

**Komposisi Nutrien Sampah Organik Sisa Nasi dan Tulang Ikan Nila serta Pengaruhnya Bagi Pertumbuhan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.)**

**Albert Abrillian, Dwi Adityarini, Kukuh Madyaningrana**

Fakultas Bioteknologi UKDW Yogyakarta

\*Corresponding author: [madyaningrana@staff.ukdw.ac.id](mailto:madyaningrana@staff.ukdw.ac.id)

**Article History**

Received : 22 July 2023

Approved : 16 September 2023

Published : 31 November 2023

**Keywords**

BSF larvae, growth parameters, leftover rice, nutrients, tilapia bone.

**ABSTRACT**

Organic waste as a by-product of household activities that are produced continuously is still a major problem in Indonesia. Conventional organic waste management still has weaknesses and limitations. Black soldier fly larvae are decomposers that can be used in organic waste management. This study aims to measure the nutrient levels of organic waste used, such as leftover rice, tilapia bones, or a combination of both and study the use of organic waste for the growth of BSF larvae. The research used 150 BSF larvae aged 12 days with three repeats and four test treatments: T51 feed (control), leftover rice, tilapia bones, and a combination of leftover rice and tilapia bones (50:50). The highest levels of carbohydrates and fats were detected in the remaining rice and tilapia bones, respectively. The type of feed has an impact on the nutrients and growth of BSF larvae. The combination treatment produces larvae with the largest biomass and shortest growth time, on the other hand, a single treatment extends the growth time of larvae with a relatively small biomass. The combination treatment between leftover rice and tilapia bones (50:50) is the best type of feed in supporting the growth of BSF larvae, while single feed treatment is considered inappropriate for the growth of BSF larvae.

© 2023 Universitas Kristen Indonesia  
Under the license CC BY-SA 4.0

**PENDAHULUAN**

Produksi sampah organik secara berkelanjutan oleh masyarakat masih menjadi salah satu topik permasalahan di Indonesia. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan

Kehutanan (KLHK) menunjukkan sebanyak  $\pm$  19 juta ton sampah diproduksi pada tahun 2022 dengan persentase jenis sampah tertinggi berupa sisa makanan (41%) yang berasal dari rumah tangga.

Pengelolaan sampah organik secara konvensional terbagi ke dalam beberapa cara, diantaranya *open dumping*, dibakar, dibuang ke sungai, melalui proses pengomposan, dan dikonversi menjadi biogas. Namun, berbagai cara pengolahan tersebut mempunyai kekurangan dan batasannya tersendiri. Pengelolaan sampah organik secara *open dumping* dilakukan dengan membuang dan menimbun sampah tanpa adanya perlakuan lanjutan sehingga secara perlahan berdampak buruk bagi manusia serta lingkungan sekitar (Saputra *et al.*, 2020). Membakar sampah tentu mengakibatkan pencemaran udara sekaligus memunculkan gangguan pernapasan (Pansuk *et al.*, 2018). Membuang sampah ke sungai berakibat pada rusaknya kualitas air sungai (Bangani *et al.*, 2023). Proses pengomposan memakan waktu yang lama dan berpotensi menumbuhkan mikroba patogen, ditambah lagi bau menyengat yang dihasilkan selama proses tersebut (Ayilara *et al.*, 2020). Konversi sampah organik menjadi biogas membutuhkan bantuan alat dengan biaya konstruksi dan

perawatan yang mahal (Sriharti *et al.*, 2018).

Lalat tentara hitam atau *black soldier fly* (BSF) dengan nama ilmiah *Hermetia illucens* L. merupakan salah satu spesies lalat dekomposer yang termasuk ke dalam famili Stratiomyidae, di mana secara umum banyak ditemukan di tumpukan sampah organik ataupun kotoran ternak (van Huis *et al.*, 2013; Woodley, 2001). Semasa hidupnya, imago BSF tidak lagi makan sebab energi yang ada pada lalat sepenuhnya didapatkan ketika masih dalam fase larva sehingga lalat tersebut tidak dianggap sebagai hama ataupun vektor penyakit (Amrul *et al.*, 2022). Larva BSF merupakan dekomposer yang dapat menguraikan berbagai jenis sampah organik dengan cepat, diantaranya sampah dapur, sayur dan buah, serta kotoran ternak ataupun manusia (Yuwono & Mentari, 2018). Terkait dengan persyaratan hidup, larva BSF tidak membutuhkan kondisi khusus sebab toleransinya yang tinggi terhadap berbagai variasi kondisi lingkungan (Siddiqui *et al.*, 2022). Disamping

sebagai dekomposer, larva BSF dapat dijadikan sebagai pakan ternak alternatif sebab tingginya kandungan protein dan lemak dalam tubuh larva tersebut (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017).

Larva BSF memegang kunci dalam kelangsungan hidup lalat BSF nantinya, sebab ketersediaan energi pada lalat ditentukan dari seberapa besar asupan nutrisi yang didapat selama menjadi larva. Besaran kandungan nutrisi dalam tubuh larva BSF dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pada pakan larva tersebut (Monteiro dos Santos *et al.*, 2023). Penelitian sebelumnya oleh Nguyen *et al.* (2013), menyimpulkan bahwa variasi substrat mengakibatkan adanya perbedaan pada pertumbuhan larva BSF, tetapi tidak terdapat informasi terkait kandungan nutrisi larva BSF. Sementara, penelitian Aldi *et al.* (2018) menjelaskan bahwa kandungan nutrisi pada pakan (dalam hal ini berupa protein dan lemak) mempengaruhi persentase protein dan lemak larva BSF, tetapi tidak terdapat informasi terkait pertumbuhan larva BSF.

Nasi dijadikan sebagai sumber karbohidrat utama sekaligus bahan pangan pokok bagi masyarakat Indonesia, namun nasi tergolong ke dalam salah satu limbah rumah tangga terbesar karena sisa nasi yang tidak termakan umumnya akan dibuang begitu saja (Suryani *et al.*, 2016; Sriyundiyati *et al.*, 2013). Limbah rumah tangga lainnya yang umum ditemukan berupa tulang ikan, padahal tulang ikan mengandung kandungan protein yang cukup tinggi (Yuriandala *et al.*, 2020). Salah satu spesies ikan yang digemari oleh masyarakat yakni ikan nila (*Oreochromis niloticus*) karena memiliki daging yang tebal dan rasa yang enak sekaligus sebagai salah satu bahan pangan sumber protein (Prameswari, 2018; Mulyani *et al.*, 2014). Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengukur kadar nutrisi sampah organik yang digunakan, seperti sisa nasi, tulang ikan nila, maupun gabungan keduanya dan mempelajari penggunaan sampah organik tersebut bagi pertumbuhan larva BSF.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian berlangsung pada bulan Maret hingga Juni 2023 di Universitas Kristen Duta Wacana, yakni di fasilitas penelitian lapang, Fakultas Bioteknologi UKDW yang terletak di Jalan Dr. Wahidin Sudirohusodo No.5-25, Kota Yogyakarta. Determinasi larva BSF dilakukan di Laboratorium Entomologi, Fakultas Biologi UGM, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Analisis proksimat larva BSF dilakukan dengan cara mengirimkan sampel larva ke Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Kota Salatiga.

