

**FORMULASI LIMBAH NASI, SIMPLISIA DAUN
KELOR (*Moringa oleifera* Lam.) DAN LAMTORO
(*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN *Hermetia
illucens* Linnaeus, 1758**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 pada Program Studi Biologi



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Disusun oleh:
Muakhilah Febi Bariya
22106040005

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2053/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : FORMULASI LIMBAH NASI, SIMPLISIA DAUN KELOR (*Moringa oleifera* Lam.)
DAN LAMTORO (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758.

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUAKHILAH FEBI BARIYA
Nomor Induk Mahasiswa : 22106040005
Telah diujikan pada : Senin, 10 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

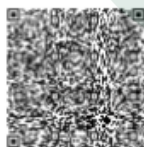
dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



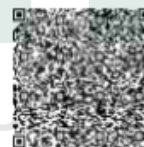
Ketua Sidang
Najda Rifqiyati, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 6a885a38d2969



Penguji I
Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a884c7931166



Penguji II
Dr. Eka Sulistiyowati, S.Si., M.A.
SIGNED

Valid ID: 6a8872c122549



Yogyakarta, 10 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a8a35cd9cc37

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Muakhilah Febi Bariya
NIM : 22106040005
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Formulasi Limbah Nasi, Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan Daun Lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) Terhadap Pertumbuhan Dan Perkembangan *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 5 Agustus 2026



Muakhilah Febi Bariya
NIM. 22106040005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara/i:

Nama : Muakhilah Febi Bariya
NIM : 22106040005
Judul Skripsi : Formulasi Limbah Nasi, Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan Daun Lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) Terhadap Pertumbuhan Dan Perkembangan *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunagasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 Agustus 2026

Pembimbing



Naida Rifqiyati, S.Si., M.Si.

NIP. 19790523 200901 2 008

Formulasi Limbah Nasi, Simplisia daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan Simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758

Muakhilah Febi Bariya
22106040005

ABSTRAK

Black soldier fly (BSF) merupakan serangga potensial sebagai agen biokonversi limbah organik sekaligus penghasil biomassa bernilai guna. Kemampuan larva BSF memanfaatkan berbagai substrat organik menjadikannya relevan dalam pengelolaan limbah berkelanjutan. Limbah nasi dari aktivitas penyediaan makanan, termasuk pondok pesantren, berpotensi dimanfaatkan sebagai substrat BSF, tetapi kandungan nutrisinya perlu dioptimalkan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan larva. Simplisia daun kelor (*Moringa oleifera*) dan lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) berpotensi sebagai suplementasi pakan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh formulasi suplementasi simplisia kelor dan lamtoro terhadap pertumbuhan dan perkembangan siklus hidup BSF pada substrat limbah nasi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam perlakuan dan empat ulangan. Komposisi pakan yakni P1= 95% pakan basal+ 5% suptementasi simplisia (100% lamtoro); P2 = 95% pakan basal+ 5% suptementasi simplisia (75% lamtoro + 25% kelor); P3 =95% pakan basal+ 5% suptementasi simplisia (50% lamtoro + 50% kelor); P4 = 95% pakan basal+ 5% suptementasi simplisia (25% lamtoro + 75% kelor); P5 = 95% pakan basal+ 5% suptementasi simplisia (100% kelor); P6 = 100% pakan basal (kontrol positif). Parameter meliputi bobot, panjang, dan perkembangan siklus hidup BSF. Data pertumbuhan dianalisis menggunakan One-Way ANOVA yang dilanjutkan uji DMRT atau *Kruskal–Wallis* apabila tidak memenuhi asumsi parametrik, sedangkan perkembangan siklus hidup dianalisis secara kualitatif. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh signifikan terhadap bobot larva, tetapi tidak terhadap panjang larva. P3 dengan pakan basal 95% dan suplementasi simplisia 5% (50% lamtoro:50% kelor) menunjukkan pertumbuhan bobot terbaik di antara perlakuan suplementasi dan mendekati kontrol. Hasil analisis deskriptif komparatif menunjukkan bahwa perlakuan P4 (25% lamtoro:75% kelor) menunjukkan total siklus hidup paling singkat, yaitu 40 hari. Dengan demikian, P3 direkomendasikan berdasarkan parameter pertumbuhan, sedangkan P4 menunjukkan kecenderungan perkembangan lebih cepat.

Kata kunci: BSF, Limbah nasi, Simplisia daun kelor, Simplisia daun lamtoro, Pertumbuhan, Perkembangan siklus hidup.

