

Biology of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) and Utilization of its Waste (Maggot Frass) for Plant Growth: A Literature Review

Dessy Rismayani¹, Annisa Aulia¹, Tita Nopiyanti¹, Resti Rahayu¹, dan M. Idris^{1*}

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163, Sumatera Barat, Indonesia;

Article History

Received: June 01th, 2024

Revised : July 01th, 2024

Accepted : July 23th, 2024

*Corresponding Author:

M. Idris, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163, Sumatera Barat, Indonesia;
Email:

midris@sci.unand.ac.id

Abstract: The utilization of maggot frass from Black Soldier Fly (BSF) larvae (*Hermetia illucens* Linneus, 1875) has garnered attention in the context of organic farming as a promising alternative to enhance plant growth and development. Maggot frass, a byproduct of the larval digestion process, is rich in essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, and contains beneficial microorganisms for the soil. This study employs a literature review method. Literature sources were obtained from the Google Scholar database using keywords such as "maggot frass", "kasgot", "Black Soldier Fly", and "*Hermetia illucens*". The articles obtained were then analyzed to gather secondary data. The aim of this research is to explore the potential utilization of maggot frass from BSF larvae in enhancing plant growth and development in the context of organic farming. Research on the utilization of maggot frass has shown significant potential in improving soil fertility and increasing crop productivity. Furthermore, the use of BSF larvae in organic waste management can also significantly reduce waste volume while creating valuable resources for agriculture. By integrating the utilization of maggot frass into organic farming practices, it is hoped that a more sustainable and environmentally friendly agricultural system can be created in the future.

Keywords: Biofertilizer, *Hermetia illucens*, maggot frass, organic farming, organic waste.

Pendahuluan

Black soldier fly (BSF) adalah serangga dengan nama latin *Hermetia illucens* Linneus, 1758, tergolong kedalam ordo Diptera. Pada umumnya lalat ini berwarna hitam memiliki segmen basal abdomen berwarna transparan mirip seperti tawon (Herlinda, 2021). BSF dikenal secara global karena perannya dalam mendekomposisi limbah organik. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian tentang BSF telah meningkat karena potensinya dalam mengolah limbah dan memperkaya tanah. BSF memiliki siklus hidup yang melibatkan lima tahap; telur, larva, prepupa, pupa dan dewasa. BSF dikenal secara global karena perannya dalam mendekomposisi limbah organik. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian tentang BSF telah meningkat karena potensinya dalam mengolah limbah dan memperkaya tanah. BSF memiliki siklus hidup yang melibatkan lima

tahap; telur, larva, prepupa, pupa dan dewasa. Pada kondisi optimal (suhu 31°C dan kelembapan relatif 80%), lalat dewasa hidup selama 12-13 hari, sedangkan larva memiliki masa hidup sekitar 20 hari hingga mencapai tahap pre-pupa (Jayanthi et al, 2017) Tahap larva yang disebut dengan maggot merupakan fase rakus karena sangat aktif dalam memakan makanannya. Pada fase ini maggot memakan semua zat organik, mulai dari makanan sisa, sampah sayur, buah, ikan dan sampah dapur lainnya. Pada tahap inilah maggot berperan penting dalam mendekomposisi sampah organik.

Selama fase maggot hingga menjadi pupa, maggot akan meninggalkan residu berupa sisa makanan dan kotoran hasil pencernaan yang disebut kasgot atau bekas maggot (frass) yang masih memiliki nilai nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, dimana unsur tersebut juga terdapat pada pupuk tanaman komersial. Kandungan tersebut memiliki sifat mudah

diserap oleh tanah, meningkatkan aktivitas organisme didalam tanah, merangsang pertumbuhan akar dan tidak menimbulkan penyakit pada tanaman. Selain unsur tersebut, keberadaan mikroorganisme pada kasgot juga dapat membantu proses dekomposisi lebih lanjut dalam tanah serta memperbaiki struktur dan kemampuan retensi air pada tanah (Myers *et al.*, 2008; Triwijaya *et al.*, 2023). Kandungan kasgot mempunyai potensi sebagai pupuk organik untuk meningkatkan pertumbuhan berbagai tanaman telah di uji pada tanaman *Brassica oleracea* (Musadik *et al.*, 2021) yang menggunakan kasgot limbah buah, sayur, nasi dan campuran kemudian diaplikasikan pada tanaman dengan 2 dosis berbeda. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kasgot limbah nasi memberikan pengaruh pada tinggi, jumlah daun, diameter batang, bobot daun, panjang akar hingga bobot akar tanaman. Penelitian lain juga dilakukan terhadap tanaman *Capsicum annum* (Triwjaya *et al.*, 2023), *Amaranthus cruentus* (Leyo *et al.*, 2022), kopi arabika (Sakiroh *et al.*, 2023) dan *Solanum melongena* (Mahendra *et al.*, 2023) juga menunjukkan hasil yang sama terhadap peningkatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Pupuk organik atau dikenal sebagai biofertilizer dari bekas maggot (kasgot) mempunyai keunggulannya seperti yang dijelaskan sebelumnya. Selain itu, kasgot juga memiliki prospek masa depan yang menjanjikan sebagai solusi berkelanjutan dalam pertanian dan pengelolaan limbah. Artikel ini merupakan artikel berbentuk tinjauan literatur yang mengkaji tentang biologi BSF dan pemanfaatan kasgot untuk pertumbuhan tanaman terutama tanaman pertanian. Dalam tinjauan literatur ini, penulis menelaah referensi yang dikoleksi dari penelitian awal penggunaan BSF tahun 1988 sampai dengan penelitian terkini tahun 2024 yang memuat aplikasi penggunaan kasgot berupa padat dan dalam bentuk pupuk cair. Referensi yang digunakan memuat lebih dari 90% artikel yang diterbitkan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Penggunaan referensi dengan tahun dibawah 2014 memiliki tujuan untuk melihat kronologis perkembangan penelitian terkait pemanfaatan BSF dan bagaimana keberlanjutan penelitian ini sampai tahun 2024. Diharapkan tinjauan literatur ini menjadi dasar dalam pencarian topik-topik terkini terkait dengan

penelitian pemanfaatan dan aplikasi kasgot dalam dunia pertanian kedepannya.