### **Alat dan Bahan**

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian berupa: telur lalat tentara hitam (*Hermetia illucens* L.) yang diperoleh dari Maggot BSF Sleman Jogja di Jalan Ketingan RT 04 RW 21, Kabupaten Sleman, Yogyakarta; pakan babi T51 (produksi PT Charoen Pokphand Indonesia), sampah organik rumah tangga berupa sisa nasi dan tulang ikan nila yang

diambil dari warung makan Eka Sari yang berlokasi di Jalan Dr. Wahidin (timur rumah sakit Betesda, Yogyakarta) dan rumah makan yang berlokasi di Jalan Klitren Lor GK 3 No.271, Klitren, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta; cuka; dan air. Sementara, untuk alat-alat yang digunakan selama penelitian meliputi nampan plastik kotak ukuran 36 cm x 30 cm x 12 cm; wadah plastik bulat berukuran 12 cm x 8 cm (Djawara Prioritas, Indonesia); paranet kerapatan 70%, kawat strimin; *digital pocket scale* DS-19, China; dan timbangan digital 5 kg (Crown Star, China).

### **Desain Penelitian**

Penelitian menganut metode penelitian kuantitatif dengan menggunakan rancangan percobaan berupa rancangan acak lengkap (RAL) dan pendekatan eksperimental. Variasi perlakuan uji yang terbagi atas tiga perlakuan dan satu kontrol dengan masing-masing 3 kali pengulangan. Perlakuan kontrol menggunakan pakan babi T51, sedangkan ketiga perlakuan uji terbagi atas pakan sisa nasi, tulang

ikan nila, dan kombinasi 50% sisa nasi + 50% tulang ikan nila.

### **Prosedur Penelitian**

#### **Preparasi Awal**

Alat-alat yang digunakan seperti *digital pocket scale* dan timbangan digital terlebih dahulu diuji kelayakannya guna memastikan kedua alat tersebut dapat berfungsi dengan baik. Perihal kandungan nutrisi pada pakan larva BSF nantinya perlu diketahui terkait persentase karbohidrat, protein, lemak, kadar air, dan kadar abu sehingga keseluruhan sampel perlakuan uji dilakukan analisis proksimat sebanyak 20 g dalam bentuk bubuk atau sudah dihaluskan. Larva BSF yang baru saja menetas diberi pakan T51 yang telah dihaluskan sebanyak 2x total berat telur.

#### **Penetasan Telur Lalat Tentara Hitam**

Sebanyak 10 g telur lalat tentara hitam ditetaskan dalam nampan plastik kotak dengan cara meletakkannya diatas tisu sekaligus pakan babi T51 sebagai pakan awal. Ditunggu hingga telur menetas menjadi larva BSF selama  $\pm$  3-4 hari,

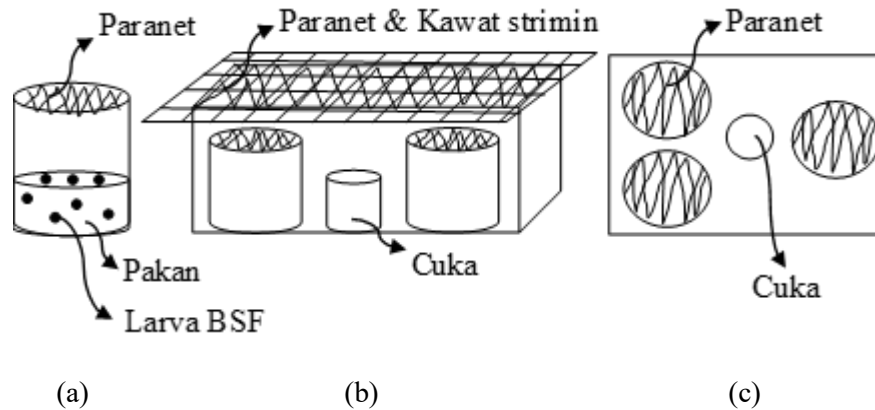
selanjutnya larva BSF dipelihara hingga berumur 12 hari dan diambil sebanyak 20 g larva guna dianalisis kandungan nutrisinya berupa karbohidrat, protein, lemak, kadar air, dan kadar abu agar diketahui seberapa besar nutrisi yang terkandung pada tubuh larva BSF sebelum diberi perlakuan. Larva BSF lainnya dipindahkan ke dalam wadah plastik bulat masing-masing berjumlah 150 larva BSF dengan perlakuan uji yang telah ditentukan sebelumnya.

#### **Pemeliharaan Larva BSF**

Selama pemeliharaan, larva BSF diberi pakan sesuai perlakuan uji, meliputi pakan babi T51 (kontrol), sisa nasi, tulang ikan nila, dan kombinasi dengan kuantitas masing-masing sebesar 150 g. Pakan T51 terlebih dahulu dihaluskan dengan menambahkan air agar tekstur pakan menjadi lunak, pakan sisa nasi tidak diberi perlakuan apapun sehingga langsung diberikan pada larva BSF, pakan tulang ikan nila dihaluskan dengan cara ditumbuk untuk memperkecil ukuran tulang ikan tersebut, dan pakan kombinasi menggabungkan antara sisa nasi dan

tulang ikan nila dengan perbandingan 50:50. Terdapat penambahan pakan sebanyak 50 g ketika jumlah pakan dirasa sudah sedikit bagi larva BSF.

Teknis kondisi pemeliharaan larva BSF secara terperinci tersaji pada (Gambar 1.) sebagai berikut:



**Gambar 1.** Gambaran Kondisi Pemeliharaan Larva BSF: wadah tempat pemeliharaan (a); tampak samping (b); tampak atas (c).

**Parameter Pertumbuhan Larva BSF**

Komponen penilaian pertumbuhan larva BSF terbagi atas beberapa parameter, diantaranya biomassa larva BSF, *substrate reduction*, *waste reduction index*, *efficiency of conversion of digested food*, dan *survival rate*. Biomassa larva BSF ditentukan dengan cara menimbang

10% dari total populasi larva BSF pada setiap wadah dan penambahan biomassa larva ditentukan dengan cara mengurangi biomassa akhir larva dengan biomassa awal. Parameter pertumbuhan lainnya dihitung menggunakan rumus perhitungan yang tercantum pada penelitian Ribeiro *et al.* (2022) dan Pliantiangtam *et al.* (2021) sebagai berikut:

$$\text{Substrate red. (\%)} = \frac{\text{berat pakan awal (g)} - \text{residu (g)}}{\text{berat pakan awal (g)}} \times 100$$

$$\text{WRI (g/d)} = \frac{\text{substrate reduction}}{\text{waktu perlakuan (hari)}} \times 100$$

$$\text{ECD} = \frac{\text{biomassa larva (g)}}{\text{berat pakan awal (g)} - \text{residu (g)}}$$

$$\text{Survival rate (\%)} = \frac{\text{jumlah larva akhir}}{\text{jumlah larva awal}} \times 100\%$$

### Analisis Proksimat Larva BSF

Sesudah diberi perlakuan, nutrisi larva BSF pada setiap perlakuan uji termasuk kontrol dianalisis persentasenya sebanyak satu kali dengan komponen pengujian dan lokasi yang sama.

### Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis dengan One-Sample T Test untuk data kandungan nutrisi larva BSF sesudah perlakuan guna mengetahui

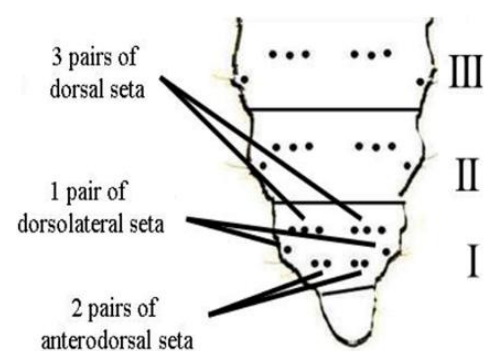
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Determinasi Larva BSF

*Black soldier fly* dengan nama ilmiah *Hermetia illucens* tergolong ke dalam kelas Insecta dengan ordo Diptera dan famili Stratiomyidae (Woodley, 2001). Hasil determinasi sampel menunjukkan bahwa sampel merupakan larva *black soldier fly* (BSF) dengan nama latin *Hermetia illucens*. Secara lebih terperinci, larva BSF memiliki tiga segmen pada bagian toraks dengan perbedaan pasang bulu pada segmen pertama (Gambar 2.). Segmen pertama dicirikan dengan 2 pasang bulu, 1 pasang bulu, dan 3 pasang bulu yang masing-masing terdapat pada bagian anterodorsal, dorsolateral, dan

apakah terdapat perbedaan persentase nutrisi larva pada setiap perlakuan uji jika dibandingkan dengan kontrol. Sementara, data hasil perhitungan pertumbuhan larva BSF dianalisis dengan ANOVA yang dilanjutkan dengan uji lanjutan berupa DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) apabila data terdistribusi normal atau menggunakan uji Kruskal-Wallis H jika data tidak terdistribusi normal.

belakang. Sedangkan, segmen kedua dan ketiga tidak memiliki bulu pada bagian anterodorsal (Oliveira *et al.*, 2015).



**Gambar 2.** Ciri Khas Larva BSF (Oliveira *et al.*, 2015)

### Nutrien Larva BSF

Nutrien yang didapat larva BSF sepenuhnya berasal dari nutrisi pada pakan sehingga nutrisi yang terkandung pada pakan akan

mempengaruhi nutrisi larva BSF yang nantinya digunakan selama proses pertumbuhan larva (Hartati *et al.*, 2022; Holeh *et al.*, 2022). Berdasarkan persentase nutrisi larva BSF pada Tabel 1., diketahui bahwa larva BSF pada perlakuan tulang ikan nila menghasilkan persentase karbohidrat tertinggi. Perlakuan sisa nasi menghasilkan larva BSF dengan persentase protein, lemak, dan kadar air tertinggi. Kadar abu larva BSF didapati tertinggi pada perlakuan kontrol. Secara statistik, persentase nutrisi larva BSF pada seluruh perlakuan uji didapati sama atau tidak berbeda secara signifikan. Hal tersebut disebabkan karena perbedaan fase larva BSF pada saat

analisis proksimat, yakni larva BSF pada perlakuan sisa nasi dan tulang ikan nila masih aktif mendekomposisi pakannya dan belum menjadi prepupa, sedangkan pada perlakuan kontrol dan kombinasi, larva BSF telah menjadi prepupa. Nutrisi berupa karbohidrat, protein, dan lemak dibutuhkan dalam jumlah yang besar oleh larva BSF pada instar awal, namun seiring pertumbuhan larva, kuantitas ketiga nutrisi tersebut akan menurun (Oddon *et al.*, 2022). Sementara, terkait kadar air dan abu pada larva BSF secara tidak langsung dipengaruhi oleh kadar air dan abu pada pakan (Khairuddin *et al.*, 2022; Spranghers *et al.*, 2016).

**Tabel 1.** Persentase Nutrisi Ragam Pakan

Perlakuan	Komponen Nutrisi (%)				
	Karbohidrat	Protein	Lemak	Kadar Air	Kadar Abu
Kontrol	6,00	20,00	4,00	13,00	8,00
Sisa Nasi	11,84	3,97	2,62	53,40	0,16
Tulang Ikan Nila	4,47	9,81	40,52	13,46	18,69



**Tabel 2.** Persentase Nutrien Larva BSF Setelah Perlakuan

Perlakuan	Komponen Nutrien (%)				
	Karbohidrat	Protein	Lemak	Kadar Air	Kadar Abu
Kontrol	0,97	16,60	10,25	36,54	2,89
Sisa Nasi	3,37	36,95	15,64	46,88	0,73
Tulang Ikan Nila	3,84	19,38	4,94	42,20	1,79
Kombinasi	2,11	9,48	0,24	46,36	2,63

**Keterangan:** Hasil analisis One-Sample T Test komponen nutrien larva BSF menunjukkan nilai yang sama antar kelompok perlakuan (Sig. > 0,05).

Persentase karbohidrat pada tubuh larva BSF lebih tinggi pada perlakuan tulang ikan nila dan sisa nasi daripada perlakuan kombinasi dan kontrol. Hal tersebut disebabkan oleh larva BSF pada perlakuan tulang ikan nila dan sisa nasi masih aktif memakan pakannya guna menambah dan menyimpan energi untuk keperluan metamorfosis atau memasuki fase pupa. Sementara, pada perlakuan kontrol dan kombinasi, mayoritas karbohidrat dalam tubuh larva telah dikonversi menjadi lipid untuk menginisiasi proses metamorfosis pada fase pupa. Menurut Odden *et al.* (2022) dan Gold *et al.* (2020), larva BSF dapat mengonversi karbohidrat menjadi lipid ketika terjadi kelebihan asupan karbohidrat.

Perlakuan sisa nasi dan tulang ikan nila menghasilkan kadar protein yang lebih tinggi pada larva BSF daripada perlakuan kontrol dan kombinasi. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan “status” larva, yaitu larva pada perlakuan sisa nasi dan tulang ikan nila masih berupa larva yang aktif mendekomposisi pakannya sehingga kadar protein dalam tubuh larva tersebut dapat meningkat, sedangkan pada perlakuan kontrol dan kombinasi, larva telah menjadi prepupa yang sudah tidak makan. Menurut penelitian Liu *et al.* (2017), kandungan protein dalam tubuh larva BSF akan terus meningkat hingga mencapai *early* prepupa, selanjutnya akan terjadi penurunan pada *late* prepupa. Penurunan kadar protein pada fase prepupa disebabkan oleh

tidak adanya aktivitas makan oleh prepupa sehingga asupan protein terhenti (Wahyuni *et al.*, 2021). Disisi lain, terdapat konversi protein menjadi asam amino dalam tubuh larva untuk keperluan histogenesis selama menjadi pupa sehingga kadar protein pada prepupa akan berkurang (Ilan, 1964). Data persentase protein pada larva BSF perlakuan sisa nasi tercatat yang tertinggi (Tabel 2.), padahal kandungan protein pada pakan sisa nasi merupakan yang terendah (Tabel 1.). Adapun dibutuhkan penelitian mendalam terkait regulasi metabolisme nutrisi pada bagian pencernaan larva BSF atau bagaimana kaitan antara pakan tinggi karbohidrat dengan persentase kandungan protein yang tinggi pada larva. Menurut Le Gall & Behmer (2014) dan Steele (1952), belum ada informasi terkait pembentukan asam amino sebagai penyusun protein dari pemecahan molekul karbohidrat, sebab secara umum, pembentukan karbohidrat dapat berasal oleh asam amino melalui gluconeogenesis.