Formulation of Waste Rice-Based Feed Supplemented with Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) and Leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) Leaves for the Growth and Development of the BSF (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758)

Muakhilah Febi Bariya
22106040005

ABSTRACT

The black soldier fly (BSF) is a potential insect for organic waste bioconversion and biomass production. Its larvae can utilize various organic substrates, making BSF relevant to sustainable waste management. Rice waste generated from food-service activities, including Islamic boarding schools, can potentially serve as a BSF substrate; however, its nutritional composition needs to be optimized to support larval growth and development. Moringa (*Moringa oleifera*) and lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) leaf powder have potential as feed supplements. This study aimed to determine the effects of different Moringa and lamtoro supplementation formulations on BSF growth and life-cycle development when reared on a rice-waste substrate. The study employed a Completely Randomized Design (CRD) with six treatments and four replicates. Treatments consisted of P1 = 95% basal feed + 5% lamtoro; P2 = 95% basal feed + 5% supplementation (75% lamtoro + 25% Moringa); P3 = 95% basal feed + 5% supplementation (50% lamtoro + 50% Moringa); P4 = 95% basal feed + 5% supplementation (25% lamtoro + 75% Moringa); P5 = 95% basal feed + 5% Moringa; and P6 = 100% basal feed as the control. Parameters included larval weight, length, and life-cycle development. Growth data were analyzed using One-Way ANOVA followed by DMRT or the Kruskal–Wallis test when parametric assumptions were not met, while life-cycle development was analyzed descriptively. The results showed that supplementation significantly affected larval weight but not length. P3 showed the highest weight growth among supplementation treatments and approached the control. P4 had the shortest total life cycle, at 40 days. Thus, P3 was recommended based on growth performance, while P4 showed the fastest life-cycle development.

Keywords: Development, Growth, *Hermetia illucens*, Lamtoro leaf powder, Moringa leaf powder, rice waste,

MOTTO

“Tiada daya dan upaya selain atas kekuasaan Allah SWT. dan kepada-Nya kita akan kembali ”

“Chill go, walaupun chill tapi tetap go”



PERSEMBAHAN

Alhamdulillahillāhi rabbil 'ālamīn.

Segala puji bagi Allah SWT. Tuhan semesta alam, atas segala nikmat, ilmu, iman, kesempatan, kemudahan, dan pertolongan-Nya yang senantiasa membersamai. salah satunya pada fase penyusunan skripsi ini.

Persembahan teruntuk orang-orang terkasih, Bapak Yasbari (alm). Semoga beliau tersenyum bangga melihat saya dapat menempuh dan menyelesaikan pendidikan tinggi. Mamak Mudjiah, apalah saya tanpa do'a dan dukungan beliau dari segala sisi selama ini. Semoga pahala jariyah, kebaikan dunia akhirat senantiasa tercurah kepada mereka.

Segala hal baik baik nan indah yang ditemui di Jogja; manusia, alam, kenangan, seni, yang semuanya akan tersimpan rapih dalam memori. Allahummabaarik'alaih.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan, kemudahan, dan kemampuan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul **Formulasi Limbah Nasi, Simplisia Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) terhadap Pertumbuhan Dan Perkembangan *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa kita nantikan syafaatnya di akhirat kelak.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud dari dukungan dan bantuan banyak pihak secara moril maupun materiil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta;
2. Ibu Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga;
3. Ibu Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penasihat Akademik yang telah senantiasa mengarahkan selama studi ini berlangsung.
4. Ibu Najda Rifqiyati, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing. Terima kasih banyak ibu karena senantiasa mengupayakan yang terbaik dalam memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan selama perjalanan penyelesaian skripsi ini. Juga senantiasa sepenuh hati dalam membimbing, mengarahkan dan mendidik penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, kebahagiaan, serta membalas seluruh kebaikan dan ketulusan Ibu dengan balasan yang terbaik.

5. Seluruh dosen Prodi Biologi atas segala ilmu, didikan, bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah senantiasa diberikan kepada penulis selammenempuh jenjang pendidikan.
6. Teman-teman tersayang; Mahrani Piliang, Ade Idaheryana, Kak Amanda Kusuma Dewi, Ari Kurnia, Anisa Nur, Kyra Singgih, Ilham Ikhlusal, yang senantiasa kebersamai penulis dalam studi, utamanya saat penyusunan skripsi ini, pun menjadi kawan berbagi cerita. Kawan baikku Mbak Setyo Pinasti, Rahmatia Nandaa, kawan Climate Rangers Jogja, yang kehadirannya dan masukannya senantiasa mendukung penulis bertumbuh, juga dedikasi pada semua hal baik yang penulis temui selama studi ini.
7. Keluarga Bani Marsan yang senantiasa bisa menjadi tempat bercerita dan pulang ternyaman.
8. Pondok Pesantren Wahid Hasyim, semua pihak di dalamnya. Terima Kasih telah menjadi *stakeholder* yang juga menginspirasi lahirnya penelitian ini Pesantren tempat menimba ilmu dan wadah berkembang yang baik sekali bagi penulis.
9. Teman-teman Program Studi Biologi 2022, terima kasih telah menjadi keluarga yang tumbuh bersama, berbagi cerita, melewati suka dan duka, serta saling menguatkan sepanjang perjalanan perkuliahan ini;

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pemanfaatan BSF dalam pengolahan limbah pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Selain itu, skripsi ini diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pembaca maupun peneliti selanjutnya.

