dkk, 2015). Untuk limbah restoran dan sayuran juga menunjukkan hasil larva *H. illucens* mampu mengonversi limbah tersebut dan menghasilkan biomassa yang cukup tinggi (data belum dipublikasikan).

Lalat tentara hitam BSF berperan penting dalam proses dekomposisi berbagai sampah organik di alam. Larva BSF dapat mencerna berbagai materi organik termasuk limbah makanan yang ada pada suatu ekosistem (Lardé, 1990; Myers et al., 2008). BSF juga diketahui dapat mengonsumsi limbah pertanian seperti ampas kopi (Lardé, 1990), bungkil kelapa sawit (Hem et al., 2008) dan limbah jerami padi (Manurung et al., 2016) atau limbah materiorganik lain seperti sampah pasar, sampah organik perkotaan hingga limbah lumpur feses (Diener et al., 2011). Larva BSF juga dapat mengonsumsi limbah peternakan termasuk kotoran ternak seperti kotoran ayam (Bondari and Sheppard, 1981), kotoran babi (Sheppard et al., 1994), dan kotoran sapi (Myers et al., 2008). Dalam proses sistem pencernaannya, larva BSF mampu mengasimilasi nutrien yang berasal dari materi organik. Melalui proses asimilasi tersebut, larva BSF merombak

sejumlah sampah organik sehingga secara tidak langsung menurunkan potensi sejumlah sumber polusi di alam (Newton et.al., 2005). Lebih dari setengahnya kandungan nutrisi yang ada dalam pakan diekskresikan sebagai kotoran sisa (Steinfeld, 2012). BSF mengonsumsi dan mengonversi residu protein dan nutrisi lain menjadi biomassa tubuh yang bernilai gizi sehingga dapat dijadikan sumber pakan hewan alternatif yang tinggi protein dan berkualitas baik (Ooninx et. al., 2015). Larva dan prepupa BSF memiliki kandungan protein dan lemak yang tinggi (Dierenfeld and King, 2008) sehingga sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai penunjang pertumbuhan berbagai hewan ternak seperti ikan blue tilapia (Sheppard et. al., 2008) dan babi (Newton et. al., 1977). Dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat aktivitas peternakan dapat menurun secara signifikan apabila larva BSF dapat diaplikasikan untuk mengurangi limbah kotoran ternak dan di daur ulang menjadi pakan ternak berkualitas tinggi.

3.3 Potensi *H. illucens* sebagai pakan ternak

Pemanfaatan bahan pakan hingga kini belum tertanggulangi, dalam arti kompetisi antara pangan dan pakan masih terus berlanjut terutama pakan sumber protein, sehingga menimbulkan dilema bagi nutrisi. Untuk itu diperlukan adanya sumber alternatif pakan lainnya yang tidak bersinggungan dengan kepentingan manusia, seperti serangga yaitu *H. illucens*.

Selain sebagai agen biokonversi, tahap prepupa dari *H. illucens* dapat dijadikan sumber pakan ternak yang tinggi protein, serta untuk mendapatkannya tidak memerlukan teknologi tinggi (Tomberlin dkk, 2009; Fahmi dkk., 2007). Lalat *black soldier* (*H. illucens*) dapat dijadikan pilihan untuk penyediaan pakan sumber protein karena lalat ini mudah ditemukan, dikembangbiakkan, dan merupakan salah satu jenis bahan pakan alami yang memiliki protein tinggi. Harga tepung ikan yang tinggi akan mempengaruhi harga pakan serta biaya produksi. Kondisi tersebut memicu banyak peneliti di bidang terkait untuk mencari sumber protein alternatif, yang lebih murah dan tersedia dalam skala lokal, untuk menggantikan sebagian proporsi tepung ikan dalam komposisi pakan (FAO, 2007).

Hasil uji larva prepupa *H. illucens* sebagai pakan memakai ikan hias langka asal perairan di Jambi dan Kalimantan Barat, balashark *Balantiochelius melanopterus* berbobot 1 - 2 g/ekor sangat memuaskan. Asupan 70% pelet udang dan 30% maggot sebagai pakan selama 12 pekan membuat ikan balashark tumbuh 3 kali lebih besar daripada kontrol yang diberi 100% pelet

udang. Tingkat kelulusan hidup atau *survival rate* ikan balashark naik menjadi 2 kali lipat (dari 65% menjadi 90%) pada fase pembesaran. Begitu pula daya tahan ikan yang masuk daftar merah *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) terhadap penyakit itu terdongkrak berlipat ganda setelah pemberian pakan larva prepupa *H. illucens*. Indikasi ini tergambar dari peningkatan jumlah sel darah putih dari 2-juta sel/mm³ menjadi di atas 3-juta sel/mm³. Di dalam tubuh, sel darah putih berfungsi sebagai sistem pertahanan terhadap berbagai penyakit. Adapun nilai sel darah merah yang berperan dalam menyebarkan sari-sari makanan ke seluruh tubuh pun meningkat sampai 4.500 sel/mm³ dari sebelumnya 2.800 sel/mm³. Dengan demikian sari-sari makanan lebih cepat diserap tubuh menjadi energi (Fahmi dkk, 2016).

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis eksperimental yaitu dengan memberikan berbagai perlakuan jenis medium sampah organik kepada larva *H. illucens* untuk kemudian diaplikasikan sebagai pakan ternak kepada berbagai hewan uji (ayam broiler, ikan koi dan mencit)

4.2 Alat dan Bahan

Larva *H. illucens* yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Balai Riset Budidaya Ikan Hias (BRBIH), Depok, Jawa Barat, yang kemudian dikembangbiakan di Laboratorium Terpadu UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Adapun sampah organik buah-buahan dan sayuran diperoleh dari pasar Ujung berung, sampah restoran diperoleh dari rumah makan padang di sekitar kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung serta kotoran domba dan kotoran kuda diperoleh di peternak domba dan pemilik kuda di wilayah Cilengkrang. Sampah organik yang digunakan tersebut seluruhnya dalam kondisi segar. Hewan uji yang digunakan yaitu ayam broiler diperoleh dari perusahaan CV. Missouri yang memproduksi DOC (*Day of Chicken*), benih ikan koi diperoleh dari Balai Riset Budidaya Ikan Hias (BRBIH), Depok, Jawa Barat dan hewan mencit diperoleh dari Lab. PAU ITB. Seluruh hewan uji yang digunakan harus dipastikan sehat dan memiliki bobot dan umur yang homogen. Bahan lainnya yaitu Etanol 70%, pakan ayam, Aquades, NaOH, Kjeldahl tablet.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah kandang *H. illucens* ukuran 30 x 30 x 30 dan 50 x 30 x 50, set baki percobaan larva, Akuarium ukuran 30 x 30 x 30, set kandang ayam, aerator, selang, batu aerasi, Lux meter, DO meter, Thermo-Hygrometer, pH meter, Neraca Analitik, Neraca digital, Alat analisis Protein (Kjeldahl), Oven, Incubator, Hbmeter Sahli, Haemocytometer, Rotary Evaporator, mikrotom, mikroskop.

4.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi hewan dan Entomologi, Laboratorium Terpadu UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Kebun Percobaan Fakultas Sains dan Teknologi

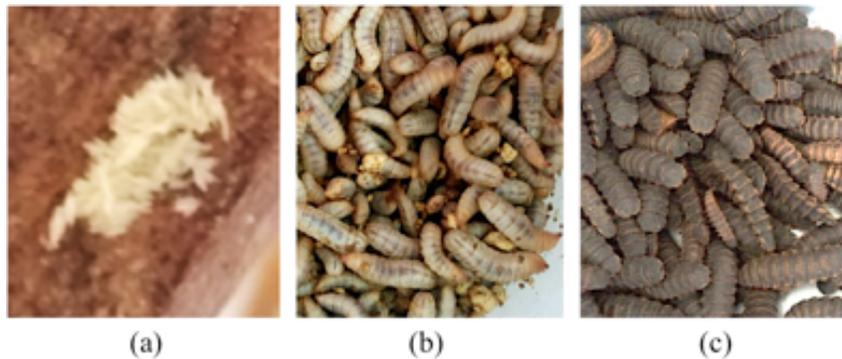
dan Balai Riset Budidaya Ikan Hias (BRBIH), Depok, Jawa Barat Depok Jawa Barat. Untuk analisa histologi dilakukan di Balai Veteriner Subang, Jawa Barat.

4.4 Cara Kerja

a. Kemampuan larva *H. illucens* mengonversi sampah organik

- Persiapan larva *H. illucens*

Telur *H. illucens* sebanyak 30 g didapatkan dari Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias (BPPBIH), Depok. Telur larva kemudian ditetaskan dengan cara ditaruh pada kontainer yang berisi pakan ayam (500 g) yang sudah dicampur oleh air (1 liter). Kemudian ember ditaruh pada suhu ruang. Setelah telur menetas, larva *H. illucens* kemudian dibesarkan hingga umurnya mencapai 6 hari, kemudian dapat dipindahkan ke wadah yang berisi sampah organik untuk diamati pada langkah selanjutnya.



Gambar 3.1 Tahapan telur, larva, dan prepupa *H. illucens* pada saat penelitian

- Pemberian pakan

Pemberian pakan berupa sampah organik dilakukan terhadap 100 ekor larva (yang sudah berumur 6 hari) yang ditempatkan pada wadah tabung plastik (berukuran diameter 5 cm dan tinggi 8 cm) dan kotak plastik (berukuran 14 cm x 7,5 cm x 7 cm; khusus untuk jumlah pakan 100 dan 200 mg/larva/hari) yang sudah berisi sampah organik. Wadah tabung dan kotak kemudian ditutupi dengan kain dengan kerapatan sedang. Penggantian pakan pada larva *H. illucens* dilakukan setiap 3 hari sekali. Sampah organik yang digunakan yaitu kotoran domba, kotoran kuda, kotoran domba dicampur dengan sampah sayuran, sampah buah-buahan, sampah restoran padang, sampah sayuran, dan limbah ampas tahu.

- Pengukuran berat larva dan residu pakan

Pengukuran berat sampel (larva dan residu pakan) dilakukan sesuai dengan jadwal pemberian pakan, yaitu setiap 3 hari sekali. Pada sampel larva, sebelum larva dipindahkan ke wadah yang berisi pakan baru, larva diambil 5 ekor secara acak untuk ditimbang berat basah; kemudian dikeringkan selama 24-72 jam pada suhu 60°C untuk ditimbang berat keringnya. Langkah tersebut dilakukan hingga 50% larva yang ada pada wadah telah berubah menjadi prepupa. Setelah larva yang ada pada wadah perlakuan berubah menjadi prepupa, selanjutnya prepupa diambil 5 ekor secara acak untuk dilakukan pengujian yang sama seperti larva (ditimbang berat basah dan berat keringnya). Sedangkan pada sampel residu, residu pakan ditimbang berat basah, kemudian dikeringkan selama 24-72 jam pada suhu 60°C. Selanjutnya sampel residu ditimbang untuk mendapatkan berat keringnya (berat konstan).

b. Pemberian larva *H. illucens* dan ekstrak propolis pada hewan uji ayam

Pada pengujian dengan menggunakan ayam broiler, tepung maggot *H.illucens* dibuat dengan cara merendam maggot dengan air panas lebih kurang 5 menit, kemudian dikeringkan pada suhu 70°C selama 24 jam, selanjutnya diblender hingga berbentuk butiran dengan ukuran ± 3 mm (crumbs/crumble), kemudian maggot yang sudah berbentuk crumble dicampur dengan pakan komersil yang disesuaikan dengan perlakuan. Ayam broiler (*G.domesticus*) yang sudah berumur 14 hari kemudian dilakukan *treatment* pada setiap ayam dalam setiap kelompok perlakuan dengan pemberian tepung maggot *H. illucens* dimana masing-masing kelompok perlakuan diberikan tepung maggot *H. illucens* yang telah disesuaikan. Pemberian tepung maggot *H.illucens* diberikan secara tidak langsung yaitu dicampurkan dengan ransum komersil. Pemberian tepung maggot dilakukan selama 2 minggu, setelah selesai pemberian selama 2 minggu pakan berganti kembali menjadi pakan komersil Br 2 hingga waktu pematangan.

Pada pembuatan ekstrak propolis, langkah pertama dalam membuat ekstrak propolis adalah, menimbang bongkahan propolis sebanyak 1,5 kg kemudian di rendam dalam etanol 70% dengan perbandingan (1 : 1), dimaserasi pada 150 rpm selama 7 hari dengan suhu ruang, lalu disaring menggunakan kertas saring. Setelah itu dievaporasi dengan

menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 500C, kemudian diuapkan dengan *waterbath* untuk menguapkan sisa pelarut etanol dengan suhu 500°C selama 2-3 jam hingga ekstrak propolis terlihat mengental. Ekstrak propolis diambil sebanyak 3 gram kemudian di larutkan dengan aquades sebanyak 100ml dengan menggunakan *hot plate/magnetic stirrer*. Ekstrak propolis yang sudah homogen siap untuk digunakan sebagai suplemen.

c. Pemberian larva *H. illucens* pada hewan uji mencit

Prosedur penelitian meliputi adaptasi hewan uji, pembuatan suplementasi pakan larva *H. illucens*, penimbangan bobot badan mencit, penimbangan berat kering feses, pengamatan profil hematologi, dan uji sensorik dan motorik. Sebelum dilakukan penelitian, hewan uji diadaptasikan terlebih dahulu. Masa adaptasi mencit dilakukan selama 7 hari dengan mengelompokkan mencit berdasarkan jenis kelamin dan ditempatkan dalam kandang berukuran 30 x 40cm yang telah diberi sekam kayu agar tetap hangat dan penyerap urin mencit. Sekam kayu diganti setiap dua hari.

Pada pembuatan suplementasi pakan, larva *H.illucens* tahapan prepupa diblender bersama pakan P2 (pakan komersil) hingga halus dan dihomogenkan dengan air dan dioven pada suhu 100°C selama 2 jam hingga pakan kering.

Pada pemberian tepung *H. illucens* yaitu diberikan setiap hari sebanyak 5 gram pada pukul 9 pagi.

d. Pemberian larva *H. illucens* pada hewan uji ikan maskoki

Ikan maskoki yang digunakan adalah ikan mas koki oranda. Pakan yang diberikan adalah pelet (sebagai kontrol), pakan alami bloodworm, *Tubifex* sp. Dan maggot *H. illucens*. Pemberian pakan ini diberikan dengan frekuensi pemberian pakan 3 kali sehari yaitu pada pagi pukul 08.00, siang hari pukul 12.00 dan sore hari pukul 16.00. Untuk menghindari penumpukan sisa pakan dan kotoran diakuarium dilakukan penyiponan setiap hari, kemudian air yang keluar diganti sehingga volumenya tetap sama pada waktu sebelum disipon (awal).

4.5 Prosedur Pengambilan dan Pengumpulan Data

a. Kemampuan biokonversi *H. illucens*

Kemampuan biokonversi yang dinyatakan dengan jumlah substrat optimal. Penentuan jumlah substrat optimal dilakukan untuk mendapatkan dasar dari pengembangan sistem konversi limbah oleh larva *H.illucens*. Parameter yang digunakan mengacu pada literatur Diener dkk. (2009), yaitu berat kering akhir larva, waktu pertumbuhan larva, persentase konsumsi pakan, dan Waste Reduction Indeks (WRI). Persentase konsumsi pakan diukur dengan menggunakan persamaan:

$$D = \frac{W - R}{W} \times 100\%$$

dimana: D = persentase bobot substrat yang didegradasi, W = bobot kering total substrat selama waktu (t) percobaan, sedangkan R = bobot kering residu selama waktu (t) percobaan.

WRI merupakan indeks yang menyatakan bobot substrat yang dicerna larva dalam jangka waktu tertentu. Nilai WRI ditentukan menggunakan persamaan

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

Efisiensi konversi dihitung dengan menggunakan persamaan (Scriber & Slansky, 1982 dalam Diener, 2009), yaitu:

$$ECD = \frac{B}{(I - F)} \times 100\%$$

dimana: ECD = Efficiency of Conversion of Digested-feed, B = bobot kering biomassa yang terbentuk (mg dw), I = bobot substrat awal (mg dw), dan F = bobot kering casting (makanan yang tidak dikonsumsi + kotoran yang dikeluarkan) (mg dw). ECD menyatakan efektivitas larva dalam mengkonversi makanan yang dicerna menjadi biomassa. Semakin besar nilai ECD berarti semakin besar pula kemampuan larva untuk menyerap makanan menjadi biomassa.

b. Analisa kandunga nutrisi prepupa *H. illucens*

Analisa protein dilakukan dengan metode Kjeldhal, analisa lemak dengan alat Soxhlet, sedangkan kandungan asam lemak, asam amino dan mineral dengan alat HPLC.

c. Pengujian pada ayam broiler

Parameter yang diamati pada pengujian ke ayam broiler yaitu pengukuran bobot ayam, uji organoleptic, pengujian kadar air, protein kasar dan lemak kasar. Selain itu juga dilakukan histologi pada sistem pencernaannya.

- Penimbangan bobot badan dilakukan setiap hari secara individu sebelum pemberian pakan, untuk menghitung rata-rata pertambahan bobot badan harian. Pertambahan bobot badan harian dihitung berdasarkan bobot badan akhir (g) dikurangi berat badan awal (g).

$$PBB = BB \text{ akhir minggu} - BB \text{ awal minggu}$$

Keterangan : PBB : Pertambahan bobot badan (gram)

Persentase karkas diperoleh dari hasil perbandingan antara bobot karkas (g) dengan bobot hidup (g) dikalikan 100%

$$\text{Persentase Karkas (\%)} = \frac{\text{Bobot karkas (g)}}{\text{Bobot hidup (g)}} \times 100\%$$

- Pada analisis kadar air, pertama cawan petri sebelumnya dimasukkan dalam oven 105°C selama 1 jam. Cawan ditimbang dengan teliti, misalnya beratnya A gram. Selanjutnya sampel dimasukan ± 2 gram (bagian dada ayam) dalam cawan dan ditimbang kembali, misalnya beratnya B gram. Cawan petri yang berisi sampel tersebut dimasukan ke dalam oven 105°C selama 4 jam. Cawan petri yang sudah di oven, kemudian ditimbang beratnya dengan teliti, misalnya C gram.

