

JURNAL METAMORFOSA
Journal of Biological Sciences
ISSN: 2302-5697
<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>

Karakteristik Telur, Daya Tetas, Pertumbuhan Larva *Hermetia illucens*, Sintasan Larva Selama Pemeliharaan.

Eggs Characteristics, Hatching Rate, Growth, Survival of *Hermetia illucens* Larvae During Reared

Eko Setiyono^{1*}, Eko Setio Wibowo¹, Sri Sukmaningrum¹, Sugiharto¹, Atang¹, Trisno Haryanto¹

¹⁾ Program studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jalan dr. Suparno 63 Grendeng, Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122 Alamat Instansi

*Email: eko.setiyono@unsoed.ac.id

INTISARI

Larva black soldier fly/BSF (*Hermetia illucens*) atau yang dikenal sebagai maggot berpotensi digunakan sebagai pakan ikan berprotein tinggi. Sejauh ini maggot telah banyak diaplikasikan sebagai pakan ikan baik dalam bentuk segar, tepung, pelet maupun mikrokapsul. Namun, sampai saat belum ada evaluasi telur maggot yang baik untuk digunakan, daya tetas telur, dan perkembangan maggot yang dipelihara untuk mempertahankan kandungan nutrisinya. Tujuan penelitian adalah memperoleh informasi tentang karakteristik telur, daya tetas dan pertumbuhan Larva *H. illucens*. Penelitian dilakukan dengan metode survei observasional. Pengamatan dilakukan terhadap model pemeliharaan yang diberikan. Aspek pemeliharaan diperhatikan meliputi pemilihan telur, inkubasi, perawatan larva, dan pasca panen. Hasil penelitian diperoleh karakter telur meliputi warna telur yang terdiri dari warna putih (telur usia 0 jam oviposisi), warna kuning (telur usia 6 jam setelah oviposisi), warna kuning keemasan (usia 24 jam setelah oviposisi), dan warna coklat (usai 48 jam telur oviposisi), rata-rata panjang per butir telur 1 mm, rata-rata bobot per butir telur 2,82 µg, rata-rata jumlah telur per gram 35350 butir. Daya tetas telur BSF adalah 98,6 ± 1,09% dan sintasan larva selama delapan hari pemeliharaan 95,65±1,08%. Bobot tubuh per ekor pada usia delapan hari (fase instar 6) adalah 120 mg. Kesimpulan dari penelitian ini adalah karakter warna telur menunjukkan usia perkembangan yang berbeda dan dengan pemeliharaan yang baik mampu mempertahankan daya tetas telur, sintasan larva dan perkembangan sampai instar enam.

Kata kunci: Daya tetas telur, *Hermetia illucens*, karakteristik telur, pertumbuhan maggot

ABSTRACT

Hermetia illucens larvae, also known as ‘maggot’, have the potential to be used as high-protein fish food. So far maggots have been widely applied as fish food in the form of fresh, flour, pellets, and microcapsules. However, until now there has been no evaluation of the characteristics of maggot eggs that are good for use, egg hatchability, and larval survival during rearing. The aim of the research was to obtain information about egg characteristics, hatching rate, survival, and growth of *Hermetia illucens* larvae. The research was conducted using an observational survey method. Observations were made on the maintenance model provided. Maintenance aspects taken into account include egg selection, incubation, and larval rearing. The results of the research obtained that egg characters include egg color which consists of white (eggs aged 0 hours after oviposition), yellow (eggs aged 6 hours after oviposition), golden yellow (aged 24 hours after oviposition), and brown (after 48 hours oviposition).

eggs), average length per egg 1 mm, average weight per egg 2.82 μ g, average number of eggs per gram 35350 eggs. The hatchability of BSF eggs was $98.6 \pm 1.09\%$ and larval survival during eight days of rearing was $95.65 \pm 1.08\%$. Body weight per animal at eight days of age (6th instar phase) is 120 mg. The conclusion of this research is that egg color characters show different developmental ages and with good maintenance, they are able to maintain egg hatchability, survival of larvae, and development up to the sixth instar.