Yogyakarta, 31 Juli 2026



Muakhilah Febi Bariya

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	15
A. Latar Belakang	15
B. Rumusan Masalah.....	19
C. Tujuan Penelitian	19
D. Manfaat Penelitian	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	21
A. Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i> Linnaeus, 1758).....	21
B. Limbah Nasi Kombinasi Dedak Padi sebagai Pakan Basal	27
C. Simplisia daun kelor (<i>Moringa oleifera</i> Lam.).....	29
D. Simplisia daun lamtoro (<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	31
E. Penelitian yang Relevan.....	34
BAB III METODE PENELITIAN	37
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
B. Alat dan Bahan.....	37

C. Prosedur Kerja	37
D. Analisis Data.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
A. Pertumbuhan Larva BSF	42
B. Perkembangan Imago BSF	47
BAB V PENUTUP.....	53
A. Kesimpulan	53
B. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus hidup larva BSF (Herlinda dan Sari, 2021).....	23
Gambar 2. Kenampakan Imago BSF umur 40 hari	26
Gambar 3. Morfologi Simplisia daun kelor (<i>Moringa oleifera</i> Lam.).....	29
Gambar 4. Simplisia daun lamtoro.....	32
Gambar 5 Pola pertumbuhan bobot larva BSF (<i>Hermetia illucens</i>)	42
Gambar 6. Pola pertumbuhan panjang BSF (<i>Hermetia illucens</i>).....	43
Gambar 7. Perkembangan siklus hidup BSF (<i>Hermetia illucens</i>)	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Perhitungan Komposisi Pakan.....	60
Lampiran 2 Pertumbuhan bobot larva BSF (mg).....	60
Lampiran 3. Pertumbuhan panjang larva BSF (mm)	60
Lampiran 4. Data siklus hidup BSF	60
Lampiran 5 Data parameter lingkungan selama pengamatan	61
Lampiran 6. Dokumentasi selama pengamatan	61



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Maggot BSF *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758, merupakan salah satu serangga yang berpotensi dikembangkan sebagai agen biokonversi bahan organik sekaligus penghasil biomassa bernilai guna. Larva BSF mampu memanfaatkan berbagai jenis substrat organik dan mengkonversinya menjadi biomassa yang kaya protein dan lipid, sedangkan residu biokonversinya (*frass*) berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk (Siddiqui *et al.*, 2024). Kemampuan tersebut menjadikan BSF relevan dalam pengembangan sistem ekonomi sirkular karena satu organisme dapat berperan dalam pengurangan limbah sekaligus menghasilkan produk bernilai tambah. Kajian terbaru juga menunjukkan bahwa BSF memiliki kemampuan biokonversi terhadap berbagai limbah organik, meskipun efisiensi pertumbuhan dan konversinya sangat dipengaruhi oleh karakteristik substrat yang digunakan (Siddiqui *et al.*, 2024)

Potensi tersebut menjadikan optimalisasi performa BSF sebagai aspek penting dalam pengembangannya. Pertumbuhan dan perkembangan larva dipengaruhi oleh komposisi nutrisi substrat, terutama keseimbangan protein, karbohidrat, lemak, serat, serta kandungan air. Perbedaan substrat tidak hanya mempengaruhi penambahan biomassa, tetapi juga dapat mengubah komposisi nutrisi tubuh larva. Larva BSF yang dipelihara pada substrat berbeda menghasilkan kandungan protein yang relatif tinggi dan serupa, tetapi kandungan lemak dan abu berbeda secara nyata antarsubstrat. Temuan tersebut menunjukkan bahwa jenis dan komposisi pakan merupakan faktor penting dalam menentukan performa BSF. Oleh karena itu, pengembangan BSF tidak cukup hanya mengandalkan kemampuan larva dalam mengonsumsi limbah, tetapi juga memerlukan formulasi substrat yang mampu memenuhi kebutuhan nutrisi selama pertumbuhan dan perkembangan (Kristalia *et al.*, 2023)

Salah satu sumber substrat yang potensial untuk mendukung pengembangan BSF adalah limbah makanan. Biokonversi menggunakan BSF memungkinkan

bahan organik yang semula bernilai rendah diubah menjadi biomassa serangga dan produk samping yang dapat dimanfaatkan kembali. Limbah makanan merupakan salah satu kelompok substrat yang sesuai untuk pemeliharaan BSF, meskipun karakteristik nutrisi dan rasio komponen substrat tetap menentukan tingkat pertumbuhan dan efisiensi biokonversi. Bahkan, meta-analisis terhadap penelitian pemberian pakan BSF menunjukkan bahwa larva yang diberi limbah makanan memiliki kandungan protein sekitar 16% lebih tinggi dan lemak sekitar 33% lebih tinggi dibandingkan larva yang diberi substrat berbasis kotoran, meskipun respons nutrisi tetap bergantung pada jenis substrat. Hal ini memperkuat peluang penggunaan limbah pangan sebagai substrat dalam pengembangan budidaya BSF (Ganesan *et al.*, 2024; Siddiqui *et al.*, 2024)