Perhitungan :

$$KA = \frac{(B-A)-(C-A)}{(B-A)} \times 100\%$$

Keterangan:

A : Bobot Cawan Petri (g)

B : Bobot Cawan Petri berisi sampel Sebelum dipanaskan (g)

C : Bobot Cawan Petri berisi sampel sesudah dipanaskan (g)

- Untuk menguji kadar protein kasar dari daging ayam (*G. domesticus*) ini, dengan metode Kjeldah (AOAC, 1990). Sampel yang digunakan adalah daging bagian dada sebanyak ± 2 gram.
- Pengujian kadar lemak kasar daging ayam (*G. domesticus*) ini, dengan metode Soxhle (AOAC, 1990). Sampel yang digunakan adalah daging bagian dada sebanyak $\pm 4-5$ gram.
- Pembuatan histologi sistem pencernaan (usus) dilakukan di bagian duodenum, jejunum dan ileum. Setelah dilakukan histologi, maka setiap sampel diukur luas permukaan vili. Tinggi, lebar basal dan lebar apical vili duodenum, jejunum dan ileum dihitung menggunakan mikroskop (*Olympus*) pada pembesaran objektif 4 kali dengan bantuan video mikroskop (Video measuring gauge IV-560, for Company Limited) pada 5 lapang pandang untuk setiap preparat. Luas permukaan vili (μm^2) dihitung menurut metode Iji et al (2001) menggunakan rumus $(b+c) / c \times a$ (dimana a=tinggi vili, b=lebar basal vili dan c=lebar apical vili).

d. Pengujian pada mencit

Penimbangan bobot badan mencit dilakukan setiap hari menggunakan timbangan analitik hingga mencit selama waktu pengamatan 14 hari. Penambahan bobot badan mencit diperoleh melalui penimbangan bobot badan setiap individu sehingga diperoleh selisih berat badan.

$$\text{Selisih berat badan} = \text{berat akhir} - \text{berat}$$

Penimbangan berat kering feses dilakukan dua hari sekali. Penimbangan berat kering feses untuk mengetahui persentasi pencernaan.

$$\% \text{Kecernaan} = \frac{\text{berat pakan} - \text{feses}}{\text{berat pakan}} \times 100\%$$

Pengamatan hematologi terdiri dari jumlah sel darah merah (SDM), sel darah putih (SDP), Hemoglobin (Hb) dan Hematokrit (Ht).

Uji sensorik dan motorik menggunakan Uji *Maze Learning Test Battery* dan Uji *Water E Maze Battery*.

e. Pengujian pada ikan maskoki

Parameter analisis terhadap ikan maskoki dihitung berdasarkan rumus pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik, dan kesintasan berikut ini :

Pertumbuhan bobot mutlak, $\Delta W = W_t - W_0$

Dimana ΔW = Pertumbuhan bobot mutlak, W_t = Bobot ikan pada akhir penelitian,

W_0 =Bobot ikan pada awal penelitian

4.6 Pengolahan Data dan Analisis

Data berupa bobot badan, daya cerna dan efisiensi konversi dianalisis dengan Analysis of Variance (ANOVA). Apabila hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan Uji Duncan dengan selang kepercayaan 95%. Sedangkan data lainnya seperti kandungan protein, lemak, asam amino dan mineral dianalisa secara deskriptif.

4.7 Alur Penelitian

Adapun alur penelitian dapat dilihat pada skema sebagai berikut:



Gambar 3.2 Alur penelitian yang dilakukan

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Potensi Lalat Tentara Hitam (*H. illucens*) untuk Biokonversi

5.1.1 Pertumbuhan dan komposisi nutrisi lalat tentara hitam *Black soldier flies* (*H. illucens*) yang dipelihara pada kotoran domba dan kotoran kuda

Tomberlin et al. (2002) melaporkan bahwa jenis medium pertumbuhan sangat mempengaruhi perkembangan dan berbagai ciri biologis dari BSF. Pada penelitian ini dapat diketahui bagaimana pengaruh kotoran kuda dan kotoran domba sebagai medium pertumbuhan BSF terhadap kualitas pertumbuhan dan komposisi nutrisi kasar dari prepupa yang dihasilkan. Pada penelitian ini dianalisis bagaimana medium kotoran kuda dan kotoran domba mempengaruhi siklus hidup, lama waktu perkembangan (larva, pupa, dewasa), mortalitas, ukuran panjang, lebar dan bobot serta komposisi nutrisi dari substrat perlakuan dan prepupa yang berasal dari seluruh perlakuan substrat.

Terdapat perbedaan diantara waktu perkembangan BSF yang dipelihara pada masing-masing pakan perlakuan pada setiap tahapan hidupnya (larva, prepupa, pupa, dan dewasa). Hasil pengamatan terhadap waktu perkembangan BSF yang dipelihara pada pakan perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5.1. BSF yang dipelihara pada kotoran kuda memiliki waktu perkembangan total (larva hingga dewasa) paling tinggi dibandingkan dengan waktu perkembangan total pada perlakuan pakan lainnya (112,8 hari). Waktu perkembangan total paling rendah adalah BSF yang dipelihara pada medium perlakuan campuran kotoran kuda dan sampah sayuran (91,4 hari). Waktu yang diperlukan untuk perkembangan tahap larva merupakan paling lama pada semua perlakuan medium dibandingkan dengan waktu perkembangan pada tahap lainnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kotoran kuda dan kotoran domba cocok untuk digunakan sebagai medium pertumbuhan larva BSF walaupun memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan jenis sampah organik lain yang dijadikan medium pertumbuhan untuk BSF. Rata-rata BSF menyelesaikan waktu siklus hidup adalah sekitar 40-45 hari, dengan waktu tahapan larva paling lama sekitar 22-24 hari pada suhu 27-30°C (Sheppard et al. 1994; Tomberlin et al. 2002; Tomberlin et al. 2009). Penelitian Nguyen et. al (2013) melaporkan bahwa larva yang dipelihara pada kotoran babi secara umum memerlukan waktu paling lama untuk mencapai

fase prepupa dibandingkan dengan larva yang dipelihara pada medium organik lainnya (buah-buahan dan sayuran, sampah dapur, liver dan ikan).

Pertumbuhan dan perkembangan BSF dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya faktor nilai nutrisi dari medium organik yang diberikan yang mempengaruhi laju pertumbuhan dan perkembangan. Perkembangan BSF akan berbeda-beda bergantung pada jenis sampah organik yang tersedia. Menurut Harnden dan Tomberlin (2016), ada beberapa faktor yang bertanggung jawab terhadap perbedaan perkembangan BSF yang diamati pada beberapa jenis pakan sampah organik. Faktor yang paling berpengaruh adalah kandungan nutrisi yang terdapat pada medium pakan yang diberikan.

Tabel 5.1 Waktu perkembangan populasi BSF yang dipelihara pada masing-masing medium perlakuan

Tahap	Waktu perkembangan (Mean ± SE)			
	A	B	C	D
larva	42.00±1.34 ^b	28.60±3.53 ^a	42.80±0.58 ^b	30.40±3.43 ^a
prepupa	22.60±3.60 ^a	21.40±2.66 ^a	26.00±3.75 ^a	24.80±2.54 ^a
pupa	24.60±2.69 ^a	22.60±0.24 ^a	18.80±1.62 ^a	23.00±1.38 ^a
dewasa	23.60±2.25 ^b	18.80±0.87 ^{ab}	16.50±1.17 ^a	18.70±0.77 ^{ab}
jantan	24.80±2.97 ^a	19.40±0.68 ^a	18.40±1.78 ^a	18.60±1.12 ^a
dewasa	22.40±1.78 ^b	18.20±1.16 ^{ab}	14.60±0.68 ^b	18.80±0.66 ^{ab}

Keterangan : huruf yang berbeda pada data baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata diantara perlakuan ($P \leq 0.05$) (A: 100% kotoran kuda, B: campuran kotoran kuda dan sampah sayuran, C: 100% kotoran domba, D: campuran kotoran domba dan sampah sayuran)

Perbedaan kandungan nutrisi pada medium pemeliharaan BSF akan menjelaskan mengapa larva yang dipelihara pada kotoran kuda dan kotoran domba memerlukan waktu perkembangan yang lebih lama dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil analisis proksimat terhadap medium pertumbuhan larva dan prepupa BSF dapat diketahui pada Tabel 5.2. Aktivitas makan pada BSF hanya dilakukan selama fase larva hingga larva memperoleh simpanan lemak tubuh yang banyak untuk digunakan sebagai sumber energi untuk tahap pupa, bertahan hidup saat fase

dewasa dan untuk kebutuhan energi ketika aktivitas reproduksi (Tomberlin et al. 2002). Secara umum, larva BSF mampu mengonversi sampah organik kotoran kuda dan kotoran domba yang miskin nutrisi menjadi biomassa prepupa yang kaya akan nutrisi yang lebih tinggi seperti kandungan protein (35.38 – 46.59%), lipid (10.97-14.09%), dan gross energy (\approx 4603 Kcal/kg), serta kandungan abu dan serat yang rendah sehingga potensial dijadikan untuk pakan ternak.

Tabel 5.2 Komposisi proksimat dari substrat pertumbuhan larva dan prepupa BSF

Parameter	A		B		C		D	
	Substrat	Prepupa	Substrat	Prepupa	Substrat	Prepupa	Substrat	Prepupa
Dry Matter (%)	91.03	88.02	88.05	94.96	90.84	95.49	89.59	94.11
Kadar abu (%)	14.15	19.63	21.80	14.22	21.45	15.35	20.45	15.48
Protein kasar (%)	10.13	35.38	13.89	46.59	13.34	40.00	16.43	44,13
Serat kasar (%)	19.90	2.19	23.40	3.41	20.77	2.09	17.64	2.56
Lemak kasar (%)	3.87	14.09	3.51	12.98	4.27	10.97	3.87	9.73
Karbohidrat (%)	51.97	28.71	37.40	22.85	40.17	31.59	41.61	28.10
Gross Energi (Kkal/kg)	3553	4603	3269	4270	34.58	4557	3280	4270
Mineral								
Kalsium (%)	2.42	3.03	3.43	2.28	3.83	2.48	2.18	2.38
Fosfor (%)	0.59	0.82	0.74	0.78	0.42	0.54	0.64	0.35

Keterangan: A: 100% kotoran kuda, B: campuran kotoran kuda dan sampah sayuran, C: 100% kotoran domba, D: campuran kotoran domba dan sampah sayuran

Larva BSF tidak hanya mampu bertahan hidup dan berkembang pada medium perlakuan 100% kotoran kuda dan kotoran domba tetapi juga mampu secara signifikan mereduksi biomassa kotoran kuda dan kotoran domba tersebut. Waktu perkembangan larva menjadi lebih cepat dan kandungan nutrisi prepupa menjadi lebih tinggi ketika sampah sayuran ditambahkan sebagai pada kotoran kuda dan kotoran domba. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perkembangan larva BSF menjadi lebih cepat pada medium limbah feses yang ditambahkan dengan sampah pasar yang diduga menjadi tambahan nilai nutrisi untuk medium pakan pertumbuhan larva BSF (Diener et.al. 2011).

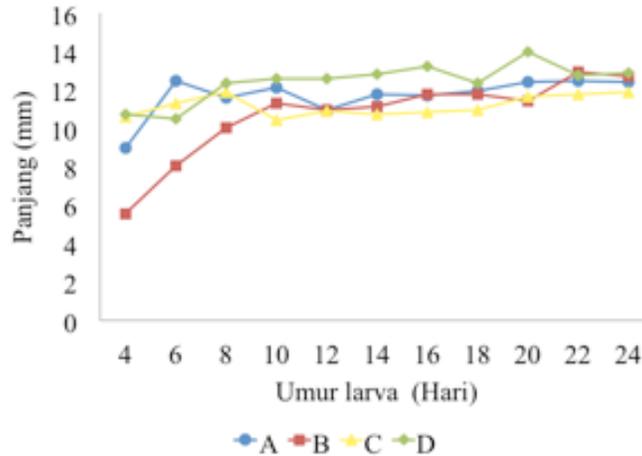
Mortalitas BSF setiap tahapan (larva hingga dewasa) pada penelitian ini nilainya rendah atau memiliki tingkat kelulushidupan yang cukup tinggi (Tabel 5.3). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa seluruh jenis substrat perlakuan yang digunakan pada penelitian ini cocok diaplikasikan sebagai medium pertumbuhan sekaligus pakan bagi larva BSF. Karakteristik kelulushidupan dan waktu perkembangan BSF ditentukan oleh berbagai faktor seperti jenis sumber makanan (Diener et al., 2009), kandungan nutrisi pakan (Gobbi et al., 2013), temperatur (Harnden & Tomberlin, 2016), kelembaban relatif (Holmes et al., 2012) dan strain genetik (Zhou et al., 2013).

Tabel 5.3 Nilai Mortalitas (Mean \pm SE) BSF yang dipelihara pada setiap perlakuan

Tahap	Mortalitas (%)			
	A	B	C	D
Larva	22.60 \pm 4.32 ^a	14.40 \pm 4.77 ^a	29.60 \pm 6.40 ^a	22.40 \pm 2.89 ^a
Prepupa	26.40 \pm 3.72 ^{ab}	14.60 \pm 4.82 ^a	32.40 \pm 5.55 ^b	22.60 \pm 3.04 ^{ab}
Pupa	26.60 \pm 3.70 ^{ab}	14.60 \pm 4.82 ^a	33.00 \pm 5.43 ^b	22.60 \pm 3.04 ^{ab}
Dewasa	26.60 \pm 3.70 ^{ab}	15.20 \pm 5.14 ^a	34.00 \pm 5.35 ^b	22.60 \pm 3.04 ^{ab}
Jantan	26.60 \pm 3.70 ^{ab}	15.20 \pm 5.14 ^a	34.00 \pm 5.35 ^b	22.60 \pm 3.04 ^{ab}
Betina	26.60 \pm 3.70 ^{ab}	15.20 \pm 5.14 ^a	34.00 \pm 5.35 ^b	22.60 \pm 3.04 ^{ab}

Keterangan : huruf yang berbeda pada data baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata diantara perlakuan ($P \leq 0.05$) (A: 100% kotoran kuda, B: campuran kotoran kuda dan sampah sayuran, C: 100% kotoran domba, D: campuran kotoran domba dan sampah sayuran)

Berdasarkan data pertumbuhan larva dapat diketahui bahwa larva yang dipelihara pada campuran kotoran dan sampah sayuran memiliki bobot yang lebih berat, panjang tubuh yang lebih panjang dan lebar tubuh yang lebih lebar dibandingkan dengan larva yang dipelihara pada medium 100% kotoran (Gambar 5.1, Gambar 5.2, dan Gambar 5.3).

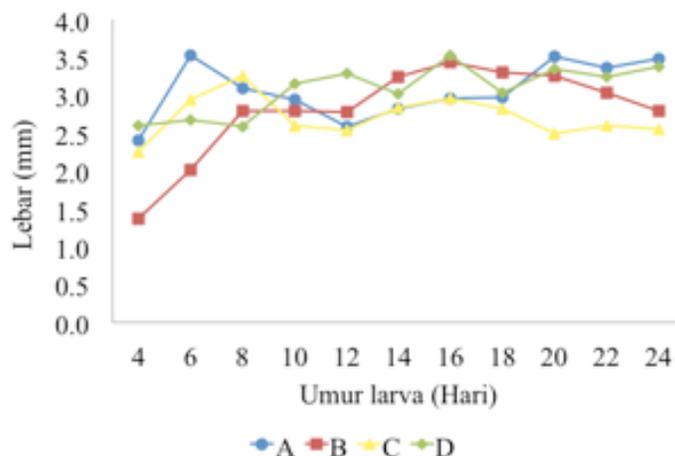


Keterangan: A: 100% kotoran kuda, B: campuran kotoran kuda dan sampah sayuran, C: 100% kotoran domba, D: campuran kotoran domba dan sampah sayuran

Gambar 5.1. Panjang larva BSF (mm) pada keempat perlakuan medium pertumbuhan

Pada akhir pengamatan pertumbuhan larva, bobot larva dan panjang larva cenderung menyusut karena menjelang memasuki fase prepupa dan pupa. Bakteri tertentu seperti *Bacillus natto* terdapat pada kotoran ternak dan menunjang pertumbuhan dan perkembangan (Dong et al., 2009; Yu et al., 2011).

Tingkat kelulushidupan larva BSF tidak dipengaruhi oleh keberadaan bakteri, tetapi penambahan bakteri *Bacillus subtilis*, yaitu spesies yang terdapat pada usus BSF, mampu meningkatkan bobot prepupa (Yu et al., 2011; Zheng et al., 2013). Namun demikian, larva yang diberi pakan berupa kotoran ternak cenderung lebih pendek, kehilangan bobot, dan membutuhkan waktu yang lama untuk perkembangan jika dibandingkan dengan perlakuan medium pertumbuhan BSF lainnya seperti sampah buah-buahan dan sayuran, sampah dapur, liver dan ikan (Nguyen et. al. 2013).