Bahan dan Metode

Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* (tinjauan literatur). Sumber pustaka diperoleh dari database Google Scholar dengan menggunakan beberapa kata kunci seperti “kasgot”, “maggot frass”, dan “Black Soldier Fly”, “*Hermetia illucens*”. Artikel yang dipilih adalah artikel berbahasa Inggris dan bahasa Indonesia. Proses pemilihan artikel dimulai dengan pencarian awal menggunakan kata kunci yang telah ditentukan. Dari hasil pencarian ini, artikel-artikel disaring berdasarkan relevansi judul dan abstrak. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi kemudian diunduh untuk analisis lebih lanjut. Setiap artikel dianalisis untuk memahami metodologi yang digunakan, hasil yang diperoleh, dan kesimpulan yang disajikan. Dengan demikian, review ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang bermanfaat bagi penelitian dan aplikasi praktis di bidang biologi tumbuhan dan pertanian.

Hasil dan Pembahasan

Biologi Black Soldier Fly (BSF)

Taksonomi

Hermetia illucens atau lalat tentara hitam, telah dideskripsikan oleh Linnaeus pada 1758. Lalat ini merupakan anggota dari kelas Diptera yang ditandai oleh sepasang sayap membran pada mesotoraks. Sementara pasangan sayap methatoracic tereduksi menjadi sepasang halter. Diptera terbagi menjadi dua subordo, yaitu Nematocera dan Brachycera. *H. illucens* termasuk dalam Brachycera, yang memiliki sepasang antena pendek yang lebih pendek dari thoraks. Sebaliknya, Nematocera memiliki sepasang antena yang lebih panjang dari thoraks, biasanya berbentuk filiform atau plumose.

Brachycera terdiri dari empat infraordo, yaitu Xylophagomorpha, Tabanomorpha, Muscomorpha, dan Stratiomyomorpha. Stratiomyomorpha, infraordo yang mencakup famili Stratiomyidae dan dua famili kecil lainnya, Xylomyidae dan Panthoptalmyidae, terdiri dari dua belas subfamili: Parhadrestiinae, Chiromyzinae, Pachygastrinae, Beridinae,

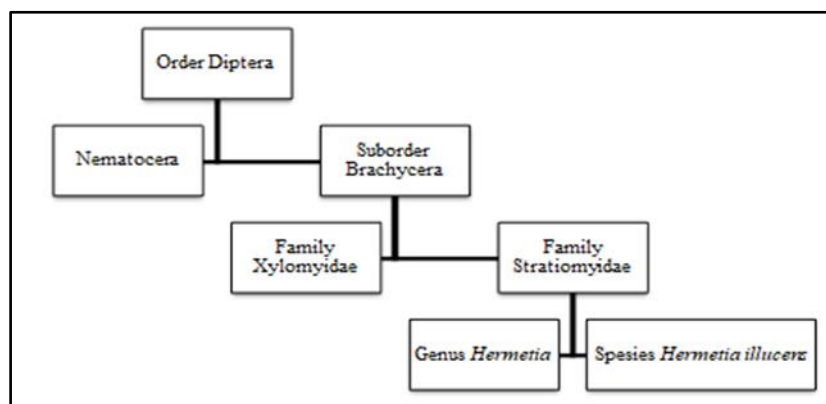
Antissinae, Clitellariinae, Hermetiinae, Chrysoclorininae, Nematelinae, Sarginae, Stratiomyinae, dan Raphiocerinae. Subfamili Hermetiinae dikenali dari karakteristik antenanya yang memiliki flagelomer kedelapan yang memanjang dan tebal serta tidak memiliki duri scutellar. Genus *Hermetia* ditandai oleh flagelomer antena yang pipih secara lateral (Hem, 2011).

Sistem pencernaan dan fungsinya untuk dekomposisi

Saluran makanan BSF terbentuk antara labrum dan labium yang menyatu. Saluran saliva mengalir melalui hipofaring. BSF memiliki mulut dengan struktur spons yang khas, tidak memiliki mandibula dan rahang atas, dan bagian distal labium melebar membentuk labella. Labella ini memiliki serangkaian alur yang disebut pseudotrakea, yang tetap terbuka karena disokong oleh tulang rusuk kutikular. Struktur ini menyerupai trakea dan berkumpul di ujung distal saluran makanan. Gigi prestomal dapat digunakan untuk mengikis makanan semi-padat. Gigi serupa juga ditemukan pada *Brachycera* lainnya, seperti lalat rumah, *Musca domestica* (Bruno *et al.*, 2019). Bagian mulut BSF memiliki banyak sensilla yang menonjol dari kutikula,

yang mungkin berperan dalam mendeteksi rangsangan kimia dan mekanis. Fitur morfologi mulut BSF menunjukkan bahwa serangga dewasa mampu menelan makanan (Bruno *et al.*, 2019).

Proses metamorfosis BSF, midgut pada tahap larva merupakan kunci yang penting selama proses nya. Midgut larva terdiri dari epitel yang berlapis-lapis, dominan disusun oleh sel kolumnar yang disusun di atas lamina basal tipis dan dikelilingi oleh lapisan ekstraepitel yang terdiri dari serat otot. Selama tahap pupa awal (hingga hari ke 4), morfologi midgut yang tersusun oleh selepitel dan sel-sel kolumnar masih dapat teridentifikasi (Bruno *et al.*, 2019). Selama tahap pupa (hari ke-8 hingga ke-10), usus yang baru terbentuk menunjukkan karakteristik khas epitel sekretori/penyerap. Membran apikal membentuk mikrovili, terdapat retikulum endoplasma kasar dan mitokondria melimpah di sitoplasma, serta sel-sel terhubung oleh persimpangan septat yang halus. Selain itu, butiran glikogen dan tetesan lipid ditemukan di sitoplasma. Midgut BSF dewasa, sel utama yang ditemukan di usus tengah adalah sel kolumnar yang memiliki lipatan basal, mikrovili apikal dan banyak mitokondria yang menunjukkan adanya aktivitas sekretori yang tinggi (Bruno *et al.*, 2019).