Keyword: Hatching rate, *Hermetia illucens*, egg characteristics, survival

PENDAHULUAN

Siklus hidup black soldier fly/BSF (*Hermetia illucens*) dapat dibagi menjadi empat fase: tahap telur, larva, pupa, dan dewasa (Tomberlin *et al.*, 2002a; Li *et al.*, 2011). Fase larva *H. illucens* atau yang dikenal sebagai maggot berpotensi sebagai pakan ikan berprotein tinggi (Bosch *et al.*, 2014). Sejauh ini maggot telah banyak diaplikasikan sebagai pakan ikan (St-Hilaire *et al.*, 2007; Yu *et al.*, 2009; Makkar *et al.*, 2014; Fahmi *et al.*, 2015) baik dalam bentuk segar (Sepang *et al.*, 2021), tepung (Indriawati *et al.*, 2021), pelet maupun mikrokapsul (Prasetyo *et al.*, 2020). Larva dari BSF ini tidak menyebarkan bibit penyakit, seperti kelompok *Musca* sp yang banyak ditemukan dipasar-pasar tradisional (Trianto *et al.*, 2020). Fase larva merupakan fase dimana performa pertumbuhan meningkat tajam pada tahap larva (sampai usia 14 hari) dan akan mulai menurun saat memasuki tahap pre-pupa dan hal tersebut juga berpengaruh terhadap biomassa yang dihasilkan (Liu *et al.*, 2017).

Pertumbuhan larva *Hermetia illucens* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah substrate (Rehman *et al.* 2017a; Jiang *et al.* 2019), lingkungan abiotik misal cahaya dan kelembapan (Kim *et al.*, 2021; Salam *et al.*, 2022), dan kepadatan populasi (Tomberlin *et al.*, 2002b; Diener *et al.*, 2009; Barragan-Fonseca *et al.*, 2018). Saat ini sampah masih menjadi masalah yang belum terselesaikan (Febriyanti *et al.*, 2017), dengan adanya larva BSF dapat digunakan sebagai salah satu Solusi. Larva BSF merupakan serangga pengkonsumsi rakus dari substrat limbah organik, termasuk buah-buahan yang membusuk, limbah sayuran, kotoran hewan, dan sampah organik perkotaan (Li *et al.*, 2011; Salomone *et al.*, 2017; Rehman *et al.*, 2017b). Substrat tersebut digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan siklus hidup BSF.

Pertumbuhan larva selain dipengaruhi substrat juga dipengaruhi oleh populasi larva yang berhasil menetas dalam substrat materi organik (Tomberlin *et al.*, 2002a). Daya tetas merupakan salah satu parameter terhadap keberhasilan budidaya BSF, untuk mengetahui daya tetas telur maka jumlah telur yang diinkubasi harus dihitung dan karakteristik telur harus diidentifikasi untuk mengetahui tahapan perkembangan yang sama. Namun, sampai saat belum ada evaluasi karakterisasi telur maggot yang dapat digunakan secara seragam, daya tetas telur, dan pertumbuhan maggot dan sintasan larva selama periode pemeliharaan. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang pertumbuhan larva *H. illucens* pada tahap instar tertentu yang akan digunakan sebagai pakan ikan atau ternak.

BAHAN DAN METODE

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva *black soldier fly*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2023 – Oktober 2023 di laboratorium percobaan Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei observasional dengan teknik pengambilan sampel secara purposif sampling. Jumlah telur yang diinkubasi sebanyak 100 butir dan diulang sebanyak 13 kali sehingga diperlukan telur BSF sebanyak 1300. Data diambil setiap hari sekali sampai delapan hari. Parameter yang diamati adalah karakteristik telur, daya tetas telur, pertumbuhan larva dan sintasan larva. Parameter pendukung adalah temperatur dan kelembapan menggunakan thermo-hygrometer.

Pemeliharaan Larva *Black Soldier Fly*

Telur *Black Soldier Fly* diidentifikasi terlebih dahulu sesuai dengan perkembangan telur. Telur dengan perkembangan yang sama digunakan sebagai materi untuk inkubasi. Hal tersebut dilakukan agar telur yang menetas memiliki perkembangan yang sama dan serentak. Sebanyak 1300 butir telur diinkubasi ke dalam 13 box plastik dengan ukuran 32 x 15 x 11 cm. sebelum diinkubasi telur dihitung terlebih dahulu untuk menentukan jumlah telur per gram dan menentukan jumlah pakan yang diberikan.