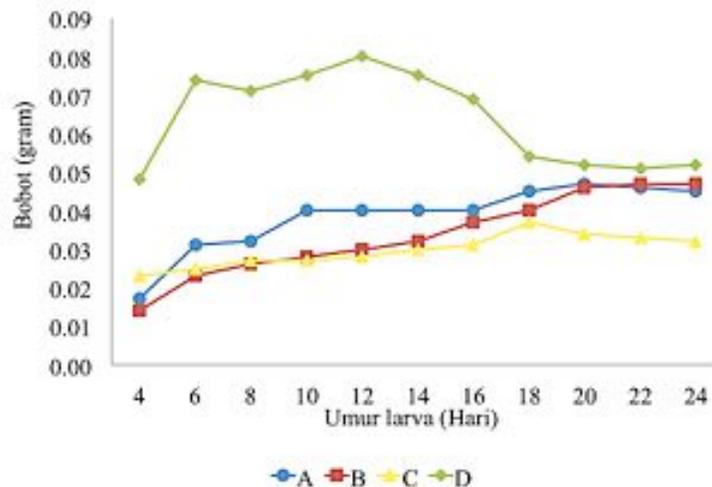


Keterangan: A: 100% kotoran kuda, B: campuran kotoran kuda dan sampah sayuran, C: 100% kotoran domba, D: campuran kotoran domba dan sampah sayuran

Gambar 5.2. Lebar larva BSF (mm) pada keempat perlakuan medium pertumbuhan

Dari data juga dapat dilihat perlakuan kotoran domba dengan dicampur sayuran penurunan nilai panjang, lebar dan bobot larva masih relatif lebih stabil. Sehingga dapat diduga pencampuran sampah sayuran mampu menstabilkan nutrisi yang dibutuhkan oleh larva. Berdasarkan Gambar 5.3, apabila ingin mendapatkan biomassa yang tinggi, campuran kotoran domba dan sayuran ternyata menghasilkan bobot yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Dari grafik ini juga dapat dilihat pada instar awal, larva memiliki peningkatan yang paling tinggi dari bobot tubuhnya, dan berangsur-angsur bobotnya menurun dan lebih stabil.

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kotoran kuda dan kotoran domba cocok digunakan sebagai pakan sekaligus medium pertumbuhan larva BSF dan campuran kotoran domba dengan sampah sayuran proporsi 50%:50% merupakan kombinasi yang baik untuk menghasilkan biomassa prepupa.



Keterangan: A: 100% kotoran kuda, B: campuran kotoran kuda dan sampah sayuran, C: 100% kotoran domba, D: campuran kotoran domba dan sampah sayuran

Gambar 5.3. Bobot larva BSF (gram) pada keempat perlakuan medium pertumbuhan

5.1.2 Pertumbuhan lalat tentara hitam *Black soldier flies (H. illucens)* yang dipelihara pada berbagai sampah organik

Pada pengamatan pertumbuhan BSF pada berbagai sampah organik juga ditemukan adanya variasi waktu perkembangan, tingkat kematian, berat tubuh, panjang serta lebar dari larva pada setiap perlakuan. Seperti pada perlakuan kotoran domba, adanya perbedaan kandungan nutrisi pada medium pemeliharaan BSF dapat menjelaskan mengapa larva yang dipelihara pada berbagai sampah organik tersebut akan berbeda-beda. Tabel 5.4 merupakan waktu perkembangan BSF pada berbagai sampah organik, dimana waktu terlama fase telur terdapat pada media sayuran dan waktu yang tercepat pada media buah dan ampas tahu, serta pakan ayam sebagai pembanding. Hal ini dimungkinkan karena kandungan nutrisi pada pakan ayam, buah dan ampas tahu lebih memungkinkan telur untuk lebih cepat berkembang dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Tabel 5.4 Waktu perkembangan BSF pada berbagai sampah organik

Tahapan	Waktu Perkembangan (Mean ± SE)				
	Pakan ayam	Buah	Sayuran	Restoran	Ampas tahu
Telur	6.00±0.00 ^a	6.00±0.00 ^a	8.80±0.20 ^c	7.00±0.00 ^b	6.00±0.00 ^a
Larva	22.60±1.37 ^{ab}	20.40±0.50 ^a	26.00±0.00 ^b	26.00±1.43 ^a	22.00±0.70 ^a
Prepupa	17.40±0.25 ^b	17.00±0.54 ^b	13.00±0.31 ^a	20.40±1.25 ^c	20.00±0.31 ^c
Pupa	21.60±0.70 ^b	26.00±0.70 ^c	19.20±0.20 ^a	25.20±0.75 ^c	24.00±0.44 ^c
Dewasa	14.00±0.25 ^a	17.60±0.50 ^{bc}	20.80±0.58 ^d	15.80±1.47 ^{ab}	19.8±0.80 ^{cd}
Jantan	13.20±0.47 ^a	17.40±0.50 ^b	19.20±1.46 ^b	13.00±1.68 ^a	18.80±0.73 ^b
Betina	14.40±0.25 ^a	17.40±1.16 ^{ab}	21.60±0.50 ^c	18.60±1.43 ^{bc}	20.40±0.81 ^{bc}

Keterangan : huruf yang berbeda pada data baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata diantara perlakuan ($P \leq 0.05$)

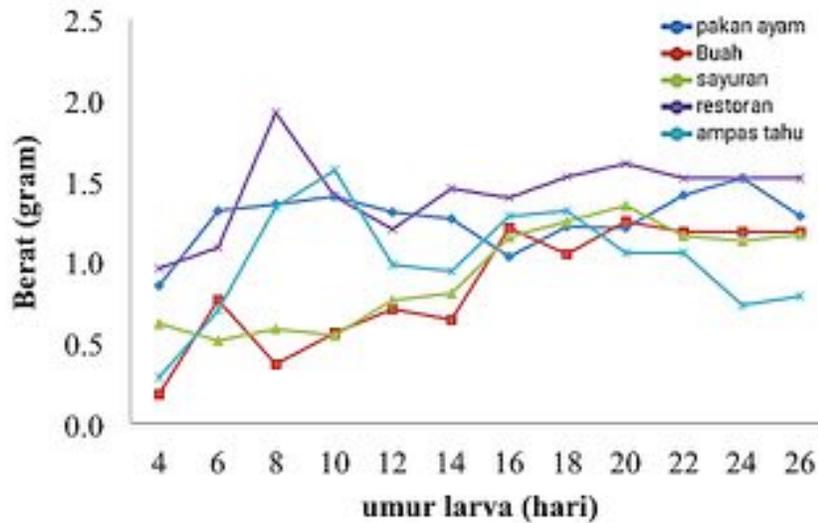
Fase larva menunjukkan media buah, ampas tahu dan pakan ayam mendapatkan perkembangan yang paling singkat dibandingkan dengan media lainnya. Fase prepupa dan pupa menunjukkan perkembangan paling singkat pada media sayuran, dan yang paling lama pada media limbah restoran. Untuk fase dewasa jantan, perkembangan paling singkat pada media limbah restoran serta pakan ayam, dan yang paling lama pada limbah sayuran. Sedangkan untuk dewasa betina perkembangan paling singkat pada media pakan ayam dan buah, dan waktu yang paling lama masih pada media limbah sayuran.

Tabel 5.5 Tingkat kematian BSF pada berbagai sampah organik

Tahapan	Mortalitas (%) (Mean ± SE)				
	Pakan ayam	Buah	Sayuran	Restoran	Ampas tahu
Telur	2.00±1.41 ^a	6.00±2.25 ^{ab}	16.00±5.33 ^b	4.40±3.08 ^{ab}	9.00±4.83 ^{ab}
Larva	27.60±5.31 ^a	45.20±5.15 ^{ab}	52.60±1.31 ^b	36.80±8.97 ^a	32.00±8.60 ^{ab}
Prepupa	14.45±9.46 ^a	3.71±1.39 ^a	4.03±0.81 ^a	1.81±0.83 ^a	2.12±1.58 ^a
Pupa	10.51±4.30 ^a	14.70±7.27 ^a	10.94±2.94 ^a	2.48±2.67 ^a	3.54±1.81 ^a

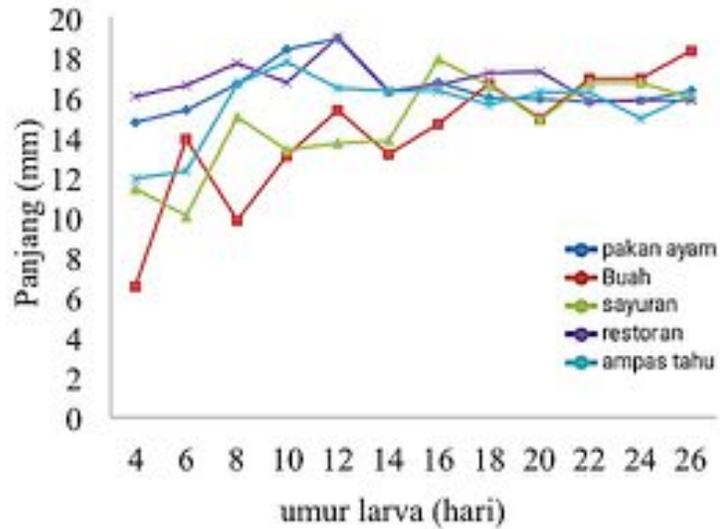
Dilihat dari data tingkat kematian (Tabel 5.5), tingkat kematian pada fase telur dan larva relatif lebih kecil pada media pakan ayam, dan tingkat kematian terbesar pada media sayuran.

Sedangkan pada fase prepupa dan pupa, tingkat kematian terendah ditunjukkan pada media limbah restoran, dan tingkat kematian tertinggi pada media buah.



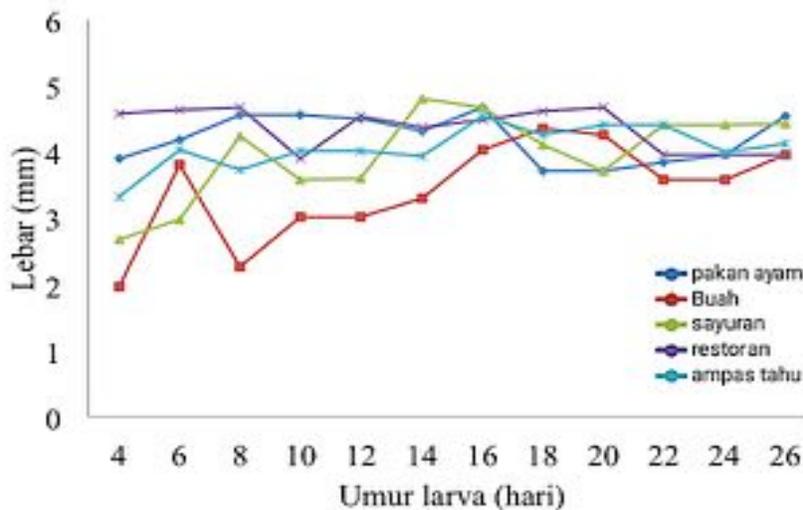
Gambar 5.4. Bobot larva BSF (gram) pada berbagai media limbah organik

Untuk berat tubuh, panjang dan lebar tubuh dapat dilihat pada Gambar 5.4, Gambar 5.5 dan Gambar 5.6. Berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat larva pada media limbah restoran berat tubuhnya lebih tinggi dan stabil dibandingkan dengan media perlakuan lainnya. Sedangkan berat tubuh terendah dari larva BSF ditunjukkan pada media buah. Hal ini dimungkinkan karena kandungan nutrisi, terutama lemak dan karbohidrat, relatif lebih tinggi pada limbah restoran, sedangkan pada buah kandungannya relatif lebih sedikit. Lemak dan karbohidrat dimungkinkan sangat dibutuhkan oleh larva pada awal pertumbuhan sebelum menjadi prepupa. Pada proses pertumbuhan, terutama pada serangga dengan siklus metamorfosis sempurna, lebih dikendalikan oleh hormon dan berat dimana keduanya membutuhkan sejumlah protein dan lemak yang dibutuhkan untuk pertumbuhan (Nijhout dan Williams, 1974).



Gambar 5.5. Panjang larva BSF (mm) pada berbagai media limbah organik

Dilihat dari Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 dapat dilihat juga bahwa pada media buah juga memiliki nilai terendah pada panjang dan lebar larva. Sedangkan pada media limbah restoran dan pakan ayam panjang dan lebar tubuh larva memiliki nilai paling tinggi.



Gambar 5.6. Lebar larva BSF (mm) pada berbagai media limbah organik

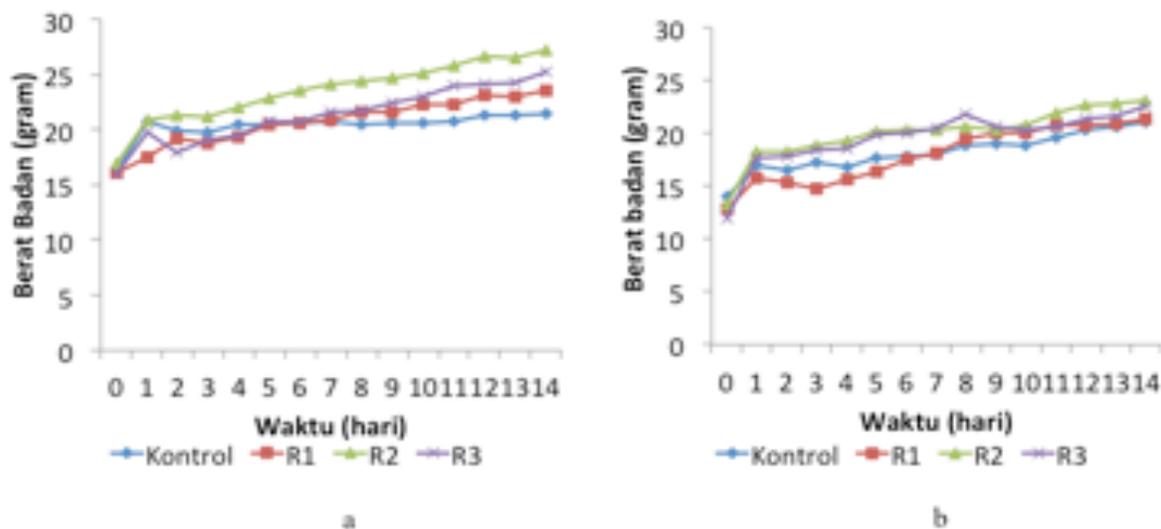
Hasil tersebut menunjukkan biomassa dari larva BSF yang dipelihara pada media limbah restoran mampu menyaingi larva BSF yang dipelihara pada media pakan ayam. Hal ini

dimungkinkan karena nutrisi pada limbah restoran mampu menyaingi nutrisi pada pakan ayam. Secara keseluruhan hasil pengamatan ini dapat dilihat apabila ingin mendapatkan biomassa yang tinggi dapat menggunakan limbah restoran sebagai media pertumbuhan larva BSF.

5.2 Potensi Lalat Tentara Hitam (*H. illucens*) untuk Pakan Mencit

5.2.1 Pertambahan bobot badan

Pertambahan bobot badan merupakan ekspresi dari konsumsi zat-zat makanan dan ada kaitannya juga dengan pencernaan zat-zat makanan (Wardhani dan Mosafie, 1991). Mencit jantan dan mencit betina yang diberikan pakan tambahan larva *H.illucens* selama 14 hari menunjukkan penambahan bobot badan yang lebih baik dibandingkan pada pertambahan bobot badan mencit yang hanya diberikan pakan ayam komersil (P2) pada perlakuan kontrol. Perlakuan pemberian pakan tambahan larva *H.illucens* sebanyak 40% pada mencit jantan dan betina seperti pada gambar 3.1 menunjukkan peningkatan bobot badan yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.



Gambar 5.7 Rataan pertambahan bobot badan selama 14 hari pengamatan, a.Mencit jantan, b. Mencit betina

Keterangan: Kontrol : Pakan P2 100%
 R1 : P2 80% dan tepung larva *H.illucens* 20%
 R2 : P2 60% dan tepung larva *H.illucens* 40%
 R3 : P2 40% dan tepung larva *H.illucens* 60%

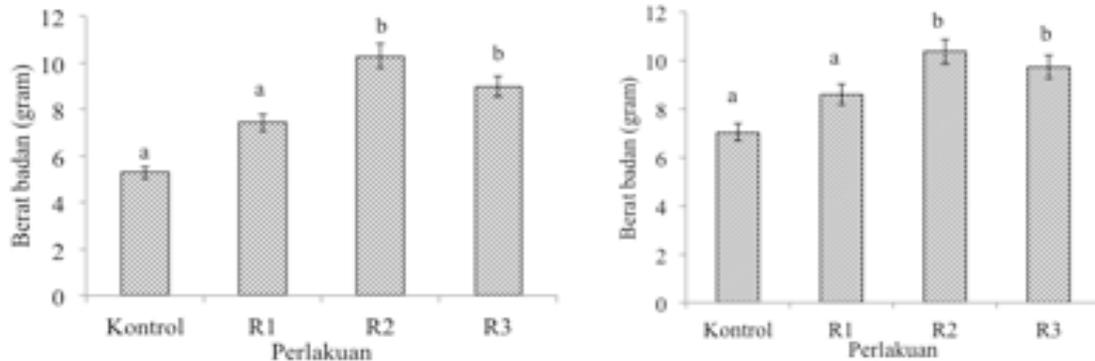
Bobot badan mencit jantan dan mencit betina menunjukkan fluktuasi penambahan berat badan selama pengamatan. Penambahan bobot badan mencit menunjukkan adanya peran pakan yang dikonsumsi oleh mencit. Hal ini sesuai dengan Sudarmayanti (2006) bahwa pakan yang tidak mencukupi akan memperlambat pertumbuhan bobot badan dan dan memperkecil tingkat efisiensi konsumsi ransum, sehingga pakan yang diberikan kepada mencit harus memenuhi kebutuhan mencit. Selama pengamatan, mencit jantan maupun betina diberikan pakan sebanyak 5 gram / hari.