Gambar 1. Uraian taksonomi black soldier fly (*Hermetia illucens* Linneus, 1875)

Sistem pencernaan pada BSF dilakukan untuk mencerna sampah organik atau dengan kata lain mendegradasi sampah organik dengan cara memakannya. Sampah organik yang diberikan berupa sisa sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, dan feses sebagai makanan untuk mengekstrak energi dan nutrisi bagi larva BSF (Yuwono *et al.*, 2021). Sama seperti mamalia dan serangga lainnya, larva BSF memerlukan

makanan untuk memperoleh nutrisi untuk kebutuhan metaboliknya. Monomer karbohidrat dan glukosa digunakan larva BSF sebagai bahan pembangun blok untuk jaringan dan sebagai bahan bakar. Larva lalat juga dikelilingi oleh karbohidrat kitin.

Asam amino, bangunan blok protein merupakan molekul penting untuk produksi jaringan larva lalat, hormon, dan protein transpor.

Histidine, arginine, leucine, isoleucine, methionine, lysine, threonine, phenylalanine, valine, dan tryptophan merupakan asam amino yang sangat dibutuhkan untuk BSF. Lipid berfungsi sebagai penyimpanan energi, menyediakan struktural konstituen untuk membran sel dan organel, serta penting untuk produksi hormon. Vitamin, sterol, dan mineral juga penting untuk perkembangan larva (Carvalho *et al.*, 2012).

Larva makan melalui mulut yang terletak di ujung anterior dengan bentuk yang lonjong memanjang. Larva lalat memakan cairan dan padatan tanpa menentukan ukuran partikel maksimum. Mengikuti pencernaan, makanan melewati pipa makanan (esofagus), proventrikulus (katup dengan fungsi yang berpotensi menggiling), ke dalam usus tengah (Carvalho *et al.*, 2012). Usus tengah merupakan bagian terpanjang dan bagian sangat penting dari pencernaan larva untuk penginderaan makanan, dekomposisi, dan penyerapan nutrisi yang berlipat ganda dengan sendirinya antara ujung anterior dan posterior larva lalat mengekstrak enzim dari usus dan kelenjar ludah dan hanya 10% dari aktivitas enzim (Carvalho *et al.*, 2012). Sepanjang usus tengah, melalui aksi gabungan dari lingkungan usus, enzim, dan mikroba, makanan dipecah menjadi molekul yang lebih kecil untuk diserap melalui sel-sel usus ke dalam hemolimfa.

Hemolimfa dianalogikan dengan darah pada vertebrata dan mengangkut nutrisi dalam larva tubuh. Nutrisi disimpan pada lemak tubuh larva, yang penting untuk akumulasi lipid, dan mengontrol metabolisme larva. Dari usus tengah, diet menuju tubulus hindgut dan malpighi. Tubulus malpighi terletak antara usus tengah dan usus belakang terhubung ke hemolimfa dan penting untuk menjaga keseimbangan antara nutrisi, air, dan ion dalam larva. Mereka bertukar nutrisi, ion, zat nitrogen (misalnya asam urat) dan sisa metabolik lainnya dengan hemolimfa dan usus belakang, yang melebihi kebutuhan larva (Murakami *et al.*, 2001).

Siklus hidup Black Soldier Fly

Penelitian mengenai serangga *Hermetia illucens* telah berlangsung selama lebih dari 40 tahun di Amerika Serikat (Tomberlin *et al.* 2002). Secara alami, populasi BSF ditemukan di sekitar

tumpukan sampah. BSF betina biasanya bertelur di area kompos, kotoran unggas atau babi, serta mayat hewan atau manusia. Telur dapat menetas dalam 3 hingga 6 hari tergantung suhu. Larva makan tanpa henti selama 2 hingga 4 minggu, baik siang maupun malam hari. Umur serangga dewasa diperkirakan antara satu hingga dua minggu, namun dapat lebih lama jika diberikan air (Tomberlin *et al.*, 2002, Myers *et al.*, 2008).

Larva BSF makan tanpa henti selama 3 hingga 4 minggu tergantung dari jenis makanannya (Tomberlin *et al.*, 2002, Myers *et al.*, 2008). Prepupa akan bermigrasi ke lokasi kering dan tersembunyi untuk memulai tahap pupasi, yang memakan waktu sekitar 2 minggu. *H. illucens* dewasa hidup selama 1 hingga 2 minggu, tergantung dari diet larva mereka. Serangga dewasa yang diberikan air dapat hidup lebih lama (Tomberlin *et al.*, 2002, Myers *et al.*, 2008). Perkawinan terjadi dua hari setelah munculnya serangga dewasa, dan oviposisi terjadi empat hari setelahnya. Cahaya matahari merupakan faktor penting dalam proses perkawinan, dan cahaya buatan dengan intensitas lebih dari 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ dapat memicu perkawinan sepanjang tahun (Tomberlin & Sheppard 2002).

Penelitian Looveren Van *et al.*, (2024) menyatakan bahwa dinamika hitungan mikroba umum sepanjang siklus pemeliharaan BSF, mulai dari pengenalan larva berusia 8 hari hingga akhir tahap dewasa pada DAH (*day after hatching*) 46. Penghitungan mikroba dalam substrat dan frass dimulai dengan hitungan tinggi di atas 8.0 log cfu/g untuk total hitungan yang dapat hidup, Enterobacteriaceae, dan bakteri asam laktat. Hitungan jamur mencapai 7.1 ± 0.1 log cfu/g. Hitungan mikroba ini terkait dengan beban mikroba yang signifikan dari substrat nursery atau eksoskeleton larva. Pada hari-hari awal pemeliharaan (DAH 8–11), semua hitungan mikroba umum meningkat signifikan, sebagian besar dengan lebih dari satu log-unit.