Telur BSF diinkubasi dengan media menggunakan campuran ampas tahu dan pellet yang dihancurkan. Selama kurang lebih 3-4 hari telur yang diinkubasi menetas. Telur yang menetas dihitung untuk menentukan daya tetas telur dan dipelihara menggunakan media pakan ayam (kandungan protein kasar 17,25% dan lemak kasar 8,12%) sebagai nutrisi larva. Pakan yang diberikan sebanyak 200 mg/ind/hari (Haryanto dan Setiyono, 2021). Larva dipelihara selama 8 hari atau saat larva sudah mencapai perkembangan instar 6. Selama pemeliharaan larva dilakukan pengukuran bobot tubuh per individu mulai dari hari ke tiga sampai hari ke delapan. Bobot larva diukur dengan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,001 gram.

Pemanenan Larva *Black Soldier Fly*

Pemanenan larva dilakukan pada tahap instar empat, lima, dan enam. Evaluasi perkembangan instar mengikuti ukuran standar perkembangan lebar kapsul yang dilakukan oleh Kim *et al.*, (2010) dan Fatmaningtyas *et al.*, (2022). Instar empat dipanen jika hasil pengukuran lebar kapsul $0,6 \pm 0,08$ mm, instar lima dan enam jika lebar kapsul sudah mencapai masing-masing $0,9 \pm 0,06$ mm dan $1,1 \pm 0,05$ mm. Jumlah larva yang masih hidup setiap box dihitung untuk mengetahui sintasan atau *survival rate* larva selama pemeliharaan. Selanjutnya, biomassa larva hasil panen ditimbang untuk menentukan banyaknya produksi larva per tiap tahapan instar.

Analisis Data

Data dengan parameter karakter telur BSF, pertumbuhan larva, sintasan larva dan parameter pendukung dianalisis secara diskripsi.

HASIL

Identifikasi perkembangan telur BSF

Identifikasi perkembangan telur BSF dilakukan dengan pengamatan perubahan warna telur atau *yolk* dari awal telur dikeluarkan dari saluran reproduksi betina (di oviposisikan) sampai terjadi perubahan warna. Hasil identifikasi perkembangan telur disajikan pada Tabel 1 dan secara visual terlihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Identifikasi perkembangan telur BSF

Warna telur	Usia Telur
Warna putih	0 jam setelah oviposisi
Warna kuning	6 jam setelah oviposisi
Warna kuning keemasan	24 jam setelah oviposisi
Warna coklat	48 jam setelah oviposisi



Gambar 1. Warna telur BSF. Keterangan. a. telur warna putih, b. telur warna kuning, c. telur warna kuning keemasan, d. telur warna coklat.

Performa telur BSF, daya tetas telur, sintasan larva

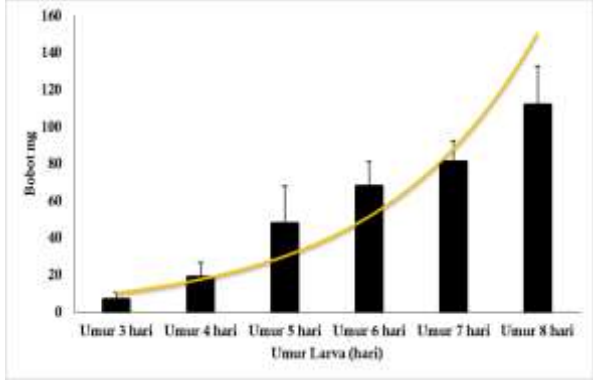
Telur berwarna putih dipilih untuk diinkubasi karena merupakan telur dengan umur 0 jam dari oviposisi induk betina (Setiyono *et al.*, 2023). Telur diinkubasi di media pakan berupa ransum ayam usia DOC (*Day old chicken*). Penggunaan ransum tersebut dimaksudkan untuk menjaga stabilitas nutrisi pakan larva yang telah menetas. Sebelum telur diinkubasi maka diukur panjang dan bobot telur (Tabel 2).