Suplemen pakan yang diberikan pada mencit memiliki kandungan protein yang berasal dari larva *H.illucens* sebesar 44,26% (Fahmi dkk, 2008), sehingga peran protein dalam pakan tersebut berperan dalam pertumbuhan bobot badan mencit. Protein yang telah dikonsumsi dari pakan akan dicerna dan dihidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu asam amino. Asam amino kemudian diabsorpsi oleh dinding usus halus dan sampai ke pembuluh darah. Asam amino tersebut sebagian besar langsung digunakan oleh jaringan dan sebagian mengalami pelepasan gugus amina (gugus yang mengandung N) di hati. Proses pelepasan gugus amina ini disebut dengan deaminasi. Protein tidak dapat disimpan didalam tubuh sehingga bila kelebihan akan segera dibuang atau diubah menjadi zat lain. Zat sisa hasil penguraian protein yang mengandung nitrogen akan dibuang bersama air seni dan yang tidak mengandung nitrogen akan diubah menjadi karbohidrat dan lemak (Jafar, 2012).

Pada gambar 5.1 adanya penambahan bobot badan pada pakan hari pertama pada bobot badan mencit jantan dan mencit betina, hal ini dikarenakan pada hari ke nol merupakan bobot rata-rata mencit sebelum diberikan perlakuan, sedangkan hari pertama perlakuan adalah berat badan awal diberikan perlakuan pakan tambahan larva *H.illucens*. sehingga terjadi peningkatan bobot badan mencit jantan dan mencit betina.

Pada penambahan bobot badan mencit jantan maupun betina selama pengamatan, perlu diperhatikan juga air minum mencit. Air dalam tubuh memiliki fungsi sebagai pengatur suhu tubuh, karena air dapat menyerap panas yang dihasilkan dari metabolisme tubuh (Rakhmadi dkk, 2009). Mencit perlu mengkonsumsi air minum untuk menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh dan melumasi pakan yang dicerna sehingga dapat diserap oleh tubuh (Fox dkk, 1984 dalam Sudarmayanti, 2006). Air minum diberikan kepada mencit secara *adlibitum* dan pergantian air minum dilakukan setiap 2 hari sekali untuk menjaga kebersihan air minum.

Selain, pertambahan berat badan dapat dilihat pada rata-rata pertambahan berat badan selama pengamatan, pertambahan berat badan juga dapat dilihat dari selisih berat badan mencit yang diperoleh dari berat badan akhir dikurangi berat badan awal mencit. Pada gambar 3.2 menunjukkan bahwa perlakuan R2 menghasilkan selisih berat badan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Semakin tinggi selisih berat badan mencit maka terjadi penambahan berat badan yang semakin besar.



Gambar 5.8 Selisih berat badan awal dan berat badan setelah diberikan perlakuan

a. Mencit jantan, b. Mencit betina.

Keterangan: Kontrol : Pakan P2 100%
R1 : P2 80% dan tepung larva *H.illucens* 20%
R2 : P2 60% dan tepung larva *H.illucens* 40%
R3 : P2 40% dan tepung larva *H.illucens* 60%

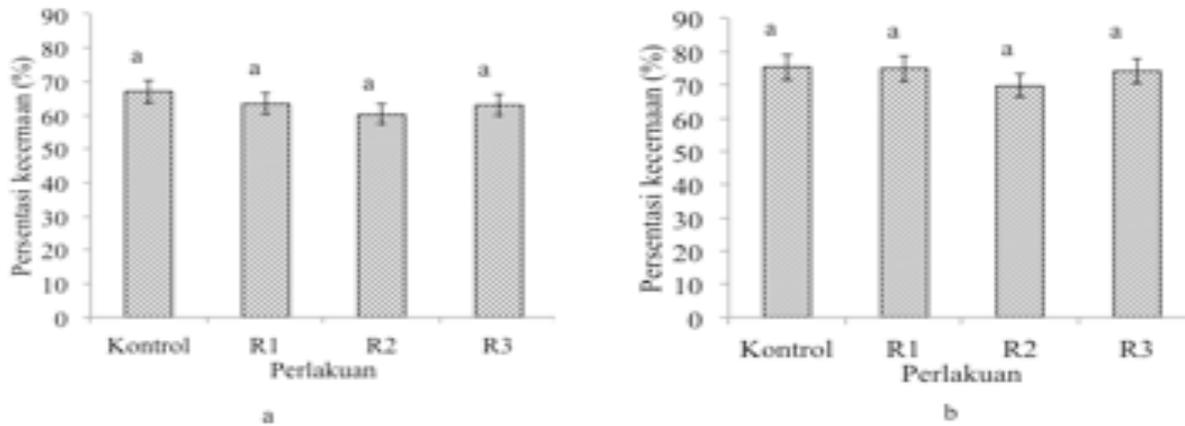
Selisih berat badan mencit jantan tertinggi pada perlakuan R2 sebesar 10,31 gram sedangkan pada mencit betina sebesar 10,38. Selisih berat badan pada mencit jantan betina berdasarkan analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada setiap perlakuan. Penambahan bobot badan akhir mencit dipengaruhi oleh pakan yang diberikan selama pengamatan. Nutrisi pada pakan sangat penting bagi pertambahan bobot badan mencit. Pada perlakuan kontrol, baik pada mencit jantan dan mencit betina mengalami penambahan bobot badan yang sedikit dibandingkan pada bobot badan mencit yang diberikan perlakuan. Hal ini disebabkan karena kandungan nutrisi pada pakan P2 memiliki kandungan nutrisi yang lebih sedikit dibandingkan pakan P2 yang telah ditambahkan larva *H.illucens*. Pakan P2 memiliki persentasi protein kasar sebesar 15,5 % dan lemak kasar sebesar 2,5%, sedangkan larva *H. Illucens* memiliki kandungan protein kasar $\pm 50\%$ dan lemak $\pm 25\%$ (Bondari dan Shepard, 1987

dalam Rambat dkk, 2016). Perbedaan kandungan protein dalam pakan menyebabkan perbedaan besarnya penambahan bobot badan mencit pada perlakuan kontrol dibandingkan dengan penambahan bobot badan mencit pada perlakuan R1, R2, dan R3 yang telah diberikan tambahan tepung larva *H.illucens*.

Protein berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup. Protein adalah penyusun kurang lebih 50% berat kering organisme. Protein bukan hanya sekedar bahan simpanan atau bahan struktural, seperti karbohidrat dan lemak tetapi juga berperan penting dalam fungsi kehidupan (Hadi, 2013) dan merupakan salah satu komponen nutrisi pakan yang penting untuk pertumbuhan (Heryanto, dkk, 2016).

5.2.2 Kecernaan Makanan pada Mencit

Kecernaan makanan didefinisikan sebagai jumlah pakan yang diserap oleh tubuh hewan atau yang tidak diekresikan melalui feses (Winedar dkk, 2006), semakin sedikit protein yang dibuang bersama feses, maka akan meningkatkan nilai daya cernanya (Ali dkk, 2013). Berdasarkan analisis statistik, persentase kecernaan pada mencit jantan dan mencit betina tidak ada perbedaan yang nyata pada setiap perlakuan. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan tepung larva *H.illucens* pada perlakuan R3 yakni P2 sebanyak 40% dan larva *H.illucens* sebanyak 60%, memiliki penambahan bobot badan yang lebih rendah dibandingkan perlakuan R2. Hal ini disebabkan persentase kecernaan mencit pakan tambahan R3 lebih tinggi dibandingkan R2. Pakan R3 lebih banyak dikeluarkan sebagai feses dibandingkan diserap oleh tubuh mencit sebagai nutrisi.



Gambar 5.9 Persentasi kecernaan, a. Persentasi kecernaan mencit jantan, b. Kecernaan persentasi mencit betina.

5.2.3 Profil Hematologi pada Mencit

a. Sel darah merah

Sel darah merah adalah sel-sel berbentuk cakram bikonkaf yang diameter rata-ratanya sebesar 7.5 μm dengan spesialisasi untuk pengangkutan oksigen. Jumlah sel darah merah setelah diberikan suplemen pakan larva *H. illucen* pada mencit jantan berada pada nilai 10-12 (juta/ mm^3) artinya jumlah eritrosit berada pada kisaran normal, sedangkan jumlah sel darah merah mencit betina berkisar 7.75-11.25 juta/ mm^3 yakni jumlah sel darah merah cenderung tinggi. Hal ini sesuai dengan data profil hematologi mencit jantan dan betina usia dewasa (River, 2012). Peningkatan sel darah merah antara lain karena adanya protein yang terdapat dalam pakan. Protein berperan dalam komponen pembentukan darah. Protein dalam bahan makanan yang berasal dari hewan (protein hewani) merupakan sumber zat besi heme pembentuk hemoglobin darah. Di dalam tubuh, zat besi tidak terdapat bebas, tetapi berasosiasi dengan molekul protein membentuk feritin yang terdapat didalam sel mukosa dinding usus halus. Feritin merupakan suatu kompleks protein-besi (Andarina dan Sri, 2013).

Tabel 5.6 Profil hematologi pada mencit jantan dan betina dari masing-masing perlakuan

Pengamatan	Individu	Kontrol		R1		R2		R3	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
SDM	Jantan	10,3±1,3 ^a	11,1±1,2 ^a	12,2±3,1 ^a	10,3±1,6 ^a	10,9±2,6 ^a	11,6±1,4 ^a	10,3±1,5 ^a	10,8±1,1 ^a
(juta/ mm ³)	Betina	10,5±2,9 ^a	11,5±3,4 ^a	19,1±2,0 ^c	12,0±3,3 ^a	18,7±3,3 ^c	13,0±2,3 ^a	14,1±2,8 ^b	12,2±1,6 ^a
Hemaglobin	Jantan	10,8±0,5 ^a	11,5±0,5 ^a	11,9±1,4 ^a	11,7±0,7 ^a	11,8±1,2 ^a	12,1±1,0 ^a	11,3±0,5 ^a	12,2±0,9 ^a
(g/dL)	Betina	11,6±1,0 ^a	12,0±0,8 ^a	11,3±0,5 ^a	12,2±0,7 ^a	11,5±0,9 ^a	12,8±0,6 ^a	11,3±0,6 ^a	12,5±0,9 ^a
Hematokrit	Jantan	32,8±4,8 ^a	27,0±4,8 ^a	36,4±3,7 ^a	32,1±3,9 ^b	35,7±4,4 ^a	32,9±3,9 ^b	36,4±3,7 ^a	32,7±3,9 ^b
(%)	Betina	32,8±5,6 ^a	33,0±8,9 ^a	30,0±5,7 ^a	33,4±3,1 ^a	32,8±3,9 ^a	36,8±3,9 ^a	32,8±6,9 ^a	33,7±3,7 ^a
SDP	Jantan	11,6±4,8 ^a	15,9±4,5 ^a	11,3±4,0 ^a	13,0±3,1 ^a	11,8±3,9 ^a	16,5±3,2 ^a	11,6±2,6 ^a	12,1±3,9 ^a
(10 ³ / mm ³)	Betina	13,6±3,0 ^b	11,2±5,4 ^a	8,7±1,7 ^a	14,6±5,4 ^a	9,6±1,8 ^a	14,3±3,2 ^a	9,2±1,2 ^a	14,4±5,1 ^a

Keterangan : huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata (p>0.05)

b. Hemoglobin (Hb)

Kadar hemoglobin berbanding lurus dengan jumlah sel darah merah, sebab pada proses mekanisme eritropoeisi atau pembentukan eritrosit menghasilkan sel darah merah dan hemoglobin (Ali dkk, 2013), sehingga berdasarkan analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian pakan suplementasi larva *H.illucens* tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah hemoglobin.

Kadar hemoglobin mencit jantan maupun mencit betina setelah diberikan pakan suplemen larva *H.illucens* berada pada kisaran normal yakni kadar hemoglobin mencit jantan yaitu berkisar 11.4 – 16.8 g/dL sedangkan kadar hemoglobin mencit betina yaitu berkisar 11.2 – 16.5 g/dL (River, 2012).

Hemoglobin terbentuk dari gabungan dua komponen yaitu heme dan globin. Larva *H.illucens* merupakan protein hewani yang memiliki dua kali lipat penyerapan dibandingkan penyerapan protein nabati (Amdarina dan Sri, 2013). Oleh karena itu, protein hewani yang terdapat pada pakan suplementasi larva *H.illucens* mengandung heme, dimanfaatkan oleh tubuh dalam proses pembentukan hemoglobin darah.

c. Hematokrit (Ht)

Nilai hematokrit adalah perbandingan antara sel darah merah dan volume darah keseluruhan (Effendi, 2003). Rata-rata persentase hematokrit sebelum diberikan pakan larva *H.illucens* adalah 35.35% sedangkan rata-rata persentase hematokrit setelah diberikan pakan larva larva *H.illucens* adalah 31.25%. Penurunan nilai hematokrit menyebabkan nilai hematokrit mencit jantan dalam keadaan rendah. Nilai hematokrit mencit jantan berkisar 44.9-63.6% (River, 2012).

Rata-rata nilai hematokrit pada mencit betina sebelum diberikan pakan tambahan larva *H.illucens* adalah 32.1% dan rata-rata nilai hematokrit setelah diberikan pakan tambahan larva *H.illucens* adalah 34.25% terjadi kenaikan persentase hematokrit sebelum dan sesudah diberikan pakan tambahan larva *H.illucens*. Hal ini dilihat dari nilai hematokrit setelah diberikan pakan tambahan larva *H.illucens* lebih rendah dari literatur yakni nilai hematokrit mencit betina berkisar 44.3-64.6% (River, 2012).

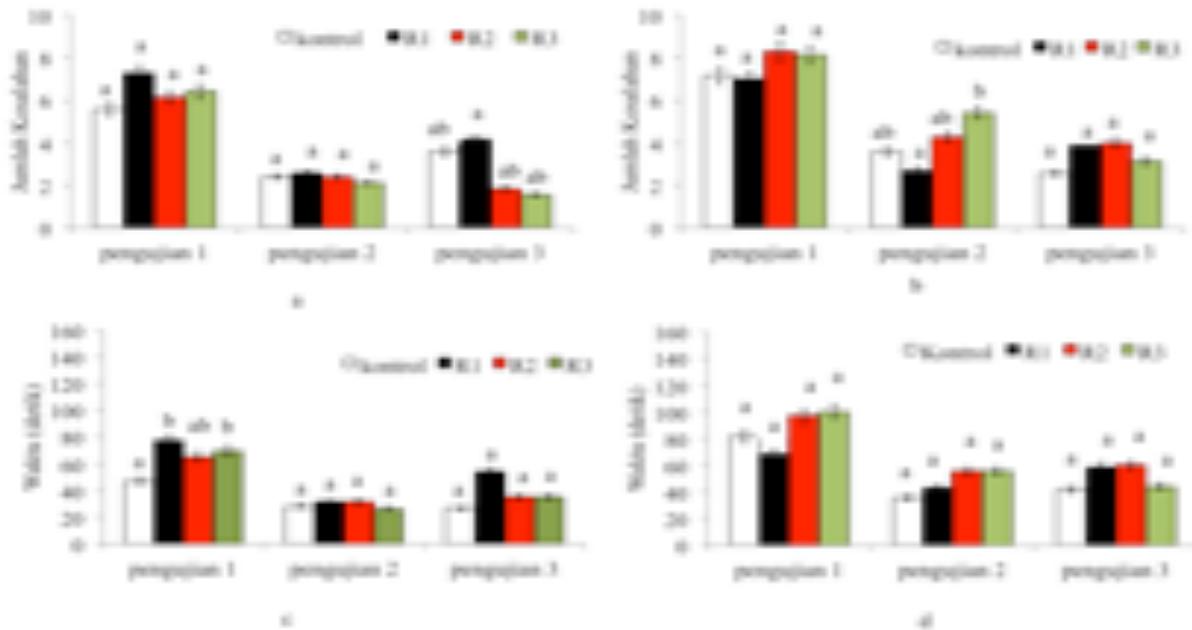
d. Sel Darah Putih (SDP)

Leukosit merupakan bagian dari sistem ketahanan tubuh melalui sistem imun yakni dengan cara produksi antibodi yang spesifik dengan mengenali organisme penginfeksi atau antigen melalui aktivasi jaringan proteksi dari sel khusus yang disebut limfosit (Ayu, 2013). Hasil penelitian terhadap sel darah putih pada Tabel 1 menunjukkan adanya kenaikan jumlah sel darah putih setelah diberikan pakan tambahan larva *H.illucens*. Namun, berdasarkan analisis statistik menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata terhadap jumlah sel darah putih pada mencit jantan dan mencit betina setelah diberikan pakan tambahan larva *H.illucens* mengindikasikan, bahwa suplementasi larva *H.illucens* sebagai pakan dapat ditoleransi tubuh mencit (*M.musculus*).