Peluang tersebut sangat relevan dengan kondisi Indonesia yang memiliki timbulan limbah makanan tinggi. Berdasarkan Limbah makanan Index Report 2024, Indonesia diperkirakan menghasilkan sekitar 14,73 juta ton household limbah makanan per tahun, tertinggi di Asia Tenggara (UNEP, 2024). Pada tingkat rumah tangga, rata-rata timbulan limbah makanan sebesar 77 kg/kapita/tahun berdasarkan penelitian terhadap 215 rumah tangga di Kabupaten Bogor (Martianto *et al.*, 2024). Sereal, umbi-umbian, dan produk turunannya, terutama nasi, merupakan salah satu kelompok penyumbang utama limbah makanan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan limbah pangan, khususnya limbah berbasis nasi, dapat menjadi salah satu faktor pendukung pengembangan sistem biokonversi BSF di Indonesia (Martianto *et al.*, 2024)

Limbah nasi menjadi menarik untuk dimanfaatkan sebagai substrat BSF karena merupakan bahan organik yang mudah diperoleh dari aktivitas penyediaan makanan dalam jumlah besar. Salah satu sumbernya terdapat pada lingkungan pendidikan dengan pola konsumsi komunal, seperti pondok pesantren (Hidayat *et al.*, 2024). Aktivitas katering di Pondok Pesantren Wahid Hasyim Yogyakarta menghasilkan limbah nasi yang belum dimanfaatkan secara optimal. Meskipun telah dilakukan pemilahan limbah organik dan anorganik serta penyaluran sebagian limbah organik kepada mitra, pemanfaatan limbah

tersebut melalui sistem biokonversi mandiri berbasis BSF belum dilakukan. Kondisi ini memberikan peluang penerapan BSF tidak hanya sebagai organisme pengurai limbah, tetapi sebagai bagian dari sistem pengelolaan limbah organik yang menghasilkan biomassa bernilai guna.

Penggunaan limbah nasi sebagai substrat utama belum dapat meningkatkan performa BSF yang optimal. Komposisi nutrisi substrat sangat menentukan pertumbuhan larva dan perkembangan selanjutnya. Substrat yang kaya karbohidrat tetapi relatif kurang seimbang dalam protein, mineral, atau komponen nutrisi lainnya dapat menyebabkan performa larva berbeda dibandingkan substrat dengan komposisi nutrisi yang lebih seimbang (Kristalia *et al.*, 2023). Komposisi nutrisi, rasio karbon-nitrogen, kadar air, serta karakteristik fisik substrat merupakan faktor penting dalam menentukan pertumbuhan dan efisiensi biokonversi BSF (Siddiqui *et al.*, 2024). Dengan demikian, pemanfaatan limbah nasi sebagai substrat BSF perlu disertai strategi optimasi nutrisi agar kemampuan biokonversi tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal.

Optimalitas kandungan simplisia daun kelor selanjutnya dikombinasikan dengan simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Simplisia daun lamtoro yang dikeringkan dan digiling memiliki serat protein kasar tinggi 25-27%, Lemak 2-4%, Serat 25%, Mineral 1,9% . Protein dan energi memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan larva larva BSF baik dari sisi berat maupun ukuran tubuh) melaporkan bahwa larva BSF yang dipelihara pada substrat dengan kandungan protein sekitar 18–20% mampu mencapai berat individu rata-rata 150–220 mg per larva pada akhir fase larva, dengan nilai laju pertumbuhan spesifik (SGR) yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan larva yang dipelihara pada substrat dengan kandungan protein di bawah 10%, yang hanya mencapai berat sekitar 70–100 mg per larva. Larva BSF yang diberi pakan dengan kandungan protein kasar 20–24% menunjukkan peningkatan berat biomassa hingga 2,5–3 kali lipat dibandingkan pakan dengan protein rendah (<12%). Peningkatan kualitas nutrisi ini juga diikuti oleh ukuran larva yang lebih besar serta pembentukan pupa dengan

bobot yang lebih tinggi, yang secara langsung berkorelasi dengan keberhasilan metamorfosis menuju fase imago (Diener *et al.*, 2009; Spranghers *et al.*, 2017)

Siklus hidup Black soldier fly (BSF) secara umum terdiri atas fase telur, larva, prepupa, pupa, dan imago dengan durasi total berkisar 43-45 hari. Fase telur berlangsung selama 2-4 hari, sedangkan fase larva merupakan fase terpanjang yaitu sekitar 12-28 hari, prepupa 7-14 hari, dan imago 5-9 hari (Tariq *et al.*, 2025). Puncak pertumbuhan yang ditandai dengan bobot terberat dan panjang tertinggi pada umur pemanenan 20 hari sebesar 0,105 gr dan panjang 17,242 mm (Kasvandi *et al.*, 2024). Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian (Awaludin *et al.*, 2020) hasil penimbangan berat larva umur 28 hari yaitu 385 mg dan panjang 17,84 mm. Pupa dengan cadangan energi yang baik cenderung melewati fase larva hingga pupa lebih cepat dan menghasilkan imago dengan performa optimal dalam bereproduksi. Lama fase larva dapat mencerminkan kecukupan nutrisi, karena defisit nutrisi akan menghambat sintesis hormon ecdison yang diperlukan untuk transisi menuju fase prepupa (Tomberlin *et al.*, 2002)