Tabel 2. Performa telur BSF dan sintasan larva

Parameter	Satuan
Rata-rata panjang per butir telur	1 mm
Rata-rata bobot per butir telur	2,82 µg
Rata-rata jumlah telur per gram	35350 butir
Daya tetas telur	98,6 ± 1,09
Sintasan larva	95,65±1,08%.

Pertumbuhan bobot tubuh larva

Bobot tubuh yang dihasilkan selama delapan hari pemeliharaan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pertumbuhan bobot tubuh larva BSF selama 8 hari

Selama delapan hari pemeliharaan terlihat bobot tubuh larva yang semakin meningkat dan pada hari kedelapan telah memasuki pase instar 6, bobot tubuh larva mencapai 120 mg per ekor. Pemeliharaan larva yang dilakukan di stasiun percobaan dipantau temperatur dan kelembapan. Hasil dua parameter tersebut tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Lingkungan Pemeliharaan

Parameter	Satuan
Temperatur	29-30°C
Kelembapan	64,16 ± 80,01 %

PEMBAHASAN

Telur *H. illucens* merupakan telur dengan tipe *centrolechital*. Telur ini memiliki yolk (cadangan makanan) terkonsentrasi di tengah-tengah sel telur, di sekitar nukleus, sedangkan sitoplasma yang kaya dengan organel dan struktur sel terdistribusi di sekelilingnya. Distribusi *yolk* di tengah-tengah telur memberikan cadangan makanan yang diperlukan untuk perkembangan embrio pada tahap awal, sebelum embrio mendapatkan nutrisi dari luar, misalnya, setelah penetasan. Bentuk telur *H. illucens* oval, ujung runcing dan berwarna putih. Ukurannya berkisar antara 1-2 milimeter dengan bobot telur per butir adalah 2,82 µg. Bentuk telur *H. illucens* secara umum mirip dengan serangga dari kelompok diptera, dimana kedua ujung telur meruncing, memiliki papila di kutub anterior, dan mikrofil terletak di sisi punggung dekat kutub anterior, memiliki ornamen korion, lokasi aeropil, dan tepi korion yang menonjol dengan tampilan berbulu di sekitar mikrofil (Dutra, *et al.*, 2011).

Telur mulai menetas setelah 48 jam inkubasi. Selama inkubasi terjadi perubahan warna pada telur dimulai dari warna putih setelah 0 jam dioviposisikan oleh induk betina, kemudian berwarna kuning, kuning keemasan dan coklat. Perubahan warna ini dikaitkan dengan aktivitas sel kromatofor atau sel pigmen pada telur *H. illucens* yang berperan dalam memberikan warna. Kromatofor yang terekspresi secara fenotif saat telur baru dioviposisikan adalah leukofor. Leukofor berperan dalam menghasilkan warna putih atau terkadang transparan pada telur serangga. Kemudian sel-sel kromatofor berkembang menjadi xantofor yang menyebabkan telur berwarna kuning atau kuning keemasan. Saat sudah berwarna kuning keemasan maka sel kromatofor aktif mengekspresikan iridofor. Perubahan warna telur terakhir adalah warna coklat yang diekspresikan oleh melanofor. Melanofor adalah jenis kromatofor yang menghasilkan pigmen melanin, yang memberikan warna coklat atau hitam pada organisme. Pigmen

melanin ini memberikan proteksi terhadap kerusakan akibat radiasi ultraviolet dan berkontribusi pada berbagai peran biologis, termasuk regulasi suhu dan melibatkan respons terhadap stres oksidatif. Sel kromatofor berbentuk bulat, tersebar di seluruh lapisan kulit ikan dan setiap sel kromatofor memiliki satu jenis warna (Kiswara *et al.*, 2020).

Larva yang menetas sampai usia 5 hari, masih memanfaatkan nutrisi dalam *yolk* dan mulai makan dari substrat atau media yang diberikan. Pakan yang diberikan sebanyak 200 mg per ekor setiap harinya. Banyaknya pakan tersebut disesuaikan dengan karakter larva yang aktivitasnya didominasi makan. Bobot larva semakin meningkat seiring dengan usia dan perkembangan instar. Pertambahan bobot selama delapan hari meningkat drastis (Gambar 2). Pola pertumbuhan larva tersebut mirip dengan penelitian pendahulu yang mengaplikasikan berbagai sumber pakan/subtrat dari limbah manure, limbah ayam, buah dan sayur (Nguyen *et al.*, 2013) dan limbah pertanian dalam skala industri (Scala *et al.*, 2020).