5.2.4 Uji Sensorik dan Motorik pada Mencit

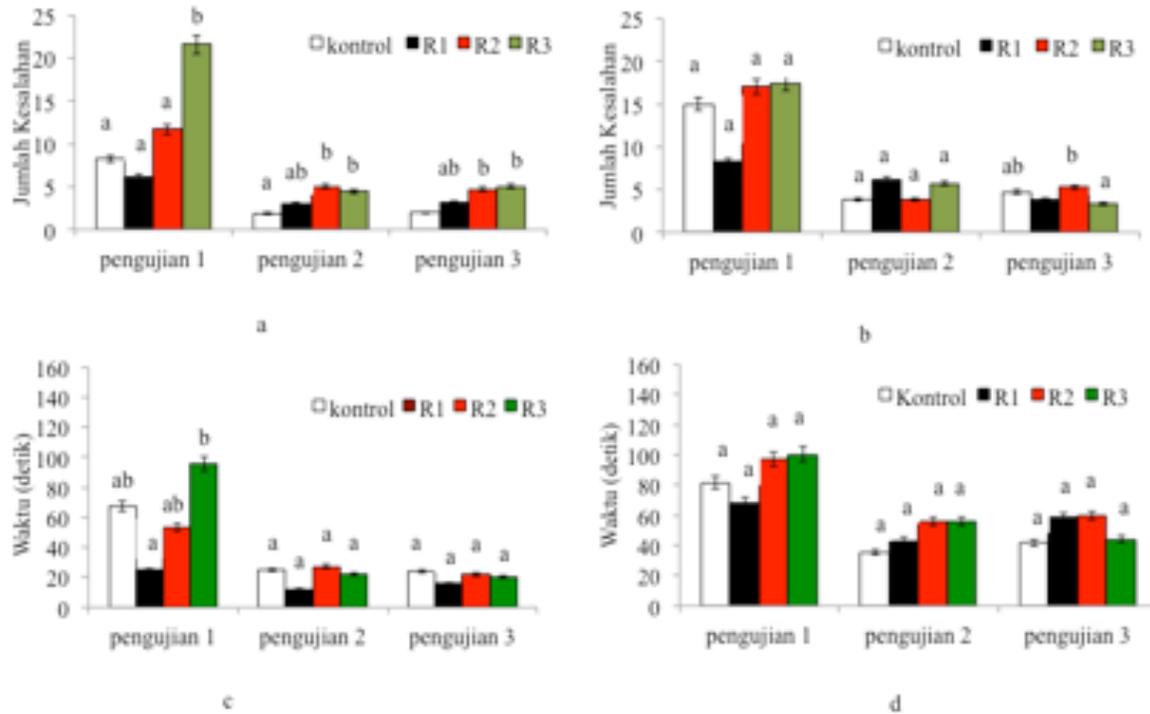
Kesalahan yang terdapat dalam uji *maze learning battery* dan Uji *water E maze* merupakan proses belajar yang dilakukan oleh mencit, sehingga setiap perlakuan uji, dilakukan tiga kali pengujian (Pfeiffer, 1952). Pengujian pertama menunjukkan jumlah kesalahan yang tinggi, karena mencit mengenali terlebih dahulu alat uji yakni uji *maze learning battery* berbentuk labirin dan Uji *water E maze* berbentuk E yang telah berisi air. Sedangkan pengujian kedua dan

pengujian ketiga menunjukkan proses belajar, dan diharapkan kesalahan menurun dibandingkan pada jumlah kesalahan pada pengujian pertama.



Gambar 5.10 Uji *maze learning test battery* a. jumlah kesalahan mencit jantan, b. jumlah kesalahan mencit betina, c. durasi mencit jantan d. durasi mencit betina.

Pemberian pakan yang mengandung protein baik pada perlakuan kontrol maupun pakan supplement tepung larva *H.illucens* memberikan proses belajar kognitif mencit pada uji *maze learning battery* (Gambar 5.10). Meskipun, secara statistik tidak terdapat perbedaan yang nyata pada setiap perlakuan, namun pengujian kedua dan pengujian baik pada mencit jantan maupun mencit betina menunjukkan penurunan jumlah kesalahan dibandingkan pada pengujian pertama, sedangkan, waktu selama uji *maze learning battery* mencit jantan dan mencit betina menunjukkan waktu yang dibutuhkan mencit jantan dan mencit betina untuk mendapatkan pakan sebagai stimulus yang diletakkan diujung labirin. Namun demikian, waktu pengamatan dipengaruhi oleh aktivitas mencit pada saat didalam labirin, diantaranya diam (tidak melakukan pergerakan), melakukan kesalahan dengan melakukan pergerakan yang mejauhi stimulus maupun berputar-putar disatu tempat.



Gambar 5.11 Uji *water E maze battery*, a. . jumlah kesalahan mencit jantan, b. . jumlah kesalahan mencit betina, c. Durasi mencit jantan d. Durasi mencit betina.

Selama pengamatan uji *water E maze* baik mencit jantan dan mencit betina menunjukkan memiliki kemampuan motorik yang baik, hal ini dilihat dari gerakan untuk menggerakkan kaki, ekor dan posisi arak kepala yang berada diatas permukaan air menyebabkan mencit mampu menentukan arah pergerakan menuju stimulus (tangga) sehingga mencit ketika dimasukkan ke dalam maze berbentuk E dan berisi air tidak langsung tenggelam tetapi aktif bergerak menuju stimulus (Gambar 5.11). Uji *water E maze* mencit jantan dan mencit betina menunjukkan proses belajar dalam kemampuan motorik yakni pengujian pertama cenderung lebih banyak melakukan kesalahan karena mencit mengeksplorasi maze, sedangkan pengujian kedua dan pengujian ketiga, mencit sudah dapat mengenali bentuk maze, sehingga jumlah kesalahan lebih sedikit dan waktu untuk mencapai stimulus lebih pendek dibanding pengujian pertama.

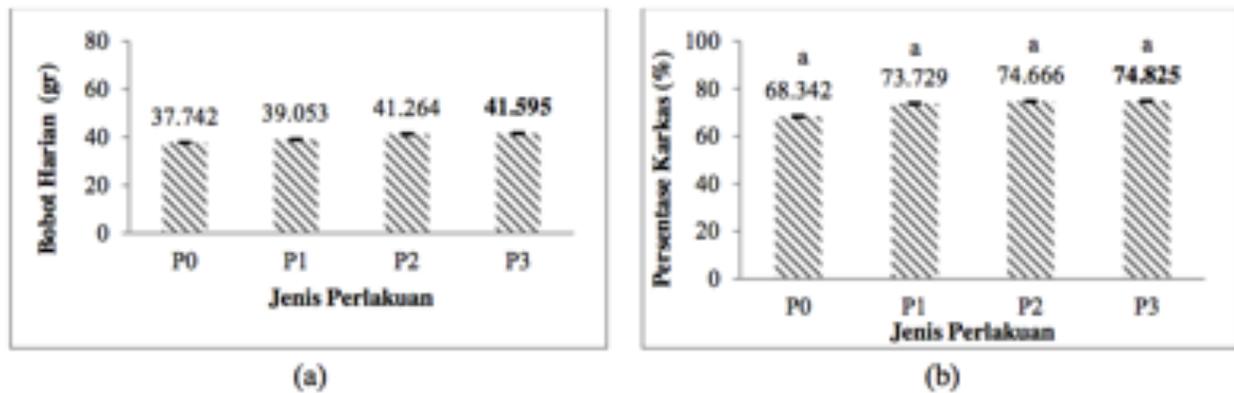
Kemampuan motorik mencit ketika berenang dipengaruhi oleh sistem ekstrapiramidal (korteks serebrum basal ganglia yang terdiri dari *neucleuscaudatus*, *nukleuslentiformis* dan *globus pallidus*) yang merupakan pusat gerakan bawah sadar yang berfungsi memelihara posisi tubuh normal dan mengatur tonus otot (Pearce, 2009).

Pengujian kognitif melalui uji *maze learning battery* dan pengujian perkembangan motorik melalui uji *water E maze* merupakan pengujian untuk menunjukkan efisiensi pakan yang mengandung protein. Protein merupakan nutrisi yang dibutuhkan pada masa keemasan balita untuk meningkatkan kecerdasannya. Dengan demikian, diharapkan dengan mengonsumsi makanan yang mengandung protein dapat meningkatkan fungsi kognitif maupun motorik.

5.3 Potensi Lalat Tentara Hitam (*H. illucens*) untuk Pakan Ayam

5.3.1 Bobot Harian Ayam Broiler (*G. domesticus*)

Pertambahan bobot dan karkas merupakan hasil utama yang diharap dalam usaha peternakan ayam pedaging, oleh karena itu semakin tinggi persentase karkas, maka akan semakin tinggi pula daging yang dihasilkan. Pada Gambar 5.12 (a) memperlihatkan bahwa bobot harian ayam (*G. domesticus*) paling tinggi terdapat pada perlakuan P3 atau pakan yang dicampur dengan tepung maggot *H.illucens* yakni sebesar 41.595 gram. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa penambahan tepung maggot *H. illucens* dan ekstrak propolis tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bobot harian pada ayam broiler (*G. domesticus*).



Ket : Superskrip berbeda pada diagram yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Gambar 5.12 (a) Bobot Harian Ayam Broiler (*G.domestius*) ; (b) Persentase Karkas Ayam Broiler (*G. domesticus*)

Pada Gambar 5.12 (a) menunjukkan bobot harian ayam broiler selama perlakuan (14 hari), sedangkan Gambar 5.12 (b) menunjukkan persentase karkas ayam broiler (*G. domesticus*). Baik pada kedua gambar tersebut menunjukkan adanya kenaikan bobot harian dan juga karkas ayam

broiler (*G. domesticus*) pada perlakuan P1, P2 dan juga P3 dibandingkan kontrol. Rerata pertambahan bobot harian pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Herdiana (2014) dimana pada pemberian ampas kecap kedalam pakan itik mendapatkan rerata bobot harian antara 21,84gram – 24,13gram. Menurut Scott (1982) rasio energi dan protein pada pakan sangat mempengaruhi besarnya pertumbuhan.

Pada perlakuan P1 terlihat adanya peningkatan pada bobot harian ayam, diduga bahwa pemberian propolis dapat menjaga keseimbangan mikroflora yang terdapat di bagian pencernaan ayam broiler (*G. domesticus*), sehingga tingkat pencernaan ayam pada perlakuan P1 dan P2 lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Haryono (2012) yaitu hasilnya menunjukkan bahwa bakteri patogen lebih lambat oleh propolis dibandingkan bakteri probiotik saluran pencernaan, selain itu propolis dapat digunakan sebagai pemacu pertumbuhan sehingga dapat meningkatkan bobot tubuh dengan cepat.

Sedangkan peningkatan pada perlakuan P2 dan P3 dibandingkan dengan kontrol, diduga disebabkan adanya penambahan minyak atau lipid yang berasal dari maggot dalam pakan. Menurut Bondari dan Shepard (1987) kandungan lemak pada maggot *H. illucens* memang relatif tinggi sekitar 25%. Penambahan ini kemungkinan mampu meningkatkan ketersediaan dan pencernaan nutrisi pakan dalam saluran pencernaan ayam broiler (*G. domesticus*) sehingga menghasilkan peningkatan pada pertambahan bobot tubuh. Seperti yang disampaikan oleh Fadilah dkk. (2007) yang menyatakan bahwa minyak atau lipida memiliki peranan yang sangat penting dalam pertumbuhan ayam, dalam hal ini berfungsi sebagai sumber energi, membantu absorpsi vitamin yang larut dalam lemak, mengurangi sifat berdebu dalam pakan dan mungkin juga membantu palabilitas makanan, serta berfungsi sebagai sumber panas. Minyak atau lipida ini diduga berasal dari tepung maggot *H. illucens*, dimana menurut Rachmawati dkk. (2010) kandungan lemak prepupa berkisar sekitar 27%. Pengakumulasian lemak dalam proporsi yang banyak atau semakin meningkat, merupakan salah satu strategi serangga dalam bertahan hidup. Bagi *H. illucens* penimbunan atau penggunaan cadangan energi (dalam bentuk lemak) digunakan selama tahapan prepupa. Sehingga pada pembuatan tepung maggot *H. illucens*, lemak yang didapatkan terbilang cukup tinggi yang kemudian akan dicampurkan dengan pakan komersil.

Peningkatan bobot tubuh dengan adanya penambahan minyak atau lipid ini pun diperkuat

dengan pernyataan Wahju (2004) yang menyatakan bahwa penambahan lemak dalam pakan dapat meningkatkan daya cerna pakan dalam usus. Penambahan minyak dalam pakan meningkatkan kandungan lemak muscular dalam daging yang mampu meningkatkan bobot tubuh ternak ayam broiler (*G. domesticus*) tersebut (Wahju, 2004).

Selain adanya pertambahan bobot, persentase dari karkas ayam broiler merupakan salah satu penanda akan baiknya kualitas dari daging ayam. Pada Gambar 4.1 (b) menunjukkan bahwa perlakuan P3 merupakan perlakuan yang memiliki persentase karkas daging ayam yang paling besar yaitu 74.825% lebih besar dibandingkan kontrol (P0). Pada perlakuan P1 dan P2 pun menunjukkan bahwa penambahan ekstrak propolis serta tepung maggot *H. illucens* mengalami peningkatan persentase karkas dibandingkan dengan kontrol. Hasil rata-rata karkas pada penelitian ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Murtidjo (2003) dimana bahwa rata-rata karkas ayam broiler (*G. domesticus*) berkisar antara 65 -75% dari berat hidup pada waktu siap potong, sehingga hasil persentase karkas pada penelitian ini sudah memenuhi standar yang ada.

Sedangkan jika menurut hasil sidik ragam penambahan tepung maggot *H. illucens* dan ekstrak propolis ini tidak memberikan pengaruh yang nyata. Persentase karkas berhubungan dengan jenis kelamin, umur dan bobot hidup. Sama seperti halnya bobot, tinggi rendahnya berat dan persentase karkas sangat terkait dengan tinggi rendahnya kandungan lemak dalam pakan, sehingga semakin banyak lemak yang terdapat pada pakan memungkinkan terjadinya kenaikan pada bobot dan karkas pada ayam broiler (*G. domesticus*).

5.3.2 Preferensi Konsumen terhadap Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*)

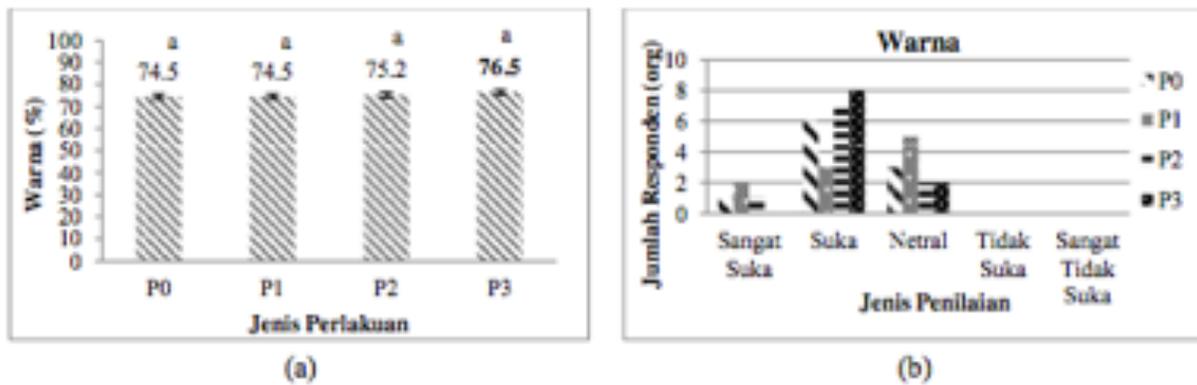
Uji organoleptik terhadap suatu bahan pangan merupakan indikator yang dapat menunjukkan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk tersebut. Uji organoleptik pada penelitian ini meliputi warna, rasa, keempukan, tekstur dan aroma, yang digunakan untuk mengetahui preferensi dari daging ayam broiler. Dimana uji ini menggunakan metode uji kesukaan (uji mutu hedonik). Uji ini lebih spesifik dari sebatas kesan suka atau tidak suka. Pada uji mutu hedonik, data penelitian ditransformasikan dalam skala numerik dan selanjutnya dianalisis statistik untuk interprestasinya, sehingga untuk beberapa jenis uji lainnya, uji ini sangat tepat dan dapat bersifat representatif (mewakili). Dalam pelaksanaan penilaian organoleptik pada penelitian ini, digunakan panel terlatih yaitu panel yang terdiri dari 10 – 25 orang yang

mempunyai kepekaan cukup baik yang telah terlatih dengan seleksi dan latihan-latihan (Wagiyono, 2003).

Data dibawah ini menunjukkan hasil dari setiap panelis pada masing- masing perlakuan. Rata - rata penilaian dari setiap panelis diambil berdasarkan skor 0 – 100. 0 – 24 sangat tidak suka, 25 – 49 tidak suka, 50 – 74 netral, 75 – 84 suka, 85 – 100 sangat suka. 72,6 (netral) sampai 76,8 (suka).

1. Penilaian Panelis terhadap Warna Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*)

Pada hasil penilaian rata-rata dari setiap panelis pada masing-masing perlakuan, memiliki skor warna berkisar dari 74,5 – 76,5 yang artinya pada semua perlakuan para panelis menyukai warna daging. Rerata uji organoleptik warna daging dada ayam yang diberi perlakuan propolis dan tepung maggot *H.illucens* serta jumlah respondensi yang menentukan tingkat kesukaan atau ketidaksukaan pada kategori warna daging ayam (*G. domesticus*) secara ringkas serta disajikan pada Gambar 5.13 (a) dan (b) di bawah ini.