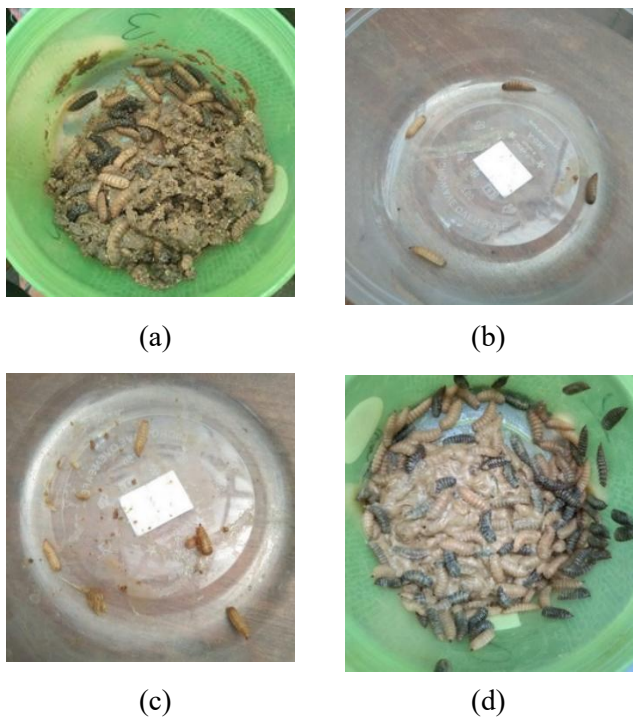
Kandungan lemak pada perlakuan sisa nasi didapati yang tertinggi daripada perlakuan lainnya. Hal

tersebut dikarenakan larva BSF pada perlakuan sisa nasi belum menjadi prepupa sehingga masih aktif memakan pakannya, serta lemak yang ada pada tubuh belum sepenuhnya digunakan. Berbeda dengan larva pada perlakuan kontrol dan kombinasi, kadar lemak yang lebih rendah tercatat pada kedua perlakuan tersebut, sebab pada fase prepupa terdapat proses disosiasi lemak maupun penggunaan lemak untuk keperluan metamorfosis karena lemak digunakan sebagai energi utama selama proses metamorfosis berlangsung (Oddon *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2017). Rendahnya kadar lemak pada larva BSF perlakuan tulang ikan nila disebabkan oleh kondisi pakan yang berminyak sehingga menyulitkan larva dalam mencerna, memetabolisme, dan memecah kelebihan kandungan lemak pada pakan (Nguyen *et al.*, 2013).

Larva BSF berpotensi untuk dijadikan sebagai pakan alternatif bagi ternak, baik itu untuk unggas maupun ikan. Data hasil proksimat larva pada Tabel 2. menunjukkan bahwa larva BSF pada perlakuan

tulang ikan nila dapat dijadikan sebagai pakan alternatif bagi unggas. Menurut Standar Nasional Indonesia (2015), pakan komersial unggas (ayam pedaging) yang optimal memiliki kandungan nutrisi meliputi protein kasar minimal 19%, lemak kasar maksimal 5%, kadar air maksimal 14%, dan kadar abu maksimal 8% (SNI 8173.3:2015).

Sedangkan, larva BSF pada perlakuan sisa nasi dapat dijadikan sebagai pakan alternatif bagi ikan. Menurut Standar Nasional Indonesia (2006), pakan komersial ikan (ikan lele dumbo) yang optimal memiliki kandungan nutrisi meliputi protein 20-35%, lemak 2-10%, kadar air < 12%, dan kadar abu < 12% (SNI 01-4087-2006).



**Gambar 3.** Larva BSF pada Seluruh Perlakuan Uji: kontrol (a); sisa nasi (b); tulang ikan nila (c); kombinasi (d)

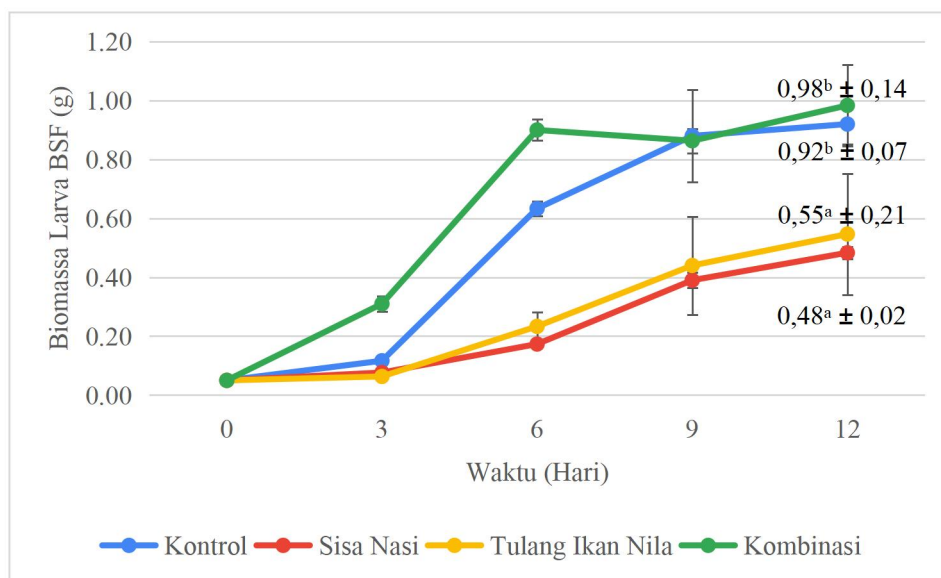
### **Biomassa Larva BSF**

Biomassa larva BSF didefinisikan sebagai berat/bobot larva yang didapat melalui konversi sampah organik menjadi protein dan lemak

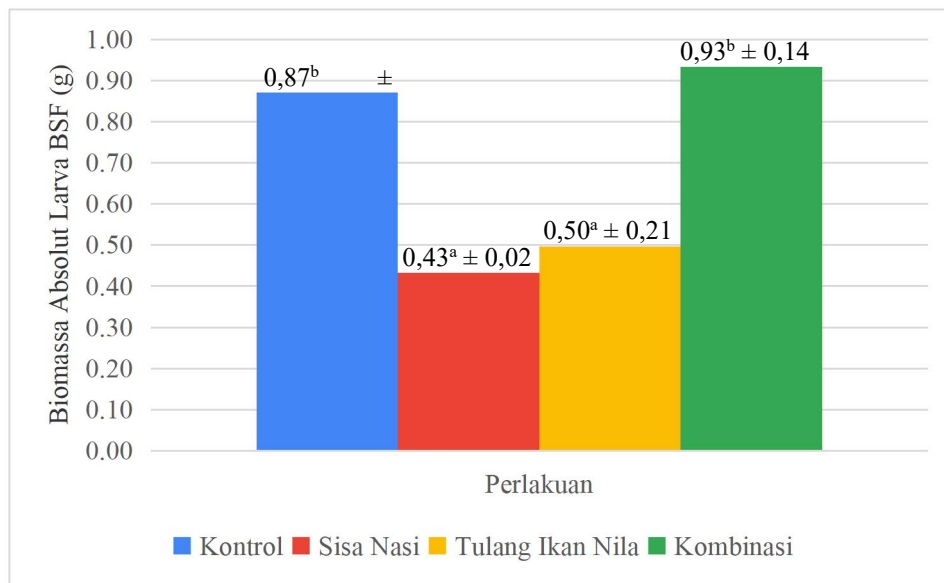
tubuh (Siddiqui *et al.*, 2022). Berdasarkan catatan data pada Gambar 4., diketahui bahwa larva BSF pada pakan kombinasi dan kontrol mempunyai biomassa yang

lebih besar dibandingkan pakan sisa nasi dan tulang ikan nila. Hal tersebut dibuktikan melalui Gambar 5., yakni penambahan biomassa larva BSF pada pakan kombinasi dan kontrol lebih tinggi dibandingkan pakan sisa nasi dan tulang ikan nila. Namun secara statistik melalui uji

lanjutan Duncan, biomassa akhir maupun pertambahan biomassa absolut larva BSF pada kelompok pakan kombinasi dan kontrol adalah sama atau tidak terdapat perbedaan secara signifikan, begitu juga pada kelompok pakan sisa nasi dan tulang ikan nila.



**Gambar 4.** Biomassa Larva BSF pada Perlakuan Pakan Kontrol, Sisa Nasi, Tulang Ikan Nila, dan Kombinasi selama 12 Hari. Persamaan nilai ditandai dengan adanya abjad *superscript* pada kelompok perlakuan.