Bobot tubuh per larva pada usia 8 hari yaitu lebih dari 120 mg dan lebih tinggi dari pada penelitian yang serupa dengan pemberian pakan ayam komersial (Liu *et al.*, 2017). Hal ini dimungkinkan bahwa kepadatan yang dipelihara berbeda dimana penelitian tersebut menggunakan populasi sebanyak 440 ekor, sehingga terjadi kompetisi dalam mengambil makanan yang tersedia. Di samping itu temperatur juga mempengaruhi pertumbuhan larva. Temperatur larva yang dipelihara berkisar antara 29-30 °C. Temperatur tersebut merupakan temperatur yang optimal untuk pertumbuhan larva adalah 27-30°C (Tomberlin *et al.*, 2009). Temperatur yang optimal akan menstimulasi metabolisme tubuh larva untuk menghasilkan energi yang akan digunakan dalam pertumbuhan.

Selain bobot tubuh sebagai faktor produktivitas larva, maka sintasan larva atau *survival rate* larva penting untuk dievaluasi. Hasil sintasan/kelangsungan hidup larva umur delapan hari pemeliharaan adalah $95,65 \pm 1,08$ %. Hasil tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh temperatur pemeliharaan (29°C-30°C), jenis pakan yang diberikan dan kepadatan larva yang digunakan (100 ekor). Penelitian sebelumnya telah melaporkan hubungan antara suhu dan perkembangan BSF yang diberi makan biji-bijian pada suhu 27, 30, dan 36°C. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, persentase kelangsungan hidup larva berumur 4-6 hari dan dewasa diperoleh masing-masing sebesar 74% dan 97% pada suhu 27°C dan 30°C, sedangkan hanya 0,1% larva yang dapat bertahan hidup pada suhu 36°C. Terungkap juga bahwa BSF membutuhkan rata-rata 4 hari lebih lama (11%) untuk menyelesaikan tahap larva dan pupa pada suhu 27°C dibandingkan pada suhu 30°C % (Tomberlin *et al.*, 2009). Penelitian lain melaporkan bahwa suhu berpengaruh terhadap dua kelompok BSF yang diperoleh dari sampah organik perkotaan dan kisaran suhu optimal adalah 25-30°C (Shumo *et al.*, 2019).

Kepadatan larva juga berkontribusi terhadap kelangsungan hidup. Penelitian ini menggunakan 100 ekor larva untuk masing-masing box dan dihasilkan kelangsungan hidup $95,65 \pm 1,08$ %. Penelitian sebelumnya telah dilaporkan dengan kepadatan 300 ekor larva yang dipelihara pada temperatur 30°C dan kelembaban 70% selama 13 hari menghasilkan tingkat kelangsungan hidup 92% (Qomi *et al.*, 2021). Tingkat kepadatan larva yang berbeda dapat menyebabkan larva berkompetisi dalam memperoleh makanan sehingga dimungkinkan mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup larva.

Bobot tubuh saat usia larva delapan hari setelah diamati lebar kapsul maka larva tersebut memasuki pada fase instar enam ($1,4 \pm 0,06$). Hal tersebut mengacu pada penelitian sebelumnya bahwa lebar kapsul pada instar enam adalah $1,1 \pm 0,05$ (Kim *et al.*, 2010). Pada instar enam larva sudah dapat dipanen dan diaplikasikan sebagai sumber pakan pada ikan ataupun ternak.