Ket : Superskrip berbeda pada diagram yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Gambar 5.13 (a) Rerata Warna Daging Ayam Broiler (*G.domesticus*) ; (b) Jumlah Respondensi Tingkat Kesukaan terhadap Warna Daging Ayam Broiler (*G.domesticus*)

Warna daging merupakan salah satu parameter spesifik dalam menentukan kualitas daging. Konsumen cenderung akan memilih suatu produk makanan sesuai selera dan dilihat secara visual. Pada hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian ekstrak propolis dan tepung maggot *H.illucens* tidak memberikan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$) terhadap

warna daging ayam (*G.domesticus*). Sehingga pemberian ekstrak propolis dan tepung maggot *H. illucens* pada masing-masing perlakuan tidak merubah warna dari daging ayam yang dapat mempengaruhi tingkat penilaian para panelis. Menurut Forrest dkk. (1975) bahwa daging yang normal adalah putih keabuan sampai merah pudar atau ungu.

Pada Gambar 5.13 (a) menunjukkan adanya peningkatan warna pada dada daging ayam broiler (*G. domesticus*) dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan ini disebabkan bahwa pemberian tepung maggot *H.illucens* maupun ekstrak propolis pada perlakuan P1, P2 dan P3 diduga dapat merubah warna pada daging ayam broiler (*G. domesticus*) menjadi lebih baik (segar). Pada P0 atau kontrol daging dada ayam broiler (*G. domesticus*) berwarna putih sedikit pucat, berbeda dengan P1 dan P2 daging berwarna lebih cerah yaitu putih sedikit merah muda. Sedangkan pada P3 yaitu warna daging dada ayam broiler (*G. domesticus*) yang lebih disukai oleh panelis memiliki warna merah cerah sedikit putih. Sehingga perlakuan P3 yang memiliki warna yang paling baik membuat para panelis cenderung memberikan penilaian yang lebih terhadap P3 walaupun penilaian yang diberikan tidak terlalu jauh berbeda dengan perlakuan yang lainnya.

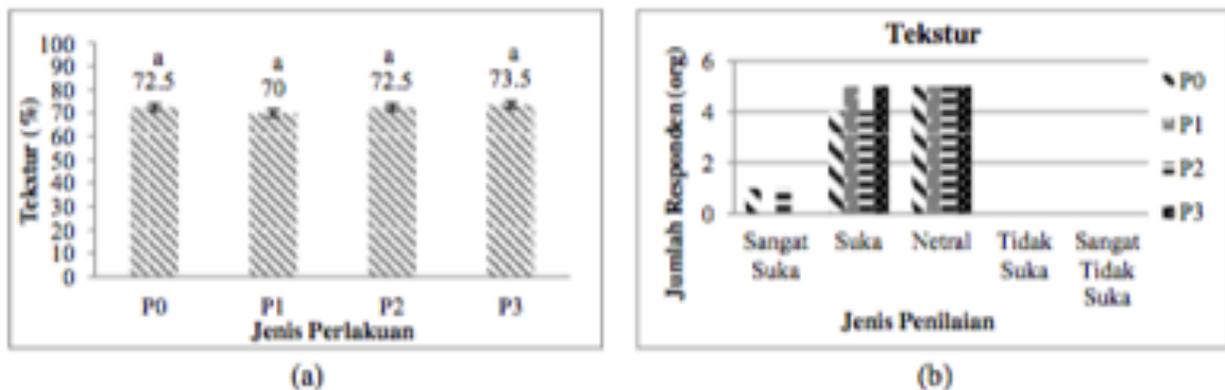
Warna daging sendiri dapat berubah atau terjadi penyimpangan warna menjadi coklat, merah cerah, merah pink dan hijau, perubahan ini terjadi karena mioglobin beraksi dengan senyawa lain atau mengalami oksigenasi, oksidasi, reduksi dan denaturasi yang menyebabkan terjadinya perubahan warna pada daging ayam (*G. domesticus*) (Forrest dkk., 1975). Selain itu faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi pigmen mioglobin ialah pakan, spesies, bangsa, umur, jenis kelamin, stres (tingkat aktivitas dan tipe otot), pH dan oksigen (Soeparno, 1994). Mioglobin ini merupakan pigmen yang menentukan warna daging segar, kandungan mioglobin yang tinggi menyebabkan warna pada daging akan lebih merah dibandingkan dengan kandungan mioglobin rendah. Pada umumnya semakin aktif hewan tersebut bergerak, semakin banyak pula kandungan myoglobin dalam ototnya.

Sedangkan menurut Amrullah (2004) lemak pada ayam broiler pun dapat menyebabkan karkas atau daging yang diolah terlihat mengkilap (gresy broiler) sehingga warna pada daging ayam akan terpengaruh. Diketahui *H. illucens* sendiri memiliki cukup banyak lemak pada periode prepupa namun ini tidak mempengaruhi pada hasil penampakan dari daging dada ayam broiler (*G. domesticus*) sendiri.

Pada Gambar 5.13 (b) yang merupakan jumlah respondensi yang menentukan tingkat kesukaan atau ketidaksukaan pada kategori warna daging ayam (*G. domestius*), perlakuan P3 merupakan perlakuan yang memang paling banyak disukai oleh para panelis dengan pemberian nilai yang paling tinggi. Gambar 5.13 (b) menunjukkan bahwa perlakuan lebih banyak dipilih oleh panelis dalam kategori suka, terlihat sebanyak 8 orang panelis yang memilih dan 2 orang lainnya memasukan kedalam kategori netral. Sedangkan untuk perlakuan lainnya terlihat pada P0 sebanyak 1 orang memilih kedalam kategori sangat suka, 6 orang memilih kedalam kategori suka dan yang lainnya kedalam kategori netral. Pada perlakuan P1 sebanyak 2 orang memasukan ke dalam kategori sangat suka, 3 orang memiliki kategori suka dan lainnya dalam kategori netral, dan yang terakhir pada P2 hampir sama seperti P0 1 panelis memilih memasukan kedalam kategori sangat suka, 7 orang memasukan kedalam kategori suka dan sisanya ke dalam kategori netral.

2. Penilaian Panelis terhadap Tekstur Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*)

Tekstur daging merupakan salah satu indikator untuk mengetahui kekerasan pada daging. Skor uji organoleptik terhadap tekstur berkisar antara 70 – 73,5 dan berada pada kategori netral. Rata – rata tekstur daging ayam broiler (*G. domesticus*) ditunjukkan pada Gambar 5.14 (a) dan jumlah respondensi tingkat kesukaan terhadap tekstur daging dada ayam broiler (*G. domestius*) ditunjukkan pada Gambar 5.14 (b).



Ket : Superskrip berbeda pada diagram yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

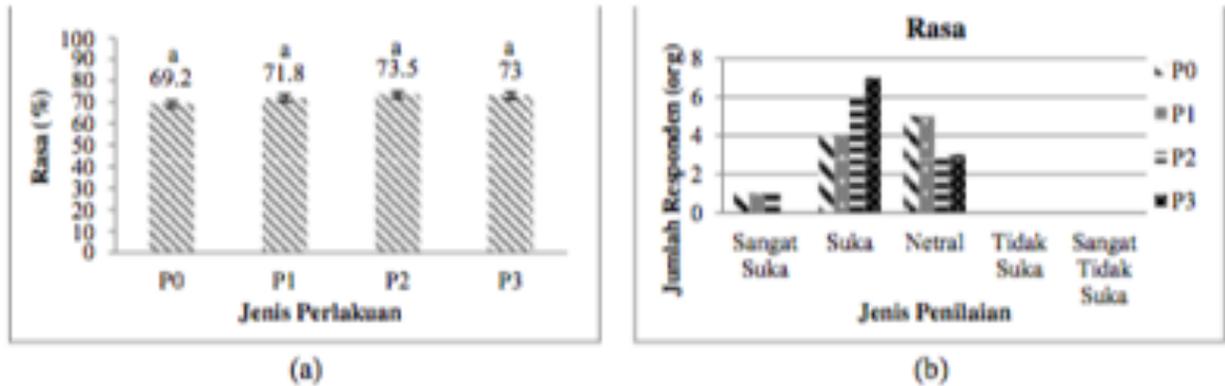
Gambar 5.14 (a) Rerata Tekstur Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*) ; (b) Jumlah Respondensi Tingkat Kesukaan terhadap Warna Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*)

Pada hasil analisis sidik ragam dapat dikatakan bahwa perlakuan pemberian ekstrak propolis dan tepung maggot *H.illucens* tidak memberikan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$), dimana perlakuan yang diberikan tidak mempengaruhi tekstur pada daging ayam. Walaupun menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata, pada perlakuan P3 daging dada ayam memiliki tekstur yang lebih lembut dibandingkan dengan perlakuan lainnya, berbeda dengan P1 tekstur dari daging dada ayam lebih terasa sedikit alot/keras walaupun tidak begitu terasa. Hampir sama seperti P3, perlakuan P2 pun memiliki tekstur daging yang lembut dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan P1. Tingkat kekerasan tekstur meningkat dengan bertambahnya umur pada ayam, otot yang memiliki serabut-serabut otot yang kecil tidak menunjukkan peningkatan kekasaran tekstur secara nyata dengan meningkatnya umur. Pada umumnya ayam jantan mempunyai tekstur yang lebih kasar dari pada betina (Soeparno, 2004).

Terlihat pada masing-masing perlakuan para panelis sebagian diantaranya memilih kategori netral untuk tekstur daging dada ayam (*G. domestius*), terutama pada perlakuan P1 dan P3, 5 orang panelis memilih memasukan kedalam kategori suka dan 5 panelis lainnya kedalam kategori netral, sedangkan pada P0 dan P2, 5 orang panelis memilih memasukan kedalam kategori netral, 4 orang panelis ke dalam memilih kategori suka dan sisanya memilih kategori sangat suka. Jika dilihat berdasarkan grafik diatas pada masing-masing perlakuan tidak jauh berbeda, namun jika berdasarkan analisis terdapat perbedaan nyata pada masing-masing perlakuan yang diberikan.

3. Penilaian Panelis terhadap Rasa Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*)

Rerata uji organoleptik rasa daging ayam yang diberi perlakuan propolis dan tepung maggot *H.illucens* serta jumlah respondensi yang menentukan tingkat kesukaan atau ketidaksukaan pada kategori rasa daging ayam (*G. domestius*) secara ringkas serta disajikan pada Gambar 5.15 (a) dan (b) di bawah ini.



Ket : Superskrip berbeda pada diagram yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Gambar 5.15 (a) Rerata Rasa Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*) ; (b) Jumlah Respondensi Tingkat Kesukaan terhadap Warna Daging Ayam Broiler (*G. domesticus*)

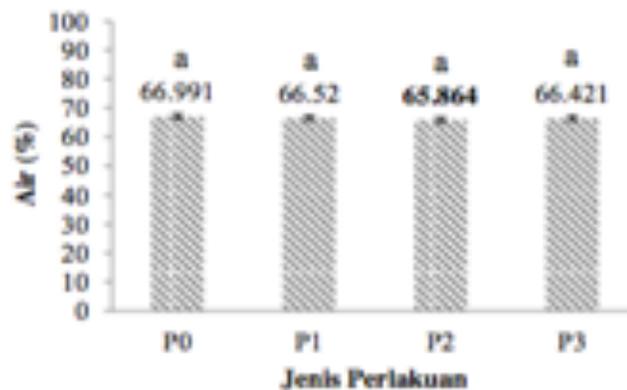
Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa rata-rata skor tingkat kesukaan panelis terhadap rasa daging dada ayam yang diberikan perlakuan ekstrak propolis dan tepung maggot *H. illucens*, berkisar antara 69,2 – 73,5 yang berada pada kategori netral. Pada hasil analisis sidik ragam, menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh secara nyata ($P > 0,05$) terhadap rasa daging ayam (*G. domesticus*). Rataan yang paling tinggi terdapat pada perlakuan P2, yang kemudian diikuti dengan P3 dan P1. Pada setiap perlakuan menunjukkan adanya peningkatan dibandingkan dengan kontrol atau P0. Jika dilihat dari keseluruhan rata-rata pada rasa daging ayam broiler (*G. domesticus*) hasilnya tidak jauh berbeda. Setiap orang memiliki penilaian yang berbeda-beda pada kategori rasa, sederhananya menurut Suherman (1988) cara pemasakan yang dilakukan sebelum daging disajikan *pun* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi rasa dari daging ayam broiler. Berbeda dengan pendapat Hadiwiyoto (1992) yang menyatakan bahwa perubahan rasa dapat disebabkan karena adanya degradasi atau peruraian senyawa makromolekul daging ayam broiler (*G. domesticus*). Pada degradasi asam lemak rantai karbon pendek menjadi lebih panjang sehingga menyebabkan terjadinya perubahan rasa dan intensitasnya menurun. Perlakuan P3 merupakan perlakuan yang banyak disukai oleh para panelis, terlihat pada grafik sebanyak 7 orang panelis memilih P3 dalam kategori suka dan sisanya netral.

5.3.3 Kandungan Nutrisi pada Daging Ayam Broiler

Setiap perlakuan, dilakukan juga analisa kandungan nutrisi. Analisa yang dilakukan adalah kadar air daging, kadar protein kasar, dan kadar lemak kasar. Analisa ini dilakukan untuk melihat potensi penggunaan tepung BSF sebagai pakan ayam broiler dan propolis sebagai suplemen alami untuk ayam broiler. Daging yang dianalisa adalah daging pada dada ayam, karena dada ayam merupakan bagian yang lebih sering dikonsumsi oleh masyarakat.

1. Kadar Air Daging Ayam Broiler (*G.domesticus*)

Seperti yang diketahui bahwa tinggi dan rendahnya kadar air mempengaruhi kualitas dari daging ayam broiler (*G. domestius*), karena berkaitan dengan keawetan bahan pangan tersebut. Rata – rata kadar air daging dada ayam broiler (*G. domestius*) yang diberi perlakuan propolis dan tepung maggot *H. illucens* secara ringkas disajikan pada Gambar 5.16 di bawah ini.



Gambar 5.16 Rerata Kadar Air Daging Ayam Broiler (*G. domestius*)

Kadar air yang didapat dari perlakuan yaitu (P0: 66.9%, P1: 66,5%, P2: 65.8%, P3: 66,4%), hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air ($P > 0,05$). Hal ini ditunjukkan oleh setiap perlakuan dengan nilai kadar air yang relatif sama, sehingga memberikan respon yang sama pula terhadap hewan uji. Nilai rerata kadar air pada setiap perlakuan diketahui berada pada kisaran normal, sehingga baik kontrol maupun perlakuan masih dalam kategori standar rendah air dalam daging dada ayam yaitu 65,8 – 66,9%.

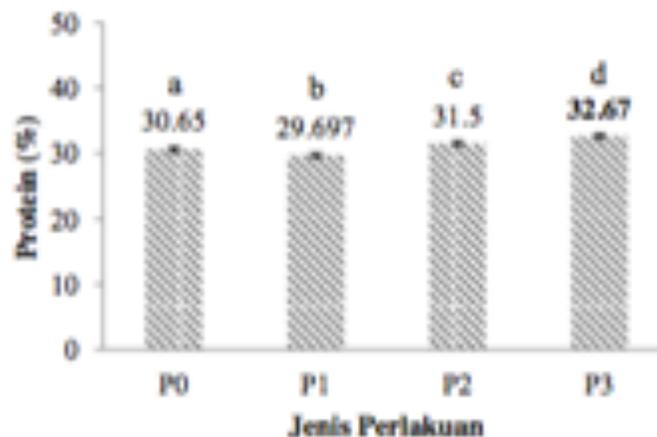
Pada Gambar 5.16 menunjukkan adanya penurunan kadar air pada setiap perlakuan dibandingkan dengan kontrol. Pemberian perlakuan P2 yaitu penambahan tepung maggot

H.illucens dan ekstrak propolis merupakan nilai yang paling rendah, walaupun rentang nilainya tidak terlalu jauh. Penurunan kadar air pada perlakuan P2 ini diduga karena adanya pemberian ekstrak propolis. Salah satu penyebab tingginya kadar air dalam daging adalah adanya aktivitas mikroba. Hal ini seperti yang disampaikan oleh Kasmadiharja (2008) bahwa kadar air yang mengikat dipengaruhi oleh jumlah air bebas yang terbentuk sebagai hasil samping dari aktivitas mikroba.

Pada perlakuan P1 dan P3 merupakan perlakuan yang memiliki tingkat kadar air yang cukup rendah setelah P2, diduga pada P3 perlakuan yang diberi tambahan tepung maggot *H. illucens* memiliki kadar air yang sedikit lebih tinggi dibandingkan P2 dikarenakan air dari bahan pakannya memiliki kadar air yang cukup tinggi namun tidak diimbangi dengan adanya penambahan ekstrak propolis sehingga mikroflora pada tubuh ayam broiler sedikit lebih banyak dibandingkan dengan P2. Sedangkan pada perlakuan P1 yang merupakan perlakuan yang diberi ekstrak propolis tanpa pemberian tepung maggot *H.illucens* diduga jumlah air yang diminum lebih banyak dibandingkan jumlah air yang diminum ayam pada perlakuan P2.

2. Kadar Protein Kasar Daging Ayam Broiler (*G.domseticus*)

Protein merupakan salah satu komponen zat nutrisi daging yang paling penting. Rata-rata kadar protein daging dada ayam yang diberi perlakuan propolis dan tepung maggot *H.illucens* secara ringkas disajikan pada Gambar 5.17 di bawah ini.