Pemanfaatan kombinasi simplisia daun kelor (*Moringa oleifera*) dan simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) sebagai bahan pakan larva lalat tentara hitam telah banyak dikaji, terutama terkait pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan kualitas larva BSF. Variasi level campuran kedua bahan tersebut dilaporkan mempengaruhi berat, ukuran, dan kandungan nutrisi larva BSF (Kasvandi *et al.*, 2024; Kristalia *et al.*, 2023). Kedua penelitian tersebut masih belum mengkaji dampak nutrisi pakan terhadap aspek perkembangan lanjutan setelah fase larva. Hingga saat ini, masih sangat terbatas penelitian yang mengaitkan formulasi pakan berbasis simplisia daun kelor dan lamtoro dengan lama siklus hidup BSF. Kondisi nutrisi selama fase larva diketahui berperan penting dalam menentukan keberhasilan metamorfosis dan siklus hidup keseluruhan.

Penelitian ini mengangkat kebaruan dengan memperluas cakupan kajian dari pertumbuhan, juga pada aspek siklus hidup. Penelitian ini mengoptimalkan variasi persentase dan formulasi pakan simplisia daun kelor dan lamtoro yang

berbeda, dengan tujuan memperoleh kondisi nutrisi yang lebih optimal. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi baru mengenai hubungan nutrisi dengan pertumbuhan tubuh larva serta perkembangan siklus hidup hingga fase imago yang belum dilaporkan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Selain itu, implementasi penelitian ini dapat diharapkan mendukung sistem pengelolaan limbah pesantren yang lebih berkelanjutan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh formulasi limbah nasi, simplisia daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.), dan simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. terhadap pertumbuhan (bobot dan panjang tubuh larva) *Black soldier fly* (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758)?
2. Bagaimana pengaruh formulasi limbah nasi, simplisia daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.), dan simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit terhadap perkembangan (lama fase larva dan pupa) *Black soldier fly* (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758)?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh formulasi limbah nasi, simplisia daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.), dan simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. terhadap pertumbuhan (bobot dan panjang tubuh larva) *Black soldier fly* (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758).
2. Menganalisis pengaruh formulasi limbah nasi, simplisia daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.), dan simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit terhadap perkembangan (lama fase larva dan pupa) *Black soldier fly* (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758).

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan sebagai luaran penelitian ini adalah optimalisasi

pemanfaatan limbah nasi Pondok Pesantrem Wahid Hasyim Yogyakarta sebagai alternatif formulasi pakan bagi agen biokonversi, yakni *Black soldier fly* (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) dengan suplementasi simplisia daun kelor (*Moringa oleifera* L.) dan simplisia daun lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit sebagai upaya optimasi pertumbuhan dan perkembangan.



BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Formulasi limbah nasi dengan suplementasi simplisia daun kelor (*Moringa oleifera*) dan lamtoro (*Leucaena leucocephala*) terhadap pertumbuhan larva menunjukkan bahwa data panjang individu tidak signifikan dengan kontrol positif, sedangkan parameter bobot menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan kontrol positif. Perlakuan dengan suplementasi 5% simplisia (kelor 50:50 lamtoro) memberikan hasil paling mendekati kontrol positif.
2. Formulasi limbah nasi dengan suplementasi simplisia daun kelor 25% dan simplisia daun lamtoro 75% (P4) menunjukkan total siklus hidup yang lebih singkat di antara perlakuan lain.