Hitungan tertinggi untuk total hitungan yang dapat hidup, Enterobacteriaceae, dan bakteri asam laktat dalam substrat dicapai pada DAH 15, dengan hitungan di atas 9.5 log cfu/g untuk setiap parameter. Dalam frass pada DAH 22, hitungan Enterobacteriaceae berkurang menjadi 6.6 ± 0.6 log cfu/g, sementara hitungan total yang dapat hidup (9.1 ± 1.2 log cfu/g) dan bakteri asam laktat (8.6 ± 0.7 log cfu/g) masih tinggi. Hitungan jamur menunjukkan nilai

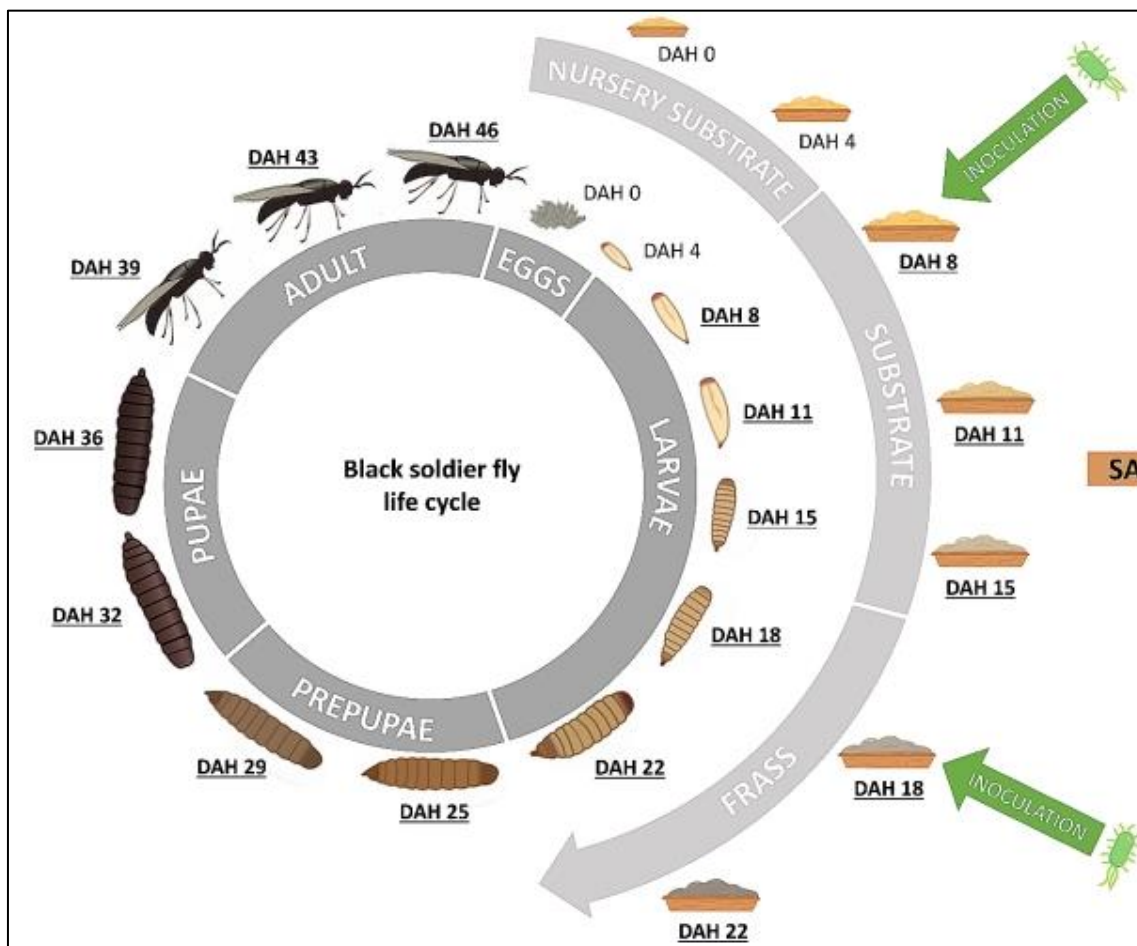
tertinggi dalam substrat pada DAH 11 (8.2 ± 0.3 log cfu/g), diikuti oleh penurunan bertahap menjadi 6.7 ± 0.4 log cfu/g dalam frass pada DAH 22.

Mengenai tahapan kehidupan BSF, larva berusia 8 hari menunjukkan beban mikroba tinggi, dengan hitungan total yang dapat hidup dan hitungan untuk Enterobacteriaceae, bakteri asam laktat, dan jamur antara 7.6 dan 8.3 log cfu/g dan hitungan endospora aerobik $< 4.8 \pm 1.0$ log cfu/g. Selama tahap larva, hitungan total yang dapat hidup dan hitungan untuk Enterobacteriaceae dan bakteri asam laktat bervariasi dalam maksimum 1.2 log-unit, menunjukkan bahwa usia larva memiliki pengaruh terbatas pada beban mikrobanya. Hitungan jamur berkurang menjadi 6.3 ± 0.3 log cfu/g pada larva yang lebih tua (DAH 22), menunjukkan dominasi bakteri atas jamur pada larva yang lebih tua.

Kasgot dan Kandungannya

Kandungan nutrisi kasgot dan proses produksinya

Informasi mengenai kandungan nutrisi kasgot disajikan pada Tabel 1. Kasgot dari limbah nasi memenuhi empat dari enam syarat minimum pupuk organik padat yang ditetapkan oleh Permentan No.261/KPTS/SR.310/M/4/2019 berdasarkan parameter C-Organik, kadar air, pH, dan nitrogen. Kasgot dari limbah campuran hanya memenuhi syarat C-Organik, nitrogen dan kalium, kasgot dari limbah buah hanya memenuhi syarat C-Organik dan kalium, dan kasgot limbah sayur hanya C-Organik yang memenuhi syarat. Hal tersebut menunjukkan kasgot dari limbah nasi menjadi perlakuan terbaik dibandingkan kasgot limbah lain (Musadik et al., 2021).