**Gambar 5.** Penambahan Biomassa Larva BSF pada Perlakuan Pakan Kontrol, Sisa Nasi, Tulang Ikan Nila, dan Kombinasi selama 12 Hari. Persamaan nilai ditandai dengan adanya abjad *superscript* pada kelompok perlakuan.

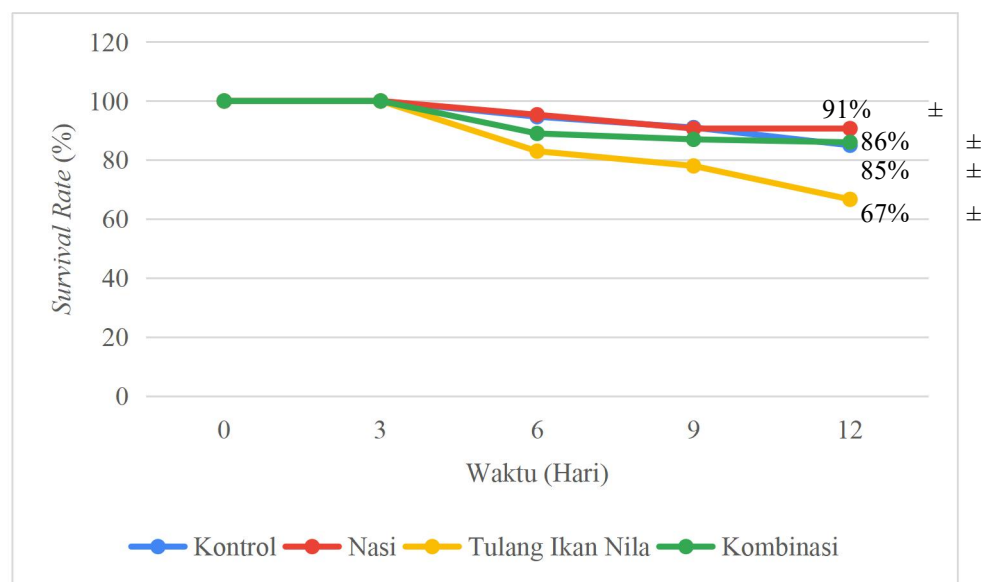
Perbedaan biomassa larva BSF pada setiap kelompok perlakuan disebabkan oleh adanya perbedaan kualitas dan nutrien yang terkandung pada pakan. Menurut Barragan-Fonseca (2018), biomassa larva BSF terbesar didapatkan ketika pakan mengandung tinggi karbohidrat dan protein, begitu juga sebaliknya. Adapun kondisi pakan juga berpengaruh terhadap biomassa larva BSF melalui frekuensi makan larva. Ketika pakan menjadi terlalu basah ataupun berminyak, maka frekuensi makan larva BSF akan menurun. Pakan yang terlalu basah (dalam hal ini terjadi pada pakan sisa nasi)

mengakibatkan larva berada dalam cekaman akibat tertutupnya jalur pernapasan larva oleh air pada pakan (jalur pernapasan larva BSF berada pada bagian anterior dan posterior tubuh) sehingga berdampak pada penurunan frekuensi makan larva yang berujung pada kecilnya biomassa tubuh larva (Lalander *et al.*, 2020). Sementara, pakan yang terlalu berminyak (dalam hal ini terjadi pada pakan tulang ikan nila) mengakibatkan larva kesulitan dalam mencerna, memetabolisme, dan memecah kelebihan kandungan lemak pada pakan sehingga berujung pada penurunan frekuensi makan larva (Nguyen *et al.*, 2013).

### ***Survival Rate***

Persentase kehidupan larva BSF didefinisikan sebagai banyaknya larva yang dapat bertahan hidup selama 12 hari penelitian apabila dibandingkan dengan jumlah awal larva BSF. Berdasarkan catatan *survival rate* pada Gambar 6., diketahui bahwa terjadi penurunan persentase kehidupan larva BSF yang

dimulai dari hari ke-6 hingga akhir penelitian. Hasil analisis persentase *survival rate* larva BSF pada seluruh kelompok perlakuan melalui uji Kruskal-Wallis H menunjukkan nilai Asymp. Sig. > 0,05 sehingga dapat diartikan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase kehidupan larva BSF untuk seluruh kelompok perlakuan.



**Gambar 6.** Persentase Kehidupan Larva BSF pada Perlakuan Pakan Kontrol, Sisa Nasi, Tulang Ikan Nila, dan Kombinasi selama 12 Hari.

Penurunan persentase kehidupan larva yang terjadi pada seluruh perlakuan disebabkan oleh tingginya kepadatan larva BSF pada wadah pemeliharaan, walaupun jumlah larva BSF pada setiap wadah telah disesuaikan berdasarkan pernyataan

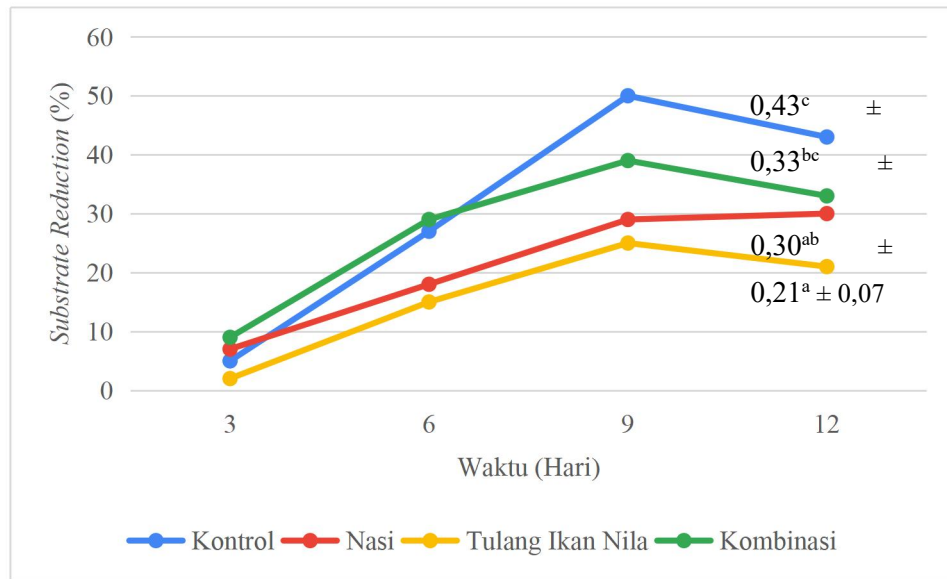
Kim *et al.* (2021), yaitu 1-2 larva/g substrat. Pertimbangan antara jumlah larva BSF dalam wadah pemeliharaan harus diperhatikan, sebab akan berdampak pada kepadatan larva. Kepadatan optimum larva BSF dalam satu wadah

diperkirakan sebesar 1,4 larva/cm<sup>2</sup> (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017). Apabila mengacu pada perkiraan tersebut, maka untuk wadah pemeliharaan yang digunakan (12 cm x 8 cm) optimalnya dapat memuat sebanyak 134 larva, namun jumlah larva yang digunakan adalah sebanyak 150 larva sehingga penurunan kuantitas larva selama pemeliharaan dimungkinkan terjadi sebab adanya kompetisi dalam koloni larva tersebut (Kim *et al.*, 2021). Penurunan kuantitas larva pada perlakuan tulang ikan nila tercatat merupakan yang tertinggi hingga akhir penelitian. Hal tersebut terjadi karena ukuran pakan yang cukup besar sehingga mengakibatkan adanya gangguan terkait suplai oksigen. Ukuran pakan yang besar menyebabkan lapisan pada pakan semakin tebal sehingga berdampak pada minimnya aerasi udara serta mengakibatkan larva BSF kesulitan untuk bergerak ke permukaan pakan untuk mendapat suplai oksigen (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017;

Makkar *et al.*, 2014). Padahal, menurut Dortmans *et al.* (2017), pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva BSF didasari oleh kecukupan oksigen yang didapat.