B. Saran

Saran penelitian selanjutnya adalah peningkatan persentase suplemen pada variasi pakan, misal 10%, 20% dst agar dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan melebihi kontrol positif. Penelitian selanjutnya juga diharapkan menggunakan jumlah populasi yang lebih sedikit sehingga diketahui jumlah populasi dan memudahkan monitoringnya hingga akhir pembelajaran. Selain itu, media pakan disarankan melalui proses fermentasi, misalnya menggunakan *Effective Microorganisms-4* (EM4) atau mikroorganisme probiotik lainnya, untuk membantu menguraikan serat kasar dan menurunkan kandungan senyawa antinutrisi seperti mimosin, sehingga ketersediaan nutrisi dan pemanfaatannya oleh larva BSF dapat meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeneye, J. A. (1979). A note on the nutrient and mineral composition of *Leucaena leucocephala* in Western Nigeria. *Animal Feed Science and Technology*, 4(3), 221–225.
- Adeneye, J. A. (1991). Mimosine content in various fractions of *Leucaena leucocephala* grown in western Nigeria. *Animal Feed Science and Technology*, 33(3–4), 349–353.
- Ali, M., Rosyidi, M. S. B., Rohim, A., Hasma, H., Wariate, I. W., Rosyidi, A., Sriasih, M., & Depamede, S. N. (2024). Lamtoro Fermentasi (Lafer): Pakan Penyangga Musim Kemarau. *Jurnal Warta Desa (JWD)*, 6(2), 110–118.
- Ardhia, S. F. (2022). Efektivitas Penambahan Tepung Daun Pepaya Dan Daun Kelor Pada Pakan Terhadap Perilaku Makan Dan Pertumbuhan Ayam Petelur (*Gallus Gallus Linnaeus, 1758*) [Skripsi, Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta]. <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/54406/>
- Awaludin, A., Hadist, I., Royani, M., & Herawati, E. (2020). Effect of harvest age on the production of maggot BSF (black soldier fly). *JANHUS Journal of Animal Husbandry Science*.
- Ayuningrum, S. U., & Putra, R. E. (2023). The role of organic waste feed combination on growth rate and nutrient content of *Hermetia illucens* larvae. *MANILKARA: Journal of Bioscience*, 2(1), 27–37.
- Bánki. (2026a, July 17). *Moringa oleifera*. <https://www.gbif.org/taxon/44DPL>
- Bánki, O. (2026b, July 17). *Hermetia illucens*. <https://www.gbif.org/taxon/3KZZM>
- Bánki, O. (2026c, July 17). *Leucaena leucocephala*. <https://www.gbif.org/taxon/724CH>
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (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.
- Barragan-Fonseca, Karol B., Gort, G., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2019). Effects of dietary protein and carbohydrate on life-history traits and body protein and fat contents of the black soldier fly *Hermetia illucens*: Nutrition of black soldier fly. *Physiological Entomology*, 44(2), 148–159.
- Barrett, M., Patel, N., McCarry, B., Shellenberger, G. K., Schwartz, E. R., Fiocca, K., & Waddell, E. A. (2025). Dietary preferences and impacts of feeding on behaviour, longevity, and reproduction in adult black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae; *Hermetia illucens*). *Journal of Insects as Food and Feed*, 12(4), 691–702.
- Barros-Cordeiro, K. B., Báó, S. N., & Pujol-Luz, J. R. (2014). Intra-puparial development of the black soldier-fly, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*, 14(1), 83.
- Boggs, C. L., & Freeman, K. D. (2005). Larval food limitation in butterflies: effects on adult resource allocation and fitness. *Oecologia*, 144(3), 353–361.
- Cai, M., Li, L., Zhao, Z., Zhang, K., Li, F., Yu, C., Yuan, R., Zhou, B., Ren, Z., Yu, Z., & Zhang, J. (2022). Morphometric characteristic of black soldier fly (*Hermetia illucens*) · Wuhan strain and its egg production improved by selectively inbreeding. *Life (Basel, Switzerland)*, 12(6), 873.
- Chia, S. Y., Tanga, C. M., Khamis, F. M., Mohamed, S. A., Salifu, D., Sevgan, S., Fiaboe, K. K. M., Niassy, S., van Loon, J. J. A., Dicke, M., & Ekesi, S. (2018). Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*:

- Implications for mass production. *PloS One*, 13(11), e0206097.
- De Angelis, A., Gasco, L., Parisi, G., & Danieli, P. P. (2021). A multipurpose leguminous plant for the Mediterranean countries: *Leucaena leucocephala* as an alternative protein source: A review. *Animals: An Open Access Journal From MDPI*, 11(8), 2230.
- Diener, S., Studt Solano, N. M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 357–363.
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research: The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 27(6), 603–610.
- D'Mello, J. P. F., & Acamovic, T. (1989). *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition — A review. *Animal Feed Science and Technology*, 26(1–2), 1–28.
- Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., & Lalander, C. (2020). Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)—Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management*, 102, 40–47.
- Fahey, J., & Lewis, B. (2005). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life Journal*, 1(5). https://www.insidemoringa.com/wp-content/uploads/2019/05/Johns_Hopkins_University_Moringa_Review.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Faiza, N., Ma'ruf, M. M., & Rokhim, S. (2026). Pengaruh Pemberian Variasi Media Pakan terhadap Produksi Berat Segar Maggot (*Hermetia illucens*). *Biosel Biology Science and Education*, 15(1), 61–67.
- Falowo, A. B., Mukumbo, F. E., Idamokoro, E. M., Lorenzo, J. M., Afolayan, A. J., & Muchenje, V. (2018). Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 106, 317–334.
- Fatmanintyas, I., Ambarningrum, T. B., Atang, A., Haryanto, T., & Setiyono, E. (2022). IPerforma 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.
- Ganesan, A. R., Mohan, K., Kandasamy, S., Surendran, R. P., Kumar, R., Rajan, D. K., & Rajarajeswaran, J. (2024). Food waste-derived black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval resource recovery: A circular bioeconomy approach. *Process Safety and Environmental Protection : Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part B*, 184, 170–189.
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49–56.
- Hidayat, R., Khusairi, A., Zakhiya, M., Maulana, F., Fajri, F., Febrina, B. P., Sandri, D., & Susalam, M. K. (2024). Peningkatan Nutrisi Sisa Makanan dan Limbah Organik Dapur Pesantren di Kabupaten Tanah Laut. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 26(3), 128–137.