Gambar 2. Siklus hidup black soldier fly (Sumber: Looveren et al, 2024)

Tabel 1. Kandungan unsur hara dan kimiawi kasgot

Parameter (%)	Pakan Kasgot					Sampah Dapur	Standar	Referensi
	Sayur (S)	Buah (B)	Nasi (N)	S+B	S+B+N			
N-organik	3,276	2,297	N/A	3,744	N/A	N/A	Min 0,5	Nirmala <i>et al.</i> , 2020
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,9	Min 2	Sebayang, 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,9	Min 4	Fauzi <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	31,6		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,83		Chavez <i>et al.</i> , 2024
Ca	1,82	2,1	2,44	N/A	1,11	N/A	(#)	Agustin <i>et al.</i> , 2023.
	N/A	N/A	N/A	NA	N/A	2,81	< 50	Sari <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,4		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,404		Reswita <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,27		Chavez <i>et al.</i> , 2024
Mg	N/A	N/A	N/A	NA	N/A	0,41	< 0,60	Sari <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,2		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,002		Reswita <i>et al.</i> , 2022
Fe (ppm)	N/A	N/A	N/A	NA	N/A	0,98		Chavez <i>et al.</i> , 2024
	N/A	N/A	N/A	NA	N/A	332,18	< 15.000	Sari <i>et al.</i> , 2022
Pb (ppm)	N/A	N/A	N/A	NA	N/A	4,1		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	NA	N/A	0,26	< 50	Sari <i>et al.</i> , 2022
P ₂ O ₅	3,387	1,156	N/A	3,053	N/A	N/A	Min 2	Nirmala <i>et al.</i> , 2020
	0,51	0,48	0,62	N/A	0,55	N/A		Musadik <i>et al.</i> , 2021
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,8		Sari <i>et al.</i> , 2022
P ₂ O ₂	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,53		Sebayang, 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,57	Min 4	Fauzi <i>et al.</i> , 2022
K ₂ O	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,39		Hidayah <i>et al.</i> , 2023.
	9,744	5,09	N/A	7,568	N/A	N/A	Min 2	Nirmala <i>et al.</i> , 2020
	1,98	2,69	0,69	N/A	18,07	N/A		Musadik <i>et al.</i> , 2021
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,32		Sari <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,47		Sebayang, 2022
C-Organik	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,32	Min 4	Fauzi <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03		Hidayah <i>et al.</i> , 2023.
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7,35		Chavez <i>et al.</i> , 2024
	40,95	47,46	N/A	39,08	N/A	N/A	Min. 15	Nirmala <i>et al.</i> , 2020
	17,82	23,16	23,92	N/A	22,55	N/A		Musadik <i>et al.</i> , 2021
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	25,32		Sari <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13,38		Sebayang, 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20,1		Fauzi <i>et al.</i> , 2022
C/N Rasio	44,09	42,98	40,98	N/A	40,58	N/A	(#)	Agustin <i>et al.</i> , 2023.
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13,895		Reswita <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8,23		Hidayah <i>et al.</i> , 2023.
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	37,49		Chavez <i>et al.</i> , 2024
	12,5	20,66	N/A	10,44	N/A	N/A	Min 8-20	Nirmala <i>et al.</i> , 2020
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,4		Sari <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,93	≤ 25	Sebayang, 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,57	15 – 25	Fauzi <i>et al.</i> , 2022
Kadar Air	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12,7		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9,79		Chavez <i>et al.</i> , 2024
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,726		Reswita <i>et al.</i> , 2022
	24	20	17	N/A	37	N/A		Agustin <i>et al.</i> , 2023.
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9,35		Hidayah <i>et al.</i> , 2023.
	11,04	11,66	N/A	14,79	N/A	N/A	8-20	Nirmala <i>et al.</i> , 2020
	22,51	23,04	16,78	N/A	21,69	N/A		Musadik <i>et al.</i> , 2021

	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	22,77		Sari <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	72,05	8-25	Sebayang, 2022
N-Total	0,92	1,44	5,39	N/A	2,25	N/A	Min 2	Musadik <i>et al.</i> , 2021
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,98		Sari <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,940		Reswita <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,88		Hidayah <i>et al.</i> , 2023.
P-Total	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5.6		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,714		Reswita <i>et al.</i> , 2022
	0,25	0,33	0,21	N/A	0,31	N/A		Agustin <i>et al.</i> , 2023.
K-Total	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	400.7	9	Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	2,95	3,55	0,36	N/A	3,2	N/A		Agustin <i>et al.</i> , 2023.
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,572		Reswita <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,11		Chavez <i>et al.</i> , 2024
Na-Total	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,482		Reswita <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,2		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,52		Chavez <i>et al.</i> , 2024
Mangan	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,2		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	157,32*		Chavez <i>et al.</i> , 2024
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	157,32		Chavez <i>et al.</i> , 2024
Zn	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.1		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	130,32		Chavez <i>et al.</i> , 2024
Al	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.6	N/A	Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13,206*		Reswita <i>et al.</i> , 2022
Cu	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12.8		Fuhrmann <i>et al.</i> , 2022
Fe	0,2	0,1	0,08	N/A	0,19	N/A	N/A	Agustin <i>et al.</i> , 2023.
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1068,62	N/A	Chavez <i>et al.</i> , 2024
P	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,25	N/A	Chavez <i>et al.</i> , 2024
S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,66	N/A	Chavez <i>et al.</i> , 2024
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,207	(\$)	Reswita <i>et al.</i> , 2022
B (ppm)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	52,1	N/A	Chavez <i>et al.</i> , 2024

Ket: Standar berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.261/KPTS/SR.310/M/4/2019; N/A: (tidak ada data); *dalam ppm; (#) SNI 13-4721-1998; (\$) SNI 19-7030-2004

C-Organik adalah bahan organik yang terkandung di dalam maupun permukaan tanah berasal dari senyawa karbon di alam, semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Kandungan C-Organik yang tinggi dapat meningkatkan hasil produksi tanaman, karena tanaman mampu menyerap unsur hara dalam jumlah tinggi untuk proses pertumbuhan yang optimal (Musadik *et al.*, 2021). C-Organik akan meningkatkan tekstur tanah dan agregasi tanah yang akan berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi kadar C-Organik total maka kualitas pupuk organik semakin baik. C-Organik merupakan bagian fungsional dari bahan organik yang memiliki peran penting dalam menentukan kesuburan dan produktivitas media tanam untuk memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan

aktivitas biologis tanah, dan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Rendahnya kadar C-Organik akan berakibat buruk pada sifat fisik dan kimia tanah seperti berat isi (bulk density), ruang pori total, pori aerasi, dan K tersedia, sehingga C-Organik berkaitan erat dengan tingkat kesuburan tanah (Musadik *et al.*, 2021).