Gambar 5.17 Rerata Protein Kasar Daging Ayam Broiler (*G. domestius*)

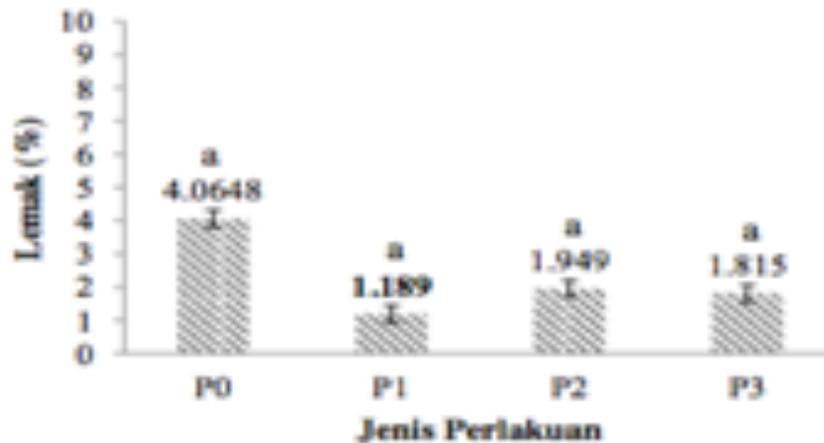
Hasil sidik ragam pada Gambar 5.17 menunjukkan bahwa kadar protein pada setiap perlakuan dinyatakan secara signifikansi berbeda nyata ($P < 0,05$), dan dapat dilihat terdapat

peningkatan dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan ini disebabkan pemberian tepung maggot *H. illucens* dan ekstrak propolis pada perlakuan P2 dan P3. Namun perlakuan dengan pemberian ekstrak propolis atau P1 terjadi penurunan. Hal ini diduga nutrisi pada pakan maupun penambahan ekstrak propolis digunakan untuk memperbaiki kondisi tubuh terlebih dahulu ini dapat dilihat pada pertambahan bobot ayam pada perlakuan P1, hal ini seperti yang disampaikan oleh Zulfanita (2011) bahwa protein berguna untuk membentuk jaringan tubuh, memperbaiki jaringan yang rusak, untuk kebutuhan berproduksi dan kelebihannya akan diubah menjadi energi.

Pada data ini dapat dilihat bahwa perlakuan P3, merupakan perlakuan yang memiliki kadar protein yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Sedangkan perlakuan yang memiliki kadar protein yang paling rendah terdapat pada perlakuan P1. Hal ini diduga karena kandungan protein pada pakan yang dicampur dengan tepung maggot *H.illucens* memiliki kadar protein yang cukup tinggi sehingga berpengaruh terhadap hasil akhir pada protein daging ayam broiler.

3. Kadar Lemak daging Ayam Broiler (*G. domesticus*)

Sebagian konsumen ada yang memilih daging ayam yang mempunyai kandungan lemaknya tinggi (daging berlemak) dan sebagian lain memilih yang kandungan lemaknya rendah. Untuk menanggapi selera masyarakat konsumen lain kiranya sudah waktunya untuk dipikirkan tentang penyediaan daging ayam yang kandungan lemaknya rendah seperti halnya ayam buras (Djoemantoro dkk., 1982). Lemak daging merupakan lemak yang berada di bagian tubuh (karkas) yang sangat menentukan dalam kualitas dari ayam pedaging. Semakin besar persentase lemak daging, maka semakin menurun kualitas daging ayam pedaging tersebut sebab konsumen menghendaki kadar lemak dalam daging yang rendah.



Gambar 5.18 Rerata Kadar Lemak Daging Ayam Broiler (*G. domestius*)

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa kadar lemak memiliki pengaruh berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan adanya pemberian tepung maggot *H. illucens* dan propolis (Gambar 5.18). Kadar lemak yang didapat dari perlakuan yaitu (P0: 2,8%, P1: 1,2%, P2: 1,9%, P3 1,8%). Menurut Triyantini dkk. (1997) kandungan daging ayam bagian dada memiliki kandungan lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan bagian paha. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Marcu dkk. (2013) rerata kadar lemak pada daging bagian dada ayam yang diberi pemberian pakan dengan energi dan protein yang berbeda memiliki hasil 2% hingga 6%. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo (2013) dalam penggunaan level pakan yang berbeda pada ayam broiler mendapatkan rerata kadar lemak 1,81%-2,31% dan pada hasil penelitian Sofiah (2016) pemberian ekstrak propolis dengan konsentrasi yang berbeda menghasilkan rerata kadar lemak 4,1%-5,9%.

5.3.4 Pengaruh pemberian *H. illucens* dan Propolis terhadap Histomorfometri Vili Usus Halus

Histomorfometri usus halus yang diamati meliputi tinggi, lebar basal, dan lebar apikal vili usus halus (duodenum, jejunum, dan ileum) pada ayam broiler yang diberikan beberapa perlakuan. Kemudian tinggi, lebar basal, dan lebar apikal vili usus halus dimasukkan ke dalam rumus perhitungan luas permukaan. Vili merupakan tonjolan kecil mirip jari atau daun pada membran mukosa, panjangnya 0,5 sampai 1,5 mm dan hanya terdapat pada usus halus. Vili usus memiliki peranan yang penting pada proses penyerapan nutrisi makanan di dalam usus. Luas permukaan usus halus seperti tinggi vili menggambarkan area untuk penyerapan zat-zat nutrisi, salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas pertumbuhan adalah struktur morfologi usus (Wang dkk., 2008).

Tabel 5.7. Rerata tinggi villi, lebar basal, lebar apikal dan luas permukaan vili usus halus (μm^2)

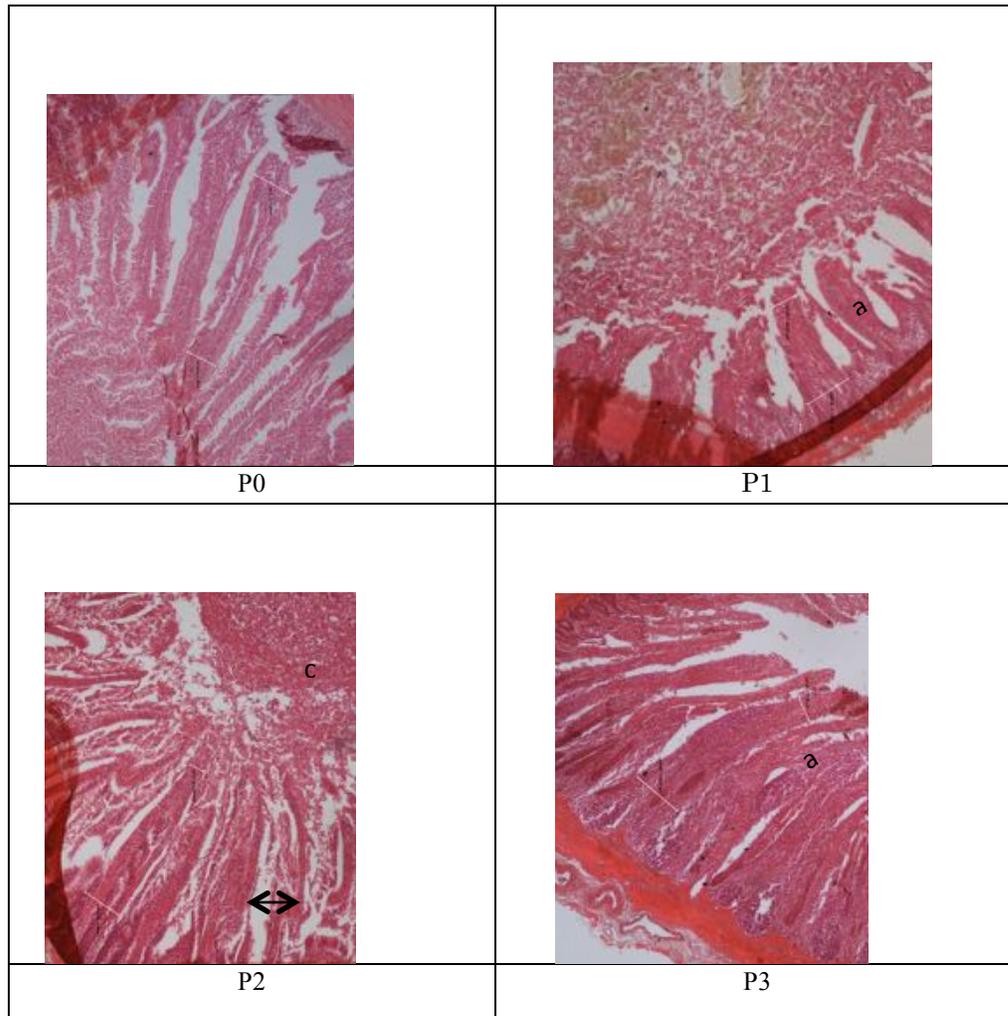
PARAMETER	PERLAKUAN			
	P0	P1	P2	P3
Duodenum				

Tinggi villi	539.463±199.160 ^a	393.220±57.791 ^a	417.847±108.541 ^a	428.69±139.501 ^a
Lebar basal	126.303±40.366 ^a	90.640±36.725 ^a	115.263±37.205 ^a	155.623±26.095 ^a
Lebar apical	60.023±15.643 ^a	59.473±24.069 ^a	56±19.649 ^a	78.717±15.405 ^a
Luas permukaan	0.007±0.003 ^a	0.006±0.001 ^a	0.009±0.001^a	0,008±0.004 ^a
Jejenum				
Tinggi villi	448.900±125.013 ^a	465.037±58.921 ^a	475.127±101.921 ^a	478.42±97.025 ^a
Lebar basal	160.846±41.476 ^a	61.112±32.283 ^a	118.156±22.535 ^a	138.47±29.617 ^a
Lebar apical	87.456±12.645 ^a	80.883±8.081 ^a	66.21±7.900 ^a	51.073±7.367 ^a
Luas permukaan	0.0072±0.002 ^a	0.0052±0.001 ^a	0.0070±0.001 ^a	0.0081±0.0008^a
Ileum				
Tinggi villi	523.266±145.226 ^a	421.88±79.230 ^a	453.66±66.403 ^a	455.737±176.56 ^a
Lebar basal	166.66±6.825 ^a	120.466±29.004 ^a	120.09±0.295 ^a	125.617±42.970 ^a
Lebar apical	77.193±3.424 ^a	82.116±19.197 ^a	63.536±0.598 ^a	74.13±21.189 ^a
Luas permukaan	0.0067±0.002 ^a	0.0062±0.001 ^a	0.0066±0.001 ^a	0.0087±0.005^a

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata P(<0,05)

Vili usus adalah benda-benda kecil seperti benang yang melapisi usus agar dapat secara efektif meningkatkan luas permukaan dinding usus. Tonjolan seperti Jari ini, meskipun kecil, sangat kompleks dan berfungsi untuk penyerapan nutrisi dan cairan yang diperlukan ke dalam tubuh. Vili dapat menyerap cairan, asam amino, gula sederhana dan zat lainnya. Zat yang diserap kemudian diangkut ke dalam aliran darah melalui difusi sederhana. Dari sana, zat diangkut ke seluruh tubuh dan baik digunakan atau disimpan (Samanya dan Yamauchi, 2002).

Berdasarkan Tabel 5.2, menunjukkan bahwa penambahan maggot *Hermetia illucens* dalam pakan ayam komersil dan pemberian propolis menunjukkan nilai signifikansi yang tidak berbeda nyata ($P > 0.05$) terhadap tinggi vili, lebar basal dan luas permukaan baik pada duodenum, jejunum dan ileum.



Gambar 5.19 Gambaran histologi vili usus ayam broiler dari setiap perlakuan

Diantara 4 perlakuan tersebut, hasil tertinggi untuk tinggi vili (523.266 ± 145.226) dan lebar basal illeum (166.66 ± 6.825) terdapat pada perlakuan P0. Kemudian pada lebar apikal hasil terbaik pada perlakuan P1 (82.116 ± 19.197). Sedangkan luas permukaan vili duodenum dari semua perlakuan hasil terbaik pada perlakuan P3 (0.0087 ± 0.005). Perbedaan hasil yang disajikan pada tabel tersebut dikarenakan beberapa faktor salah satunya yaitu perbedaan konsumsi pakan, serta perbedaan penggunaan suplemen pakan. Meskipun demikian, berdasarkan nilai rerata luas

permukaan duodenum yang tertinggi yaitu P2 (0.009 ± 0.001), pada jejunum yang tertinggi yaitu P3 (0.0081 ± 0.0008) dan pada ileum nilai yang tertinggi pada P3 (0.0087 ± 0.005), menunjukkan bahwa pemberian pakan berupa maggot *Hermetia illucens* dapat meningkatkan luas permukaan vili ayam broiler.

Kondisi usus halus seperti tinggi villi pada usus halus menggambarkan area untuk penyerapan nutrisi yang lebih luas. Peningkatan tinggi vili dan lebar vili diasosiasikan dengan lebih luasnya permukaan vili untuk penyerapan nutrisi masuk kedalam aliran darah (Miles dkk., 2006). Daya serap nutrisi pada usus halus dipengaruhi oleh luas permukaan bagian usus halus (lipatan, vili, dan mikrovili) (Ensminger, 1992).

Penggunaan pakan maggot *Hermetia illucens* diketahui dapat berpotensi meningkatkan luas permukaan vili usus halus duodenum, jejunum dan ileum. Hal tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas zat aktif yang terdapat di dalam tepung maggot *Hermetia illucens* yang dapat meningkatkan kinerja organ pencernaan. Menurut Awad dkk. (2008) peningkatan tinggi vili pada usus halus ayam pedaging berkaitan erat dengan fungsi pencernaan dan penyerapan karena meluasnya area absorpsi serta merupakan suatu ekspresi lancarnya transportasi nutrisi ke seluruh tubuh. Peningkatan tinggi vili berkorelasi erat dengan peningkatan jumlah sel epitel di permukaan vili usus halus (Fan dkk., 1997).

5.4 Pengaruh Pakan *H. illucens* terhadap Pertumbuhan Ikan Maskoki Oranda

Pada penelitian ini merupakan penelitian awal untuk ikan maskoki. Penelitian ini sebagian besar dilakukan di Balai Riset Budidaya Ikan Hias, Depok, Jawa Barat. Pakan yang digunakan adalah pelet sebagai kontrol, dan pakan alami yaitu bloodworm, tubifex dan larva *H. illucens*.

Digunakan bloodworm dan tubifex dikarenakan kedua pakan alami ini sudah sering digunakan sebagai pakan alami oleh peternak ikan.

Tabel 5.8 Tingkat kelangsungan hidup ikan maskoki

Perlakuan	Hari			SR(%)
	10	20	30	
Pelet	10	10	10	100
Bloodworm	10	10	10	100
Tubifex	10	10	10	100
Magot	10	10	10	100

Pada tingkat kelangsungan hidup, dapat dilihat keempat perlakuan yaitu pakan pelet, bloodworm, tubifex dan maggot, menunjukkan nilai 100%. Hal ini berarti, tingkat kelangsungan hidup ikan pada keempat perlakuan tersebut tinggi, dan tidak mengalami kematian (Tabel 5.8). Hal ini menunjukkan pakan maggot aman dikonsumsi oleh ikan maskoki. Penggunaan pakan maggot ternyata juga dapat dijadikan sebagai alternative pengganti pakan komersil (pelet), seperti yang ditunjukkan pada parameter panjang dan bobot ikan.

Tabel 5.9 Pertambahan rata-rata panjang (cm) benih ikan maskoki oranda

Pakan	Hari Ke-		
	10	20	30
Pelet	3.25	3.76	4.27
Bloodworm	3.25	4.01	4.71
Tubifex	3.25	4.02	4.71
Maggot	3.25	3.55	3.97

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan jenis pakan alami (*tubifex*, *bloodworm*, pellet dan magot) berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan maskoki. Hasil ini disebabkan karena adanya perbedaan nutrisi yang terkandung dalam keempat jenis pakan alami tersebut. Selama melakukan pengamatan panjang benih, dapat diketahui terjadi pertambahan panjang untuk semua perlakuan pakan (Tabel 5.9).

Dari tabel diatas dapat diketahui semua pakan dapat memenuhi kebutuhan nutrisi untuk ikan. Hasil pengukuran terhadap laju pertumbuhan panjang mutlak menunjukan bahwa nilai laju pertumbuhan panjang tertinggi diperoleh pada perlakuan C (Tubifex) dan B (Bloodworm) dengan pertumbuhan panjang akhir 4.71 cm, diikuti dengan perlakuan A (Pelet) dengan

pertumbuhan panjang akhir 4.27, selanjutnya nilai terendah diperoleh pada perlakuan perlakuan D (maggot) dengan pertumbuhan panjang. Hal ini menunjukkan walaupun maggot *H. illucens* menunjukkan hasil terendah, akan tetapi berpotensi sebagai pakan alami ikan maskoki.

Selain panjang tubuh, bobot ikan juga dijadikan sebagai parameter penelitian ini. Selama melakukan pengamatan panjang benih pada penelitian dapat diketahui terjadi penambahan bobot dari setiap pengamatan untuk semua perlakuan pakan. Hal ini dapat dilihat pada tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Rata-rata bobot (gram) ikan maskoki oranda

Pakan	Hari Ke-		
	10	20	30
Pelet	0.72	1.47	1.84
Bloodworm	0.72	1.47	2.84
Tubifex	0.72	1.64	2.82
Maggot	0.72	0.89	1.32

Hasil pengukuran terhadap pertumbuhan bobot menunjukan bahwa nilai laju pertumbuhan bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan B (Bloodworm) dengan penambahan rata-rata bobot akhir 2.84 gr, diikuti dengan perlakuan C (Tubifex) dengan penambahan rata-rata bobot akhir 2.82 gr, selanjutnya perlakuan A (Pelet) dengan penambahan rata-rata bobot akhir 1.84 gr dan nilai terendah diperoleh pada perlakuan D (Magot) dengan penambahan rata-rata bobot akhir 1.32 gr.