KESIMPULAN

Karakter warna telur menunjukkan usia perkembangan yang berbeda dan dengan pemeliharaan yang baik mampu mempertahankan daya tetas telur, sintasan larva dan perkembangan sampai instar enam

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan dana penelitian dari hibah BLU pada skema riset peningkatan kompetensi (RPK) pada tahun 2023 dengan nomor kontrak No. 27.317/UN23.37/PT.01.03/II/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Barragan-Fonseca, K.B., M. Dicke, and J.J. van Loon. 2018. Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Entomologia experimentalis et applicata*, 166(9): 761-770. <https://doi.org/10.1111/phen.12285>
- Bosch, G., S. Zhang, D.G. Oonincx, and W.H. Hendriks. 2014. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of nutritional science*, 3: e29. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.23>
- Diener, S., C. Zurbrugg, and K. Tockner. 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *WasteManagement & Research*, 27: 603–610. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103838>
- Dutra, V. S., B. Ronchi-Teles, G.J. Steck, and Silva, J. G. 2011. Egg morphology of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in the fraterculus group using scanning electron microscopy. *Annals of the Entomological Society of America*, 104(1)1: 6-24. <https://doi.org/10.1603/AN10105>
- Fahmi, M.R. 2015. Optimalisasi proses biokonversi dengan menggunakan mini-larva *Hermetia illucens* untuk memenuhi kebutuhan pakan ikan. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(1):139-144. DOI: 10.13057/psnmbi/m010124
- Fatmaningtyas, I., Ambarningrum, T.B., A. Atang, T. Haryanto, E. Setiyono. 2022 Performa larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) sebagai biokonversi limbah industri pengolahan carica dieng (*Vasconcellea pubescens*) di Wonosobo. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 9(1): 130-138. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2022.v09.i01.p13>
- Haryanto, T., and E. Setiyono. 2021. Variations of Feed Amount and Different Temperatures on The Development of BSF Larvae During Fourteen Days of Reared. *JBIO:Jurnal biosains (the journal of biosciences)*, 7(1):18-23. <https://doi.org/10.24114/jbio.v7i1.21240>
- Indriawati, V., and B.S. Rahardja. 2021. February). The effectiveness combination of maggot (*Hermetia illucens*) flour with commercial feed on growth rate, feed conversion ratio, and feed efficiency of tilapia (*Oreochromis niloticus*). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 679(1):012054. IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/679/1/012054
- Jiang, C.L., W.Z. Jin, X.H. Tao, Q. Zhang, J. Zhu, S.Y. Feng, X.H. Xu, H.Y. Li, Z.H. Wang, Z.J Zhang. 2019. Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) strengthen the metabolic function of food waste biodegradation by gut microbiome. *Microb Biotechnol* 12: 528-543. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13393>
- Kim, C.H., J.H. Ryu, J. Lee, K. Ko, J. Lee, K.Y. Park, H. Chung. 2021. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in asian countries: A review. *Processes* 9:161. <https://doi.org/10.3390/pr9010161>
- Kim, W.T., S.W. Bae, H.C. Park, K.H. Park, S.B. Lee, Y.C. Choi, ..., and Y.H. Koh. 2010. The larval age and mouth morphology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *International Journal of Industrial Entomology*, 21(2): 185-187.
- Kiswara, C.A., A. Budihardjo, and S.L.A. Sari. 2020. Changes in color of betta fish (*Betta splendens*) by feeding of *Artemia salina* enriched with *Tagetes erecta* flower flour. *Cell Biology & Development*, 4(2): 46-50. <https://doi.org/10.13057/cellbioldev/v040202>
- Li, Q., J. Zheng, N. Qiu, H. Cai, J.K. Tomberlin, and Z. Yu. 2011. Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Manag.* 31: 1316-1320. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.005>