- Holmes. (2017). Photophase duration affects immature black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) development. *Environmental Entomology*, 46(6), 1439–1447.
- Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K. (2013). Substrate effects on pupation and adult emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*, 42(2), 370–374.
- Julita, U., Kinasih, I., & Andini, D. (2023). Potensi reproduksi dan morfometri lalat tentara hitam, *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) yang dipelihara pada kotoran ayam dan kotoran domba: Reproductive potential and morphometry of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) reared on chicken and sheep manure. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(2), 161.
- Kasvandi, O., Niklaus, T. T., Lestari, G., & Benu, I. (2024). Pengaruh umur panen larva lalat tentara hitam yang dipelihara pada media yang mengandung tepung daun kelor dan daun lamtoro terhadap panjang. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*.
- Khasanah, R., Jumari, J., & Nurchayati, Y. (2023). Etnobotani Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* L.) di Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 870–880.
- Kristalia, S., Gustaf, O., Twenfosel, D. D., & Marthen L, M. (2023). Pengaruh Level Campuran Daun Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Berat, Ukuran dan Kandungan Nutrisi Maggot Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*). *Animal Agricultura*, 1(1), 1–12.
- Kulla, Y. K., Fitasari, E., Thiasari, N., & Rinanti, R. F. (2026). Biokonversi Dedak Padi oleh Maggot *Hermetia illucens* dengan Suplementasi Produk Turunan Ragi Roti: Bioconversion of Rice Bran by *Hermetia illucens* Maggot Supplemented with Baker's Yeast Derivatives Product. *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*, 8(2), 293–302.
- Laksanawimol, P., Anukun, P., & Thancharoen, A. (2024). Use of different dry materials to control the moisture in a black soldier fly (*Hermetia illucens*) rearing substrate. *PeerJ*, 12, e17129.
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrugg, C., & Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211–219.
- Linnaeus, C. (1758). *Musca illucens* Linnaeus, 1758, spec. nov. Laurentius Salvius. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3912174>
- Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., Ur Rehman, K., Li, W., Cai, M., Li, Q., Mazza, L., Zhang, J., Yu, Z., & Zheng, L. (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PloS One*, 12(8), e0182601.
- Made Adi Sudarma, I., & Nara, H. A. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk Bokashi Sludge Biogas Daun Kaliandra Dengan Level Yang Berbeda (0, 200, 400, 600, Dan 800 Gram/Polybag) Pada Pertumbuhan Awal Tanaman Lamtoro Tarramba. *Jurnal Peternakan (Jurnal of Animal Science)*, 6(2), 114–120.
- Marhaeni, L. S. (2021). Daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai sumber pangan fungsional dan antioksidan. *Agrisia: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 13(2). <https://ejournal.borobudur.ac.id/index.php/3/article/view/882>
- Martianto, D., Diana, R., Baliwati, Y. F., Sukandar, D., & Hendriadi, A. (2024). The quantity and composition of household food waste: Implications for policy. *Public*