### ***Substrate Reduction***

Penurunan kuantitas pakan diartikan sebagai jumlah pengurangan total pakan oleh larva BSF dari banyaknya pakan yang tersedia. Berdasarkan catatan nilai *substrate reduction* pada Gambar 7., diketahui bahwa kemampuan larva BSF dalam mereduksi pakan didapati tertinggi pada perlakuan kontrol dan terendah pada perlakuan tulang ikan nila. Secara garis besar, banyaknya kuantitas pengurangan pakan menurun pada hari ke-12. Hasil analisis dengan uji lanjutan Duncan pada hari ke-12 (Gambar 7.) menunjukkan bahwa rata-rata pengurangan kuantitas pakan kurang lebih sama pada kelompok perlakuan kontrol dan kombinasi, kombinasi dan sisa nasi, serta sisa nasi dan tulang ikan nila.



**Gambar 7.** Penurunan Kuantitas Pakan oleh Larva BSF pada Perlakuan Pakan Kontrol, Sisa Nasi, Tulang Ikan Nila, dan Kombinasi selama 12 Hari. Persamaan nilai ditandai dengan adanya abjad *superscript* pada kelompok perlakuan

Pengurangan kuantitas pakan disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya kondisi pakan, palatabilitas larva terhadap substrat, “status” atau fase larva, dan tingkat mortalitas larva. Dari segi kondisi pakan, tekstur halus pada pakan lebih disukai oleh larva, sebab dapat memudahkan larva dalam penyerapan nutrisi. Ketebalan lapisan pakan juga harus diperhatikan karena pakan yang terlalu tebal dapat menyulitkan aerasi udara dan pergerakan larva sehingga berujung pada penurunan kemampuan reduksi pakan tersebut oleh larva (Dortmans *et al.*, 2017). Pakan yang terlalu basah ataupun berminyak dapat

menyebabkan penurunan asupan makan larva sehingga mengakibatkan rendahnya pengurangan kuantitas pakan oleh larva. Menurut Kalová & Borkovcová (2013) dan Nguyen *et al.* (2013), pakan yang berair atau basah dapat memperlambat pertumbuhan larva BSF akibat penurunan kemampuan makan larva, sementara pakan yang berminyak dapat menyulitkan larva dalam mencerna dan memetabolisme pakannya.

Palatabilitas didefinisikan sebagai tingkat kesukaan larva terhadap substrat/pakannya. Menurut Barragan-Fonseca (2018), larva BSF



lebih menyukai pakan dengan tinggi kandungan lemak sebab lemak tersebut yang akan digunakan dalam menginisiasi proses pertumbuhan larva hingga menjadi imago, tetapi pakan dengan variasi kandungan nutrisi juga disukai oleh larva untuk memfasilitasi pertumbuhan dan peningkatan biomassa daripada pakan dengan tinggi kandungan protein saja.

Adapun “status” atau fase larva berdampak pada besaran pengurangan kuantitas pakan. Menurut Wahyuni *et al.* (2021), larva BSF yang telah menjadi prepupa sudah tidak mengonsumsi pakannya, sebab kebutuhan nutrisi dalam tubuhnya telah tercukupi untuk memasuki fase pupa. Berdasarkan catatan besaran pengurangan kuantitas pakan pada Gambar 7., diketahui bahwa pengurangan tertinggi didapati pada hari ke-9 untuk seluruh perlakuan dan terjadi penurunan pengurangan kuantitas pakan pada hari ke-12 (kecuali pada perlakuan sisa nasi). Hal tersebut disebabkan oleh “status” larva BSF pada perlakuan kontrol dan kombinasi yang mayoritas telah

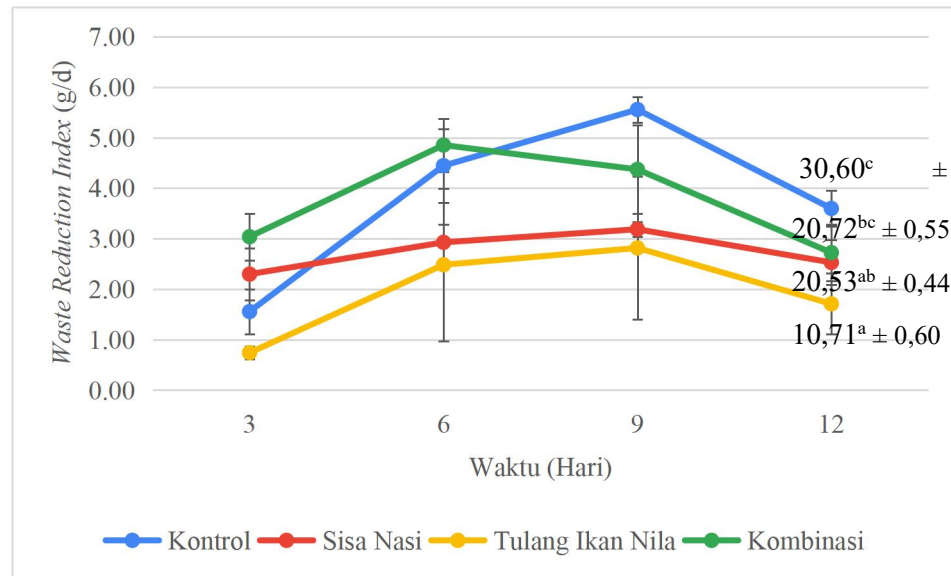
menjadi prepupa sehingga tingkat pengurangan kuantitas pakan menurun (Gambar 3.). Sementara, pada perlakuan sisa nasi masih terjadi peningkatan kuantitas pengurangan pakan karena larva BSF pada perlakuan tersebut masih aktif mendekomposisi pakannya. Disisi lain, pada perlakuan tulang ikan nila, didapati penurunan kuantitas pengurangan pakan pada hari ke-12, padahal larva BSF pada perlakuan tersebut belum sepenuhnya menjadi prepupa. Hal tersebut terjadi karena tingkat mortalitas larva pada perlakuan tersebut cukup tinggi sehingga berdampak pada penurunan kuantitas pengurangan pakan.

### ***Waste Reduction Index***

Nilai *Waste Reduction Index* (WRI) menjelaskan banyaknya substrat yang tereduksi dalam satuan waktu tertentu. Nilai WRI berbanding lurus dengan tingkat kemampuan larva BSF dalam mereduksi kuantitas substrat (Jucker *et al.*, 2020). Berdasarkan catatan nilai WRI pada Gambar 8., diketahui bahwa nilai WRI terbesar didapatkan pada perlakuan kontrol dan terkecil pada perlakuan tulang ikan nila.

Hasil analisis dengan uji lanjutan Duncan pada hari ke-12 (Gambar 8.) menunjukkan bahwa secara statistik, terdapat nilai rata-rata WRI yang

kurang lebih sama pada kelompok perlakuan kontrol dan kombinasi, kombinasi dan sisa nasi, serta sisa nasi dan tulang ikan nila.



**Gambar 8.** Nilai *Waste Reduction Index* oleh Larva BSF pada Perlakuan Pakan Kontrol, Sisa Nasi, Tulang Ikan Nila, dan Kombinasi selama 12 Hari. Persamaan nilai ditandai dengan adanya abjad *superscript* pada kelompok perlakuan.