- Liu, X., X. Chen, H. Wang, Q. Yang, K. ur Rehman, W. Li, ..., and L. Zheng. 2017. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLoS One*, 12(8) : e0182601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>
- Makkar, H.P.S., G. Tran, V. HeuzeÂ, and P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim Feed Sci Technol*.197: 1-33.<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
- Nguyen, T.T.X, J.K. Tomberlin, and S. Vanlaerhoven. 2013. Influence of resources on *Hermetia illucens*. (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development. *J Med Entomol.* 50: 898-906.<https://doi.org/10.1603/ME12260> PMID: 23926790.
- Prasetyo, H., S. Marnani, dan P. Sukardi. 2020. Mikroenkapsulasi ekstrak kasar maggot sebagai pakan substitusi pada penyapihan pakan larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 1(2): 68-79. <https://doi.org/10.17509/ijom.v1i2.29355>
- Qomi, M.F., M. Danaeefard, A. Farhang, P. Hosseini, and Y. Arast. 2021. Effect of Temperature on the Breeding Black Soldier Fly Larvae in Vitro for Basic Health-oriented Research. *Archives of Hygiene Sciences*, 10(1): 67-74. 10.52547/archhygsci.10.1.67
- Rehman, K. ur., M. Cai, X. Xiao, L. Zheng, H. Wang, A.A. Soomro. 2017a. Cellulose decomposition and larval biomass production from the co-digestion of dairy manure and chicken manure by mini-livestock (*Hermetia illucens* L.). *J Environ Manage.* 196: 458-465. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.047>
- Rehman, K., A. Rehman, M. Cai, L. Zheng, X. Xiao, A.A. Somroo, H. Wang, W. Li, Z. Yu, J. Zhang. 2017b. Conversion of mixtures of dairy manure and soybean curd residue by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.). *J Clean Prod* 154: 366-373. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.019>
- Salam, M., A. Shahzadi, H. Zheng, F. Alam, C. Nabi, S. Dezhi, W. Ullah, S. Ammara, N. Ali, and M. Bilal. 2022. Effect of different environmental conditions on the growth and development of black soldier fly larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. *Environ Technol Innov* 28: 102649. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102649>
- Salomone R, Saija G, Mondello G, Giannetto A, Fasulo S, Savastano D. 2017. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens* . *J Clean Prod.* 2016; xxx:1±16.<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154>.
- Scala, A., J.A. Cammack, R. Salvia, C. Scieuzo, A. Franco, S.A. Bufo, J.K. Tomberlin, and P. Falabella. 2020. Rearing substrate impacts growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale. *Scientific reports*, 10(1) :19448. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76571-8>
- Sepang, D. A., J.D. Mudeng, R.D. Monijung, H. Sambali, and J.F. Mokolensang. 2021. Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberikan pakan kombinasi pelet dan maggot (*Hermetia illucens*) kering dengan presentasi berbeda. *E-Journal Budidaya Perairan*, 9(1). <https://doi.org/10.35800/bdp.9.1.2021.31090>
- Setiyono, E., Sugiharto, S., Wijayanti, G.E., Budianto, B.H. and Susatyo, P., 2023. Pelatihan budidaya larva *Hermentia illucens* pada kelompok pembudidaya ikan “Mina Gule Satu” Desa Kebarongan. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS*, 1(4): 392-401. <https://doi.org/10.59407/jpki2.v1i4.71>
- Shumo, M., F.M. Khamis, C.M. Tanga, K.K. Fiaboe, S. Subramanian, S. Ekesi, A. Van Huis, and C. Borgemeister. 2021. Influence of temperature on selected life-history traits of black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared on two common urban organic waste streams in Kenya. *Animals (Basel)*, 9(3):79. <https://doi.org/10.3390/ani9030079>
- St-Hilaire, S., C. Sheppard, J.K. Tomberlin, S. Irving, L. Newton, M.A. McGuire, ..., and W. Sealey. 2007. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the world aquaculture society*, 38(1): 59-67. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00073.x>

- Tomberlin, J.K., D.C. Sheppard, and J.A. Joyce. 2002a. 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. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0379:SLHTOB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0379:SLHTOB]2.0.CO;2)
- Tomberlin, J.K., and D.C. Sheppard. 2002b. Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *J Entomol Sci.* 37: 345-352. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-37.4.345>
- Tomberlin, J.K., P.H. Adler, and H.M. Myers. 2009. Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental entomology*, 38(3): 930-934. <https://doi.org/10.1603/022.038.0347>
- Trianto, M., F. Marisa, and N.P. Siswandari. 2020. Kelimpahan Nisbi, Frekuensi Dan Dominansi Jenis Lalat Di Beberapa Pasar Tradisional Di Kecamatan Martapura. *Metamorfosa:Journal of Biological Sciences* 7(2): 163-171. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2020.v07.i02.p04>
- Yu, G., Y. Chen, Z. Yu, and P. Cheng. 2009. Research progress on the larvae and prepupae of black soldier fly *Hermetia illucens* used as animal feedstuff. *Chinese bulletin of entomology*, 46(1): 41-45.