Dekomposisi sampah oleh mikroba melibatkan metabolisme dari berbagai kelompok mikroba dari tiap-tiap proses metabolismenya. Enzim hidrolitik yang diproduksi mikroba tertentu memiliki fungsi yang mirip dengan yang ditemukan pada larva lalat dan bisa mendekomposisi karbohidrat, protein, dan lipid, serta molekul biowaste atau ekskresi larva (misalnya asam urat) potensial untuk digunakan dalam skala besar. Yang lebih pentingnya lagi, mikroba anaerob fakultatif dan obligat yang ditemukan pada biowaste memiliki enzim selulase yang menghidrolisis serat (contohnya:

selulosa, lignin, dan hemiselulosa) (Terra and Ferreira, 2012). Produk dari hidrolisis sampah oleh mikroba (seperti gula dan asam organik) digunakan oleh larva BSF untuk metabolisme tubuhnya. Larva kemungkinan besar mendapat manfaat dari tindakan mikroba yang menyediakan molekul untuk metabolisme mereka, yang tanpa tindakan mereka tidak akan tersedia. Mikroba bisa mengkonversi molekul non-protein menjadi biomassa mikroba yang bisa didekomposisi oleh larva BSF, sehingga meningkatkan kandungan asam amino secara keseluruhan. Namun, larva juga bersaing dengan mikroba untuk konstituen limbah hayati (Raubenheimer *et al.*, 1999).

Mikroba pada limbah organik dan usus larva memiliki fungsi ganda yang penting bagi pertumbuhan BSF. Pada limbah organik, penting untuk menghidrolisis makronutrien, terutama serat yang tidak mampu dicerna oleh BSF. Setelah tertelan, mikroba diinaktivasi secara selektif oleh pH usus dan oleh enzim serta protein antimikroba dan digunakan oleh larva sebagai nutrisi tambahan. Karbohidrat dari limbah hayati berpengaruh terhadap kandungan lipid dalam tubuh larva BSF. Pada protein yang rendah dan karbohidrat yang tinggi pada sumber makanan larva BSF, karbohidrat dikonversi oleh larva BSF menjadi lemak dan kemudian disimpan pada jaringan lemak. Dengan demikian, BSF yang diproduksi dari protein rendah dan diet tinggi karbohidrat biasanya mengandung lipid lebih tinggi dibandingkan dengan BSFL yang dihasilkan dari diet karbohidrat lebih seimbang dan protein (Gold *et al.*, 2018). Hal ini dibuktikan oleh Tinder *et al.*, (2017) kandungan energi yang tinggi pada larva BSF diperoleh dari limbah yang kaya protein dan rendah karbohidrat.

Mineral penting dari kasgot: makronutrien dan mikronutrien (esensial dan non-esensial)

Kompos adalah proses biologis yang terjadi di bawah kondisi aerobik (dengan keberadaan oksigen) dengan kelembaban dan suhu yang memadai, mengubah limbah organik menjadi bahan yang homogen dan tersedia bagi tanaman. Selama proses kompos, berbagai mikroorganisme melakukan proses metabolisme kompleks untuk menghasilkan biomassa mikroba mereka sendiri dalam keberadaan oksigen, nitrogen (N), dan karbon (C). Dalam proses ini, selain itu, mikroorganisme

menghasilkan panas dan substrat padat, dengan lebih sedikit karbon dan nitrogen, tetapi lebih stabil, yang disebut kompos (FAO, 1980 dan 2020).

Selama proses dekomposisi bahan organik kompleks, seperti karbon (C) dan nitrogen (N), mikroorganisme menghasilkan panas karena aktivitas metabolisme. Hal ini menyebabkan perubahan suhu selama proses dekomposisi. Sistem kompos dengan keterbatasan nutrisi. Seperti yang diharapkan, mencuci kompos mengurangi ketersediaan nutrisi larut dan tanaman yang tumbuh dalam medium ini memiliki biomassa yang signifikan lebih rendah. Meskipun kompos yang dicuci memiliki kepadatan dan pH yang tidak berubah secara signifikan, penurunan pertumbuhan di atas tanah disebabkan oleh penghilangan banyak nutrisi larut, terutama N, P, dan K. Dalam upaya mengembalikan tingkat nutrisi pada sistem kompos yang dicuci, dua solusi nutrisi yang berbeda diuji untuk menemukan pemulihan pertumbuhan tanaman yang paling efisien dan berhasil. Penting bahwa tingkat nutrisi dapat dengan mudah dimanipulasi untuk mensimulasikan defisiensi nutrisi yang berbeda untuk digunakan dalam eksperimen dengan mikroba yang mempromosikan pertumbuhan tanaman. Solusi Hoagland memberikan pemulihan pertumbuhan tanaman yang sangat efektif dan dapat diandalkan ketika digunakan dalam bioassay solubilisasi fosfat. Namun, metode ini tidak cocok untuk eksperimen depleksi mineral N. Solusi nutrisi kedua yang diuji adalah versi modifikasi dari solusi Letcombe untuk gandum. Kesimpulan utamanya adalah bahwa status nutrisi kompos yang dicuci lebih penting daripada ukuran pori untuk biomassa tanaman.

Sistem kompos lebih rumit dan kompleks secara ekologis daripada, misalnya, pasir atau hidroponik. Ini berarti simulasi dapat lebih mendekati kondisi yang ditemukan di lapangan – translasi eksperimen dari kompos ke lapangan mungkin lebih realistis daripada, misalnya, eksperimen *in vitro* atau yang menggunakan substrat mineral inerte seperti vermiculite. Selain itu, tanah asli tidak cocok untuk eksperimen seperti ini karena sulit untuk memanipulasi keadaan biotik, abiotik, dan fisiknya. Pengembangan tanah yang kekurangan nutrisi tertentu akan memerlukan waktu bertahun-tahun

untuk dicapai, sedangkan sistem kompos yang disajikan di sini dapat dengan mudah dimanipulasi untuk mengontrol faktor-faktor ini. Aplikasi utama sistem ini adalah pengujian interaksi mikroba dan dampaknya pada kesehatan tanaman. Kemampuan mikroba, baik sebagai inokulan tunggal maupun sebagai komunitas sintetis, untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dapat diuji dalam sistem yang terstandarisasi dan mudah dimanipulasi ini yang dapat mensimulasikan banyak kondisi lingkungan: kekurangan nutrisi, struktur fisik yang berubah, penurunan populasi mikroba, dan stres abiotik seperti kekeringan atau banjir.