- Library of Science (PLOS)*, 19(6), e0305087.
- Muliawati, D., Sulistyawati, N., & Utami, F. S. (2019). *Manfaat Ekstrak Moringa oleifera Terhadap Peningkatan Tinggi Badan Balita*. 1, 46–55.
- Mullik. (2023 5). *Pengaruh penambahan campuran tepung daun pohon pakan ternak pada media pemeliharaan terhadap ukuran tubuh, kandungan protein dan lipid larva lalat tentara hitam (Hermetia illucens)*. https://www.lrrd.org/lrrd35/5/3543mart.html?utm_source=chatgpt.com
- Opore, L. O., Holm, S., & Esperk, T. (2022). Temperature-modified density effects in the black soldier fly: low larval density leads to large size, short development time and high fat content. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(7), 783–802.
- Rachmawati, R., Buchori, D., Hidayat, P., Hem, S., & Fahmi, M. R. (2015). Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7(1), 28.
- Ramadhan, I., Arifin, A., & Jumiati, J. (2022). Efisiensi Penggunaan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Untuk Mendekomposisi Sampah Organik Dengan Variasi Bahan Fermentasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 717–725.
- Rodde, C., Mamat, N. Z., Barragán-Fonseca, K. B., Makirim, A., Deguerri, A., Viala, F., Ducharne, F., & Teo, T. M. (2025). Supplementing *Hermetia illucens* diet with minerals: effects on production performance, proximate composition and nitrogen loss. *Journal of Insects as Food and Feed*, 11(14), 2565–2577.
- Rohmana, N. A., Maharani, D. M., & Majid, Z. A. N. M. (2023). Analisis pertumbuhan dan kemampuan reduksi limbah larva tentara hitam (*Hermetia illucens*) pada solid decanter, ampas kelapa, ampas sagu, dan limbah sisa makanan. *Agrointek: jurnal teknologi industri pertanian*, 17(3), 666–673.
- Rosida, D. F. (2022). *Lamtoro gung; produk, sifat fungsional dan manfaatnya* (Y. M. Supriyadi, Ed.). Indomedia Pustaka.
- Setiawan, F., Harlia, E., & Hidayati, Y. A. (2023). Peran Maggot Sebagai Detritivor Dalam Pengolahan Limbah Ternak Unggas. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 4(2), 213–221.
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4), 695–698.
- Shrestha, K., Junes, P., van den Boer, E., Christianen, I., Jacobse, R., & Schmitt, E. (2025). Correlated response to selection for increased body weight on fecundity in *Hermetia illucens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 173(6), 532–544.
- Sidauruk, A., Prasetyaningsih, A., & Madyaningrana, K. (2024). Pengaruh pemberian sampah organik terhadap pertumbuhan dan kandungan astaxanthin pada pupa black soldier fly (*Hermetia illucens* (Linnaeus)). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 21(1), 23–34.
- Siddiqui, S. A., Harahap, I. A., Osei-Owusu, J., Saikia, T., Wu, Y. S., Fernando, I., Perestrelo, R., & Câmara, J. S. (2024). Bioconversion of organic waste by insects – A comprehensive review. *Process Safety and Environmental Protection : Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part B*, 187, 1–25.
- Soedarjo, M., & Borthakur, D. (1996). Simple procedures to remove mimosine from young leaves, pods and seeds of *Leucaena leucocephala* used as food. *International Journal of Food Science & Technology*, 31(1), 97–103.

- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P., & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates: Nutritional composition of black soldier fly. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594–2600.
- Sutaryono, Y., Dahlanuddin, D., Mardiansyah, M., & Sari, N. H. (2023). Introduksi Pemanfaatan Legum Lamtoro Tarramba (*Leucaena leucocephala* cv. tarramba) Sebagai Pakan Sumber Protein Pada Kelompok Peternak Sapi Sambik Elen Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(2). <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v6i2.4358>
- Syahputra, D., Hasan, U., & Manullang, H. M. (2023). Pengaruh Pemberian Limbah Buah-Buahan Pepaya, Nanas Dan Semangka Terhadap Pertumbuhan Maggot Bsf (*Hermetia illucens*). *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 2(2), 88–98.
- Tariq, M. R., Liu, S., Wang, F., Wang, H., Mo, Q., Zhuang, Z., Zheng, C., Liang, Y., Liu, Y., Ur Rehman, K., Helvaci, M., Qin, J., & Li, C. (2025). Black Soldier Fly: A keystone species for the future of sustainable waste management and nutritional resource development: A review. *Insects*, 16(8), 750.
- Tesfaye, E., Animut, G., Urge, M., & Dessie, T. (2013). Moringa olifera Leaf Meal as an alternative protein feed ingredient in broiler ration. *International Journal of Poultry Science*, 12(5), 289–297.
- Thamaga, M. W., Mokoboki, H. K., Sebola, N. A., & Ravhuhali, K. E. (2021). Apparent digestibility and nutritional composition of *Leucaena leucocephala* (Lam) leaf meal incorporated in the diets of Black Australorp and Potchefstroom Koekoek chicken breeds. *Tropical Animal Health and Production*, 53(5), 458.
- Tomberlin. (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 38(3), 930–934.
- Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C., & Joyce, J. A. (2002). Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(3), 379–386.
- UNEP. (2024, March 21). *Food Waste Index Report 2024*. UNEP - UN Environment Programme. <http://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>
- Ungureanu, N., & Vlăduț, N.-V. (2026). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and frass: Sustainable organic waste conversion, circular bioeconomy benefits, and nutritional valorization. *Agriculture*, 16(3), 309.
- Wang, X., He, P., Xu, X., Qiu, S., & Zhao, S. (2022). Characteristics of rice straw decomposition and bacterial community succession for 2 consecutive years in a paddy field in southeastern China. *Scientific Reports*, 12(1), 20893.
- Yuwono, & Mentari. (2018, August 7). *Penggunaan Larva (Maggot) Black Soldier Fly (BSF) Dalam Pengolahan Limbah Organik*. Biotrop.org. <https://biotrop.org/publication/show/penggunaan-larva-maggot-black-soldier-fly-bsf-dalam-pengolahan-limbah-organik>
- Zahro, N., Eurika, N., & Prafitasari, A. N. (2021). Konsumsi Pakan Dan Indeks Pengurangan Sampah Buah Dan Sayur Menggunakan Larva Black Soldier Fly. *Bioma : Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*, 6(1), 88–101.
- Zhang, J., Huang, L., He, J., Tomberlin, J. K., 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), 202.