Nilai WRI dapat mengalami penurunan seperti pada hasil penelitian yang terlihat menurun pada hari ke-12 (Gambar 8.). Hal tersebut terjadi karena ada kalanya, larva BSF mencapai titik jenuh dalam mendekomposisi pakannya sehingga kemampuan reduksi pakan oleh larva menurun akibat kuantitas pakan terlalu banyak (Hakim *et al.*, 2017). Penurunan nilai WRI juga

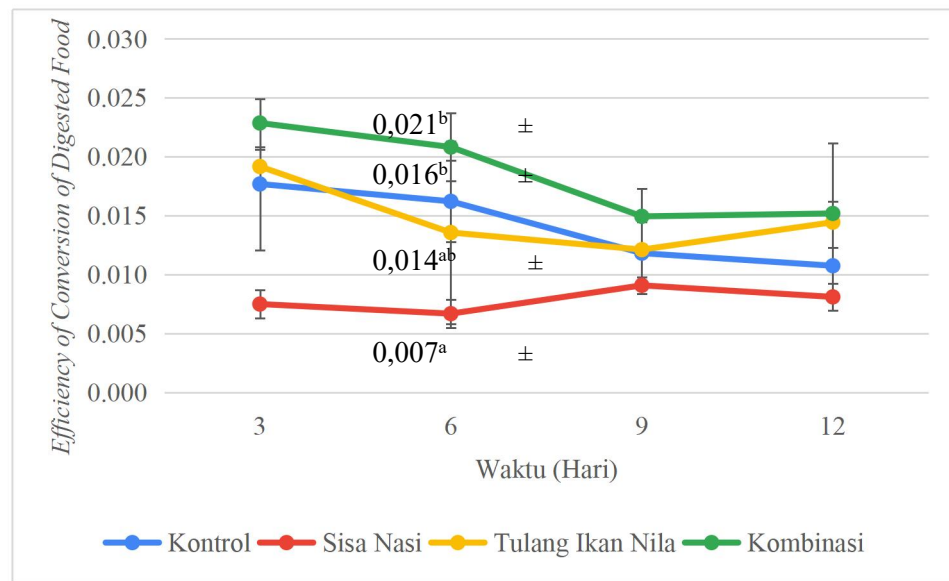
dapat disebabkan oleh “status” larva yang mayoritas telah menjadi prepupa sehingga banyaknya larva yang mendekomposisi pakan pun berkurang. Prepupa merupakan fase pertumbuhan larva yang sudah tidak makan, tetapi bersiap untuk berubah menjadi pupa dengan cara menjauhi pakannya (Amrul *et al.*, 2022; Wahyuni *et al.* 2021). Adapun kondisi pakan yang optimal dibutuhkan bagi larva untuk dapat

mendekomposisi pakan tanpa ada hambatan dari pakannya. Kondisi pakan yang kurang sesuai dapat berdampak pada rendahnya nilai WRI akibat sulitnya larva dalam mengonsumsi pakannya, seperti pada perlakuan sisa nasi (berair) dan tulang ikan nila (berminyak) (Kalová & Borkovcová, 2013; Nguyen *et al.*, 2013). Disisi lain, penyebab penurunan nilai WRI pada hari ke-12 untuk perlakuan sisa nasi dan tulang ikan nila (padahal larva pada kedua perlakuan tersebut belum menjadi prepupa) dikarenakan adanya penambahan pakan pada hari ke-9 sehingga menyebabkan pakan menjadi sedikit lebih tebal dan menghambat aerasi udara ke dalam pakan yang berujung pada kematian larva.

### ***Efficiency of Conversion of Digested Food***

*Efficiency of conversion of digested food* didefinisikan sebagai tingkat efisiensi konversi nutrien

pakan yang telah dikonsumsi menjadi biomassa tubuh larva BSF (Jucker *et al.*, 2020). Berdasarkan catatan nilai ECD pada Gambar 9., diketahui bahwa nilai ECD cenderung mengalami penurunan seiring pertumbuhan larva BSF. Secara garis besar, nilai ECD terbesar didapatkan pada perlakuan kombinasi dan terkecil pada perlakuan sisa nasi. Hasil analisis One-Way ANOVA pada hari ke-9 dan 12 menunjukkan nilai Sig. > 0,05 sehingga dapat diartikan bahwa nilai ECD untuk seluruh kelompok perlakuan didapatkan kurang lebih sama, namun terdapat perbedaan yang signifikan pada hari ke-3 dan 6. Hasil analisis dengan uji lanjutan Duncan pada hari ke-6 (Gambar 9.) menunjukkan bahwa secara statistik, terdapat nilai rata-rata ECD yang kurang lebih sama pada kelompok perlakuan kombinasi, kontrol, dan tulang ikan nila serta sisa nasi dan tulang ikan nila.



**Gambar 9.** Nilai *Efficiency of Conversion of Digested Food* Larva BSF pada Perlakuan Pakan Kontrol, Sisa Nasi, Tulang Ikan Nila, dan Kombinasi selama 12 Hari. Persamaan nilai ditandai dengan adanya abjad *superscript* pada kelompok perlakuan.

Nilai ECD berbanding terbalik dengan tingkat pertumbuhan larva BSF, sebab kebutuhan larva akan nutrisi pada pakan lebih besar di awal pertumbuhan atau pada instar awal dan menurun seiring pertumbuhan larva (Oddon *et al.*, 2022). Penurunan nilai ECD disebabkan oleh ketersediaan nutrisi pada pakan yang mengalami penurunan apabila substrat terdekomposisi oleh dekomposer lain sehingga asupan nutrisi oleh larva BSF juga berkurang. Menurut Barzee *et al.* (2021), dekomposer berupa jamur dapat menyerap nutrisi pada substrat melalui hifa sehingga ketersediaan nutrisi bagi larva BSF akan mengalami penurunan. Adapun kondisi

pakan juga berdampak pada nilai ECD, yakni ketika pakan berair, maka akan menyulitkan larva dalam mengonsumsi pakan sehingga asupan nutrisi oleh larva menjadi kecil dan konversi nutrisi tersebut menjadi biomassa tubuhnya juga menurun. Substrat yang berair menyebabkan larva berada pada cekaman, sebab larva akan kesulitan untuk bernapas akibat jalur pernapasannya tertutup sehingga secara tidak langsung berdampak pada penurunan asupan makan larva (Lalander *et al.*, 2020). Sementara, peningkatan nilai ECD pada perlakuan tulang ikan nila hari ke-12 disebabkan oleh adanya penambahan pakan pada hari ke-9 sehingga kuantitas nutrisi pakan meningkat dan pakan mengalami

pembaruan. Karena larva BSF pada perlakuan tulang ikan nila belum memasuki fase prepupa, maka larva akan secara aktif mendekomposisi pakannya dan mengonversinya menjadi biomassa tubuh.