Kasgot, atau frass dari larva BSF, mengandung berbagai nutrisi makro dan mikro yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman. Unsur nutrisi makronutrien diantaranya yaitu 1) nitrogen, Penting untuk pertumbuhan daun dan batang, meningkatkan kandungan protein dalam tanaman. Kasgot kaya akan nitrogen, karena kandungan protein dari makanan larva yang diuraikan. 2) fosfor, penting untuk pembentukan akar, bunga, dan buah, meningkatkan kekuatan dan kesehatan tanaman. Fosfor dalam kasgot membantu dalam pembentukan energi (ATP) yang dibutuhkan untuk berbagai proses biologis. 3) kalium, penting untuk keseimbangan air dalam tanaman dan resistensi terhadap penyakit, meningkatkan kualitas buah dan bunga, kalium membantu dalam pengaturan enzim dan proses fotosintesis (Tognetti et al., 2005).

Kasgot mengandung berbagai macam nutrisi yang bermanfaat untuk tanaman. Nutrisi tersebut terbagi menjadi dua kategori utama: unsur mikronutrien esensial dan non-esensial. Unsur Mikronutrien Esensial dalam Kasgot: 1) Boron (B) - penting untuk pembelahan sel dan pembentukan dinding sel. 2) Klor (Cl) - Berperan dalam fotosintesis dan osmoregulasi. 3) Tembaga (Cu) - Diperlukan dalam berbagai proses enzimatik. 4) Besi (Fe) - Penting untuk sintesis klorofil dan fungsi enzim (Atiyeh et al.2002). 5) Mangan (Mn) - Berperan dalam fotosintesis, respirasi, dan asimilasi nitrogen. 6) Molibdenum (Mo) - Diperlukan untuk fiksasi nitrogen dan metabolisme sulfur. 7) Nikel (Ni) - Berperan dalam metabolisme nitrogen. 8) Seng (Zn) - Penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta fungsi enzim. Sedangkan unsur mikronutrien non-esensial adalah unsur yang

tidak selalu diperlukan oleh semua jenis tanaman, atau hanya diperlukan dalam jumlah sangat kecil dan spesifik. Beberapa di antaranya mungkin terdapat dalam kasgot, namun perannya tidak selalu kritis untuk semua jenis tanaman. Contoh: 1) Kobalt (Co) - walaupun tidak esensial untuk semua tanaman, tetapi penting untuk beberapa proses mikrobiologis, terutama pada tanaman yang berasosiasi dengan bakteri penambat nitrogen. 2) Silikon (Si) - dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan stres abiotik. 3) Selenium (Se) - tidak esensial untuk tanaman, tetapi dapat bermanfaat dalam jumlah kecil untuk kesehatan tanah dan organisme lain (Arancon et al., 2004).

Perbandingan kandungan nutrisi kasgot berdasarkan sumber senyawa organik

Kasgot sebagai bahan baku pupuk organik harus memiliki karakteristik kimia dan biologi yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Sifat kimia pupuk organik kasgot menggambarkan nilai unsur hara makro dan mikro yang terkandung di dalamnya. Adapun sifat biologi kasgot yaitu kandungan mikroorganisme yang menguntungkan seperti kelompok bakteri pemfiksasi nitrogen dan bakteri pelarut fosfat. Kandungan nutrisi pada kasgot ditentukan oleh sumber limbah yang diberikan kepada maggot. Beberapa sumber limbah diantaranya adalah sisa makanan, kotoran hewan, limbah pertanian, limbah organik perkotaan, dan kompos.

Sisa makanan maggot dan kotorannya mengandung nutrisi seperti nitrogen (N) *fosfor (P)* dan *kalium (K)* yang tergolong unsur tertinggi pada analisis kandungan kasgot (Musadik et al., 2021). Pada kasgot yang berasal dari kotoran hewan, kandungannya terdiri atas nitrogen, fosfor, kemudian kalium dengan kandungan yang tidak terlalu tinggi, serta mengandung bahan organik dan mikroorganisme yang membantu dalam siklus nutrisi. Pada kasgot yang berasal dari limbah pertanian, mengandung nitrogen dan fosfor dengan kadar yang tidak begitu tinggi, dan memiliki kandungan kalium dan bahan organik yang tinggi, selain itu limbah ini juga mengandung selulosa dan lignin. Hal ini seperti . Pada kasgot yang berasal dari limbah perkotaan memiliki kandungan NPK yang beragam karena sumber sampahnya juga beragam, serta ada beberapa limbah yang mengandung logam berat.

Pada kasgot yang berasal dari kompos memiliki kandungan nitrogen dan kalium yang tinggi, fosfor tidak terlalu tinggi, serta mengandung asam humat (Fadhillah et al., 2020).

Jenis-jenis sampah organik seperti sabut kelapa dengan tambahan sampah restoran, kotoran ayam dan kotoran puyuh dapat mempengaruhi pertumbuhan maggot dan kualitas pupuk organik. Serabut kelapa muda digunakan sebagai pakan maggot menghasilkan frass sedikit banyak residu kasar sehingga menyebabkan maggot berukuran kecil hal ini disebabkan karena serabut kelapa mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang susah dicerna oleh maggot (Dani, 2023). Produksi kasgot dari substrat yang berbeda dipengaruhi oleh konsumsi substrat, indeks reduksi limbah dan efisiensi produksi pakan yang dicerna. Semakin tinggi nilai konsumsi substrat maggot maka semakin banyak substrat yang akan dihasilkan. Konsumsi substrat pada maggot dipengaruhi oleh kandungan air, nutrisi dan tekstur substrat yang diberikan. Reduksi limbah tergantung pada waktu yang dibutuhkan maggot untuk mereduksi substrat jika semakin tinggi reduksi limbah maka reduksi limbah yang dihasilkan semakin baik (Qibtia, 2023).