Tabel 5.11 Pertumbuhan Panjang Dan Bobot Mutlak

Pengamatan	Pelet	Bloodworm	Tubifex	Magot
------------	-------	-----------	---------	-------

panjang	$1.02 \pm 0,05^a$	$1.46 \pm 0,05^b$	$1.46 \pm 0,05^b$	$0.72 \pm 0,05^{ab}$
bobot	$1.12 \pm 0,05^a$	$2.12 \pm 0,05^c$	$2.1 \pm 0,05^c$	$0.6 \pm 0,05^b$

Pengamatan Pertumbuhan panjang dan bobot mutlak secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 5.11. Hasil sidik ragam juga menunjukkan pertumbuhan dan bobot mutlak tertinggi pada pakan bloodworm dan Tubifex, sedangkan yang terendah di maggot *H. illucens*. Walaupun memiliki nilai terendah, untuk panjang mutlak ternyata tidak berbeda nyata dengan pakan pelet.

BAB 6. RENCANA DAN TAHAPAN BERIKUTNYA

Adapun rencana tahap berikutnya dari penelitian ini adalah

1. Seminar

Untuk seminar yang telah dilakukan adalah mengikuti tiga seminar internasional, yaitu International Seminar on Science di IPB Bogor (2 paper) dan Halal Seminar International di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Selain itu juga satu seminar nasional di Seminar Perhimpunan Entomologi Indonesia yang diwakili oleh mahasiswa sebagai bagian penelitian ini.

2. Mengajukan Hak Kekayaan Intelektual (bentuk karya tulis ilmiah) dan paper

Telah dibuat draft HKI dan sedang diajukan. Selain itu juga sedang dilakukan pembuatan draft paper untuk diterbitkan di beberapa jurnal internasional.

3. Berdasarkan hasil penambahan tepung larva *H. illucens* sebagai pakan ternak yang menunjukkan hasil positif dan berpotensi sebagai alternatif pakan untuk masa yang akan datang, maka diperlukan peningkatan jumlah biomassa dari *H. illucens*. Potensi serangga ini ternyata tidak hanya sebagai pakan, tetapi juga sebagai agen biokonversi sampah organik yang tentu saja akan sangat membantu dalam hal manajemen sampah di daerah pemukiman padat. Penelitian lanjutan nantinya juga akan diarahkan ke potensi larva *H. illucens* sebagai sumber enzim dan sumber kitin untuk pengembangan bioindustri khususnya industri pangan.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Larva *H. illucens* dapat dijadikan sebagai agen biokonversi untuk sampah organik baik itu pada kotoran domba, limbah sayuran, limbah restoran, limbah buah. Pertumbuhan dari *H. illucens* dipengaruhi oleh media tempat dia tinggal. Walaupun pemeliharaan dengan pakan ayam masih tinggi pertumbuhannya, penggunaan media limbah restoran dapat juga menghasilkan biomassa yang tinggi.
2. Suplementasi tepung larva *H.illucens* dapat meningkatkan pertambahan bobot badan mencit jantan dan betina pascasapih hingga usia dewasa dengan konsentrasi pakan paling efektif pada perlakuan R2 yakni pakan P2 sebanyak 60% dan tepung larva *H. illucens* 40% yang diikuti dengan selisih pertambahan bobot badan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Uji *maze learning battery* dan uji *E maze* mencit jantan dan betina tidak memberikan pengaruh secara nyata pada masing-masing perlakuan. Namun, mengalami proses belajar yang ditandai dengan jumlah kesalahan pada pengujian kedua dan ketiga lebih rendah dibandingkan jumlah kesalahan pada pengujian pertama
3. Penggunaan tepung larva *H. illucens* dan suplemen propolis, ternyata mampu meningkatkan performa daging ayam dan kualitas gizi daging ayam broiler. Hal ini ditunjukkan dengan tekstur daging yang semakin empuk, sementara kandungan protein kasar lebih tinggi dan kandungan lemak kasarnya lebih rendah bila dibandingkan hanya dengan menggunakan pakan komersil. Selain itu juga performa system pencernaan dari ayam juga semakin baik, dimana adanya peningkatan panjang vili pada dinding usus ayam yang menguntungkan untuk proses penyerapan nutrisi pakan.
4. Pemberian larva *H. illucens* pada ikan maskoki *Organda* menunjukkan hasil yang terendah apabila dilihat dari panjang dan bobot ikan, bila dibandingkan dengan perlakuan pelet dan pakan alami lainnya (*Tubifex* dan *bloodworm*).

7.2 Saran

Jumlah limbah organik yang diperlukan untuk pertumbuhan larva *H. illucens* yang optimum serta kandungan nutrisinya masih perlu dikaji lebih lanjut. Perlu juga dilakukan pengkajian pencampuran berbagai jenis limbah organik untuk pertumbuhan *H. illucens*. Selain itu juga formulasi pakan dan metode aplikasi untuk hewan ternak juga perlu dilakukan untuk pengembangan pakan alternatif, terutama pada ikan.

Daftar Pustaka

- Agrawal N, Chacko M, Ramachandran M and Thian M. 2011. Assessing the commercial viability of BSF as biodiesel & animal feed. University of California Barkeley-Haas School of Business. 34(2): 123-130.
- Akcan N. 2011. High level production of extracelullar α -Amilase from *Bacillus licheniformis* ATCC 12759 in submerged fermentation. *Romanian biotechnological letters*. 16 (6): 6833-6840.
- Bai S, Kumar MR, Kumar DJM, Balashanmugam P, Kumaran MDB and Kalaichelvan PT. 2012. Cellulase production by *Bacillus subtilis* isolated from cow dung. *Schieves of applied science research* 4(1): 269279.
- Barry T. 2004. Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*). Doctor of philosophy (environmental science). *Dissertation*, 176 pp.
- Booth, D. C., and D. C. Sheppard. 1984. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia Illucens* (Diptera: Stratiomyi-Dae): eggs, masses, timing and site characteristics. *Envi-Ron. Entomol.* 13: 421D423.
- Demirkan, E. 2001. Production, purification and characterization of α -amylase by *Bacillus subtilis* and its mutant derivates. *Turk journal biol* 35:705-712.
- Diener, S. C. Z. 2009. Conversion of Organic Material By Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. London: SAGE.
- Diener, S., Studt Solano, N.M., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C., Tockner, K., 2011. Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valor.* 2, 357–363.
- Dong, S., Chen, Y., Huang, Y. and Feng, D., 2009. Research on feed characteristics of *Bacillus natto*. *Chinese Journal of Animal Nutrition.* 21, 371-378.
- Duman, R, E dan Lowe, J. 2010. Crystal structures of *Bacillus subtilis* lon protease. *J Mol Biol.* 10, 10-16.
- FAO. 2007. *Report on Functional Foods*. New York.
- Fahmi, M.R. 2015. Optimalisasi proses biokonversi dengan menggunakan minilarva *Hermetia illucens* Untuk Memenuhi Kebutuhan Pakan Ikan. *Prosiding Seminar Nasional*. Volume 1.

Nomor 1. 139-144.

- Gobbi, P., Martínez-Sánchez, A. and Rojo, S., 2013. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology* **110**, 461-468.
- Harnden, L. M., dan Tomberlin, J. K. 2016. Effects of temperature and diet on black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), development, *Forensic Science International*, **266**, 109–116.
- Holmes L, Vanlaerhoven S, and Tomberlin J. 2012. Relative Humidity Effects on the Life History of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*, 41:971-97.
- Iji, P.A., R.J. Hughes, M. Choet & R.R. Tivey. 2002. Intestinal structure and function of broiler chickens on wheat-based diets supplemented with a microbial enzyme. *Asian-Aust.J. Anim. Sci.* 14:54-60.
- Jafar, Nurhaedar. 2012. Defisiensi karbohidrat dan protein pada kejadian gizi buruk balita. Artikel. Universitas Hasanudin. Makassar.
- Klopfenstein, T. J., Angel, R., Cromwell, G., Erickson, G. E., Fox, D. G. 2002. Animal diet modification to decrease the potential for nitrogen and phosphorus pollution. *Papers and publications in animal science*.12
- Kim, W., Bae, S., Kim, A., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., Park, Y., Koh, Y. 2011. Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of asia pacifik entomology*.14: 11-14.
- Kim, Y, K., Lee, S, H., Cho, Y, Y., Oh, H, J., Ko, Y, H. 2012. Isolation of cellulolytic *Bacillus subtilis* strains from agricultural environments. *International scholarly research network*. ISRN. ID 650563,9p.
- Kinasih, I., Bahri, S., Munawaroh, C., Rosyad, A. 2012. Potensi larva lalat *Hermetia illucens* L (Diptera: Stratiomyidae) dalam pengelolaan sampah organik. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian dan Perikanan Tahun 2012*. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Larde, G. 1990. Recycling of coffee pulp by *Hermetia illucens* (diptera: stratiomyidae) larvae. *Biological wastes*. 33: 307-310.
- Leclercq, M. 1997. A propos de *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) “soldier fly” (diptera stratiomyidae: hermetiinae). *Bulletin et annales de la societe royale belge d’entemologie*,

133: 275-282.

- Li Q, Zheng L, Qiu N, Cai H, Tomberlin J, Yu Z. 2012. Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management* . 31:1316-1320
- Ma, J., Zhang, Z., Wang, B., Kong, X., Wang, Y., Cao, S., Feng. 2006. Overexpression and Characterization of Lipase From *Bacillus subtilis*. *Protein Expression and Purification* 45: 22-29.
- Makkar H.P.S, Tran G, Heuze V, Ankers A. 2014. State of-the-art on use of insect as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197: 1-33.
- Myers, H.M., Tomberlin, J.K. Lambert, B.D., Kattles, D. 2008. Development of black soldier fly (diptera: stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environment entomology*. 37: 11-15
- Newton G.L., Sheppard D.C., Watson D.W., Burtle G., Dove C.R., Tomberlin J.K. & Thelen E.E. 2005. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. In *Proc. Symp. on the State of the Science of Animal Manure and Waste Management*, San Antonio, TX, USA, January 5–7, 2005. pp. 2–17
- Nguyen T, Tomberlin J, Vanlaerhoven S. 2013. Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development. *Journal of Medical Entomology*. 50:898-906.
- Nijhout, H.F and Williams, C.F. 1974. Control of molting and metamorphosis in tobacco hornworm, *Manduca sexta* (L.): Growth of last-instar larva and decision to pupate. *J. Exp. Biol.*, vol. 61, pp. 481-491.
- Oliver, P. A. 2004. The bioconversion of putrescent wastes. Engineering separation recycling (ESR). Washington, Louisiana.
- Pouderoyen, G, V., Eggert, T., jaeger, K, E., Dijkstra, B, W. 2001. The crystal structure of *Bacillus subtilis* lipase: a minimal α/β hydrolase fold enzyme. *J. mol biol*. 309: 215-226.
- Putra, R.E., Jam Jam, R., Supriatna, A., Manurung, R., Kinasih, I. 2015. Growth of Black Soldier Fly (*Hermetia iillucens*) larvae and mealworm (*Tenebrio molitor*) during bioconversion of rice straw and cassava peel. Proceeding of The 5th International Conference on Green Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.
- Rozkosný, R.1983. Subfamily Larentiinae. In *A Biosystematic Study of the European Stratiomyidae (Diptera): Volume 2-Clitellariinae, Hermediinae, Pachygaster Inae and Bibliography*. 2 :41

- Shaheb, M, S, A., Youris, M, A, M., Fezayen, F, F., Eldein, M, A, N. 2010. Production of cellulase in low-cost medium by *Bacillus subtilis* ko strain. *World applied sciences journal* 8 (1): 35-42.
- Sheppard, D.C., Newton, G.L. 1994. A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource technology*. 50: 275-279.
- Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology* 39: 695-698.
- Singh, M, J., Surav, K., Srivastava, N., Kannabrian, K. 2010. Lipase production by *Bacillus subtilis* ocr-4 in solid fermentation using ground nut oil cakes as substrate. *Journal of biological science* 2 (4): 241-245.
- Sogbesan A.O., Ajuomu N., Musa B.O., Adewole A.M. 2006. Harvesting Techniques and Evaluaton of Maggot Meal Aas Animaldietary Protein “Heteoclarias” in Outdoor Concrete Tanks. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2 (4): 394-402
- Tomberlin JK, Sheppard DC. 2002. Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America* 95: 379-386.
- Tomberlin J.K., Sheppard D.C. & Joyce J.A. 2002. A comparison of selected life history traits of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) when reared on three diets. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **95**, 379–387.
- Tomberlin J, Adler P, and Myers H. 2009. Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relationship to Temperature. *The Florida Entomologist*. 38: 930-934
- Yin, L, J., Lin, H, H., Xiao, Z, R. 2010. Purification and characterization of a cellulase from *Bacillus subtilis* yj1. *Journal of marine science and technology*. 18 (3): 466-471.
- Yu, G., Cheng, P., Chen, Y., Li, Y., Yang, Z., Chen, Y., Tomberlin, J, K. 2011. Inoculating polutry manure with companion bacteria influences growth and development of balck soldier fly (diptera: strtiomyidae) larvae. *Environmental Entomology*, 40(1): 30-35.
- Zhang J, Huang L, He J, Tomberlin JK, Li J, Lei C, Sun M, Liu Z, Yu Z. 2010. An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science* 10:202.
- Zheng, L., Crippen, T.L., Singh, B., Tarone, A.M., Dowd, S., Yu, Z., Wood, T.K. and Tomberlin, J.K., 2013. A survey of bacterial diversity from successive life stages of black

soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) by using 16S rDNA pyrosequencing. *Journal of Medical Entomology* **50**, 647-658.

Zhou, F., Tomberlin, J.K., Zheng, L., Yu, Z. and Zhang, J., 2013. Developmental and waste reduction plasticity of three black soldier fly strains (Diptera: Stratiomyidae) raised on different livestock manures. *Journal of Medical Entomology* **50**, 1224-1230.

LAMPIRAN FOTO KEGIATAN PENELITIAN
Penelitian Maggot *H. illucens* sebagai biokonversi









Penelitian Maggot *H. illucens* sebagai pakan ayam

		
<p>Kandang Ayam (Luar)</p>	<p>Kandang Ayam dengan ukuran 60cm x 60cm x 60cm</p>	<p>Penyemprotan Formidex 2 hari sebelum ayam masuk.</p>
		
<p>Ayam DOC, yang dibeli dari Missouri Polutry</p>	<p>Vitachik (Pemberian: 0-2 minggu, seminggu 2kali)</p>	<p>Vitabro (Pemberian: 2-4 minggu, seminggu 2kali)</p>



Tepung maggot *H. illucens* yang sudah siap dicampur dengan pakan komersil (berbentuk crumble ±3mm)



Bongkahan Propolis yang diambil dari Maribaya Dago



Bongkahan propolis yang direndam dengan Etanol



Proses maserasi propolis, selama 7 hari dengan suhu ruang

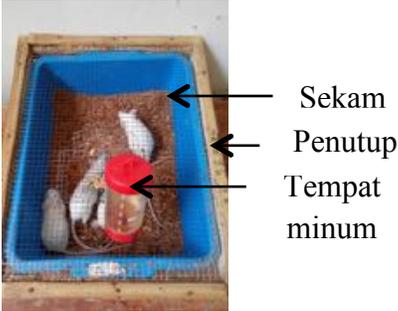


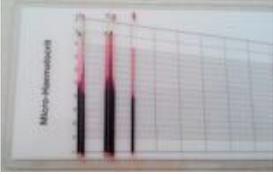
Penyaringan propolis



Evaporasi propolis

Lampiran . Kegiatan Penelitian maggot sebagai pakan mencit

No	Foto Kegiatan	Keterangan
1.		<p>Keadaan kandang</p> <p>Kandang mencit terdiri dari sekam kayu sebagai alas, penutup yang disertai tempat menyimpan pakan dan tempat minum. Masa adaptasi, mencit jantan dan mencit betina pascasapih berukuran kecil dengan rata-rata berat badan ± 18 gram sehingga satu kandang ditempatkan 4 ekor, tetapi ketika penelitian dimulai satu kandang ditempatkan satu ekor mencit.</p>
2.		<p>Penimbangan bobot badan</p> <p>Penimbangan bobot badan dilakukan setiap hari dengan menggunakan timbangan analitik.</p>
3.		<p>Menghaluskan pakan dan larva <i>H.illucens</i></p> <p>Blender digunakan untuk menghaluskan pakan P2 dan larva <i>H.illucens</i>. yang kemudian dihomogenkan untuk menjadi pakan suplementasi larva <i>H.illucens</i> yang diberikan kepada mencit jantan dan mencit betina.</p>
4.		<p>Pakan P2 dan Larva <i>H.illucens</i> setelah dihaluskan. Pakan P2 berwarna putih kekuningan sedangkan larva <i>H.illucens</i> berwarna hitam.</p>

5.		<p>Pengambilan darah</p> <p>Pengambilan darah dilakukan sebanyak dua kali yakni mencit jantan dan mencit betina sebelum diberikan pakan suplemen larva <i>H.illucens</i> dan pada hari ke-14 atau setelah diberikan pakan larva <i>H.illucens</i> selama dua minggu. Pengambilan darah dilakukan untuk menguji profil hematologi mencit jantan dan mencit betina yang terdiri dari sel darah merah, sel darah putih, hemoglobin dan hematokrit.</p>
6.		<p>Pengukuran kadar hemoglobin</p> <p>Darah diambil pada ujung ekor mencit dicampurkan dengan HCl 0.1 N pada tabung sahli. Kemudian dibandingkan warnanya dengan Hb meter.</p>
7.		<p>Pengukuran hematokrit</p> <p>Pengukuran nilai hematokrit dengan menggunakan penggaris mikrohaematokrit.</p>

Lampiran . Kegiatan Penelitian maggot sebagai pakan ikan maskoki



Persiapan pemberian pakan



Tempat pembesaran benih ikan maskoki



Penyiponan



Pemberian pakan