### SIMPULAN

Perlakuan kombinasi antara sisa nasi dan tulang ikan nila (50:50) merupakan jenis pakan terbaik dalam mendukung pertumbuhan larva BSF, sedangkan perlakuan pakan tunggal dinilai kurang tepat bagi pertumbuhan larva BSF.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aldi, M., Fathul, F., Tantalo, S., & Erwanto. (2018). Pengaruh Berbagai Media Tumbuh terhadap Kandungan Air, Protein dan Lemak Maggot yang Dihasilkan sebagai Pakan. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 2(2), 14-20.
- Amrul, N. F., Ahmad, I. K., Basri, N. E., Suja, F., Jalil, N. A., & Azman, N. A. (2022). A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 14(8), 4565.
- Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*, 12(11), 4456.
- Bangani, L., Kabiti, H., Amoo, O., Nakin, M., & Magayiyana, Z. (2023). Impacts of illegal solid waste dumping on the water quality of the Mthatha River. *Water Practice & Technology*, 1-11.
- Barragan-Fonseca, K. (2018). *Flies are what they eat: Tailoring nutrition of Black Soldier Fly (Hermetia illucens L.) for larval biomass production and fitness*. Wageningen: Wageningen University.
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. (2017). *Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide*. Dübendorf: Eawag - Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- Gold, M., Cassar, C., Zurbrügg, C., Kreuzer, M., Boulos, S., Diener, S., & Mathys, A. (2020). Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, 102, 319-329.
- Hakim, A. R., Prasetya, A., & Petrus, H. T. (2017). Studi Laju Umpan pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna Menggunakan Larva *Hermetia illucens*. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 12(2), 179-192.
- Hartati, Chamila, A., Syamsiah, Jumadi, O., Kurnia, N., Junda, M., . . . Harianto, F. (2022). Pengaruh Formulasi Pakan Terhadap Kandungan Nutrisi Larva Black Soldier Fly (BSF)

- Hermetia illucens*. *Jurnal Sainsmat*, *XI(2)*, 144-153.
- Holeh, G., Opiyo, M., Brown, C., Sumbule, E., Gatagwu, J., Oje, E., & Munyi, F. (2022). Effect of different waste substrates on the growth, development and proximate composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Livestock Research for Rural Development*, *34(7)*, 1-11.
- Ilan, J. (1964). *Metabolism of Protein and Nucleic Acids During the Metamorphosis of Tenebrio Molitor*. L. Montreal: McGill University.
- Jucker, C., Lupi, D., Moore, C., Leonardi, M., & Savoldelli, S. (2020). Nutrient Recapture from Insect Farm Waste: Bioconversion with *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Sustainability*, *12(1)*, 362.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. Retrieved from [sipsn.menlhk.go.id](https://sipsn.menlhk.go.id): <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Khairuddin, D., Ghafar, S., & Hassan, S. (2022). Food waste type and moisture content influence on the *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development and Survival. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* *1022* (pp. 1-8). Bristol: IOP Publishing.
- Kim, C.-H., Ryu, J., Lee, J., Ko, K., Lee, J.-y., Park, K. Y., & Chung, H. (2021). Use of Black Soldier Fly Larvae for Food Waste Treatment and Energy Production in Asian Countries: A Review. *Processes*, *9(1)*, 161.
- Lalander, C., Ermolaev, E., Wiklicky, V., & Vinnerås, B. (2020). Process efficiency and ventilation requirement in black soldier fly larvae composting of substrates with high water content. *Science of The Total Environment*, *729*, 138968.
- Le Gall, M., & Behmer, S. (2014). Effects of Protein and Carbohydrate on an Insect Herbivore: The Vista from a Fitness Landscape. *Integrative and Comparative Biology*, *54(5)*, 942–954.
- Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., ur Rehman, K., Li, W., . . . Zheng, L. (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLoS ONE*, *12(8)*, e0182601.
- Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, *197(38)*, 1-33.
- Monteiro dos Santos, D., Rodrigues de Freitas, O., Oishi, C., Leão da Fonseca, F., Parisi, G., & Gonçalves, L. (2023). Full-Fat Black Soldier Fly Larvae Meal in Diet for Tambaqui, *Colossoma macropomum*: Digestibility, Growth Performance and Economic Analysis of Feeds. *Animals*, *13(3)*, 360.
- Mulyani, Y. S., Yulisman, & Fitriani, M. (2014). Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dipuaskan secara Periodik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, *2(1)*, 1-12.
- Nguyen, T., Tomberlin, J., & Vanlaerhoven, S. (2013). Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera:

- Stratiomyidae) Larval Development. *Journal of Medical Entomology*, 50(4), 898–906.
- Oddon, S., Biasato, I., Resconi, A., & Gasco, L. (2022). Determination of lipid requirements in black soldier fly through semi-purified diets. *Scientific Reports*, 12, 10922.
- Oliveira, F., Doelle, K., List, R., & O'Reilly, J. (2015). Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(5), 147-152.
- Pansuk, J., Junpen, A., & Garivait, S. (2018). Assessment of Air Pollution from Household Solid Waste Open Burning in Thailand. *Sustainability*, 10(7), 2553.
- Pliantiangtam, N., Chundang, P., & Kovitvadhi, A. (2021). Growth Performance, Waste Reduction Efficiency and Nutritional Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Prepupae Reared on Coconut Endosperm and Soybean Curd Residue with or without Supplementation. *Insects*, 12(8), 682.
- Prameswari, G. (2018). Promosi Gizi terhadap Sikap Gemar Makan Ikan pada Anak Usia Sekolah. *Journal of Health Education*, 3(1), 1-6.
- Ribeiro, N., Costa, R., & Ameixa, O. M. (2022). The Influence of Non-Optimal Rearing Conditions and Substrates on the Performance of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Insects*, 13(7), 639.
- Saputra, D. A., Setiawan, A., Wahono, E. P., & Winarno, G. (2020). Dampak Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir terhadap Kondisi Lingkungan dan Sosial di Masyarakat (Studi Kasus Desa Karang Rejo Kota Metro Lampung). *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 20(2), 79-87.
- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Yuwono, N. W., Nisa, K., . . . Nagdalian, A. (2022). Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management*, 140, 1-13.
- Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Obyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., . . . De Smet, S. (2016). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 2594–2600.
- Sriharti, Andrianto, M., & Fahriansyah. (2018). Production of Biogas from Organic Waste and its Utilization as an Alternative Energy Source. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 3(3), 763-769.
- Sriyundiyati, N. P., Supriadi, & Nuryanti, S. (2013). Pemanfaatan Nasi Basi sebagai Pupuk Organik Cair dan Aplikasinya untuk Pemupukan Tanaman Bunga Kertas Orange (*Bougainvillea spectabilis*). *Jurnal Akademika Kimia*, 2(4), 187-195.
- Standar Nasional Indonesia. (2006). *Pakan Buatan Untuk Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus) pada Budidaya Intensif*. Jakarta: Badan Standarlisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2015). *Pakan Ayam Ras Pedaging (broiler) -*

*Bagian 3: masa akhir (finisher).*  
Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Steele, R. (1952). The Formation of Amino Acids from Carbohydrate Carbon in the Mouse. *Journal of Biological Chemistry*, 198(1), 237-244.
- Suryani, N., Abdurrachim, R., & Alindah, N. (2016). Analisis Kandungan Karbohidrat, Serat Dan Indeks Glikemik Pada Hasil Olahan Beras Siam Unus Sebagai Alternatif Makanan Selingan Penderita Diabetes Mellitus. *Jurkessia*, 7(1), 1-9.
- van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations .
- Wahyuni, Dewi, R. K., Ardiansyah, F., & Fadhlil, R. C. (2021). *Maggot BSF - Kualitas Fisik dan Kimianya*. Lamongan: LITBANG PEMAS UNISLA.
- Woodley, N. (2001). *A world catalog of the Stratiomyidae (Insecta: Diptera)*. Washington: North American Dipterists' Society.
- Yuriandala, Y., Putra, H. P., Ilmira, H. A., & Putri, R. M. (2020). Pemanfaatan Sampah Organik (Kelapa Muda, Tulang Ikan Dan Limbah Udang) di Kawasan Pantai Glagah Kulon Progo Yogyakarta. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan*, 4(1), 32-41.
- Yuwono, A. S., & Mentari, P. D. (2018). *Penggunaan Larva (Maggot) Black Soldier Fly (BSF) dalam Pengolahan Limbah Organik*. Bogor: SEAMEO BIOTROP.