Uraian diatas, terlihat perbedaan nutrisi kasgot yang berasal dari berbagai sumber. Nitrogen memiliki kandungan yang tinggi pada semua sumber. Fosfor kandungannya tinggi dalam frass berbasis kotoran hewan dan sisa makanan, sedang pada sisa pertanian dan kompos. Kalium tertinggi pada sisa pertanian dan kompos, sedang hingga tinggi pada sumber lainnya. Bahan organik memiliki kandungan yang berlimpah pada semua jenis, terutama tinggi pada limbah perkotaan dan kompos. Serta unsur mikro dan mikroorganisme kehadirannya bervariasi tergantung pada sumber organik.

Penggunaan Kasgot untuk Pertumbuhan Tanaman dalam Bidang Agrikultur

Pupuk organik berbentuk padat

Kasgot padat adalah bentuk yang paling umum digunakan dan mengandung berbagai makronutrien dan mikronutrien esensial. Nutrisi utama yang terkandung dalam kasgot padat meliputi nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Nutrisi ini dilepaskan secara perlahan ke dalam tanah, memberikan pasokan nutrisi yang stabil

dan berkelanjutan bagi tanaman. Kasgot padat juga mengandung mikronutrien penting seperti boron (B), klor (Cl), tembaga (Cu), besi (Fe), mangan (Mn), molibdenum (Mo), nikel (Ni), dan seng (Zn), yang berperan dalam berbagai proses fisiologis tanaman seperti pembelahan sel, fotosintesis, dan metabolisme nitrogen. Selain memberikan nutrisi, kasgot padat juga memperbaiki struktur tanah. Bahan organik yang terkandung dalam kasgot membantu meningkatkan aerasi dan retensi air tanah, serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang bermanfaat. Hal ini membuat tanah lebih subur dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih sehat (Fauzi et al., 2022; Bahri et al., 2022)

Pupuk organik berbentuk cair

Kasgot cair, atau teh kasgot, dibuat dengan merendam kasgot padat dalam air dan sering kali diaerasi untuk mengekstrak nutrisi dan mikroorganisme bermanfaat. Teh kasgot ini dapat diaplikasikan langsung ke daun tanaman atau digunakan sebagai pupuk cair di tanah. Nutrisi dalam kasgot cair lebih mudah diserap oleh tanaman, memberikan dorongan cepat pada pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Selain mengandung makronutrien dan mikronutrien yang sama dengan kasgot padat, kasgot cair juga kaya akan mikroorganisme bermanfaat seperti bakteri dan fungi. Mikroorganisme ini membantu meningkatkan kesehatan tanah dan melawan patogen tanaman, yang pada gilirannya meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Kasgot cair juga sangat fleksibel dalam penggunaannya. Sebagai semprotan daun, teh kasgot dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres abiotik dan penyakit, sementara aplikasi ke tanah dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Fleksibilitas ini membuat kasgot cair menjadi tambahan yang sangat berharga bagi praktik pertanian dan berkebun organik (Meilani et al., 2022; Sakiroh et al., 2023).

Penggunaan biofertilizer padat/cair pada tanaman sayuran, sereal, hias dan obat

Hasil analisis review artikel mengenai penggunaan kasgot sebagai sumber pupuk pada tanaman ditunjukkan pada Tabel 2. Pengaplikasian kasgot pada tanaman secara keseluruhan telah terbukti memiliki berbagai dampak positif terhadap pertumbuhan dan

perkembangan tanaman, seperti yang terlihat pada Tabel 3. Dalam tabel tersebut, terlihat bahwa penggunaan kasgot dapat meningkatkan berbagai parameter pertumbuhan tanaman, termasuk penambahan jumlah daun, tinggi tanaman, bobot tanaman, jumlah klorofil, panjang akar, dan parameter lainnya. Kasgot dapat diaplikasikan dalam bentuk pupuk cair maupun padat, namun dari data yang diperoleh diketahui bahwa kasgot lebih umum digunakan dalam bentuk padat. Penggunaan kasgot dalam

bentuk padat telah menjadi pilihan yang umum terutama dalam budidaya tanaman sayur-sayuran. Bentuk padat dari kasgot memungkinkan aplikasi yang mudah dan praktis, baik sebagai pupuk dasar sebelum penanaman maupun sebagai top dressing selama pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, kasgot padat telah menjadi pilihan yang populer di kalangan petani dan berkontribusi pada peningkatan produksi tanaman sayuran secara organik.

Tabel 2. Pengaruh kasgot dengan dosis yang berbeda terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman

Sumber Kasgot	Jenis Kasgot	Kadar	Tanaman	Hasil	Referensi
Nasi	Padat	Kasgot 10% dan 20%	<i>Brassica oleracea</i>	Pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, bobot daun panen, panjang akar, dan bobot akar) lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya	Musadik et al., 2021
N/A	Padat	Kasgot 200 gr/kg	<i>Brassica rapa</i> var. Parachinensis	Berpengaruh terhadap peningkatan tinggi, jumlah daun, luas permukaan daun dan bobot basah	Fauzi et al., 2022
N/A	Padat	N/A	<i>Brassica juncea</i>	Berpengaruh terhadap tinggi dan jumlah daun	Nuryana et al., 2022
N/A	Padat	Kasgot 10 ton/ha + Kalium 65 kg/ha	<i>Glycine max</i> (L.) Merrill	Berpengaruh terhadap jumlah cabang primer dan produksi pertanaman	Bahri et al., 2022
Kotoran ayam	Cair	Kasgot 6 ton/ha	<i>Lactuca sativa</i> L.	Berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tiap tanaman, bobot segar tiap petak, bobot kering tanaman, bobot kering akar	Meilani et al., 2022
N/A	Cair	AB mix : kasgot (1:1)	<i>Brassica rapa</i> var. Narinosa	Berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar, jumlah klorofil, berat basah, berat kering	Suwirmen et al., 2022
Sayur, buah, ampas kelapa, sisa industri, ampas minyak sawit	Cair	Penyemprotan 6% dan 3% liquid biofertilizer (LB)	Kopi arabika	6% LB berpengaruh terhadap peningkatan diameter batang 3% LB berpengaruh terhadap peningkatan jumlah daun	Sakiroh et al., 2023
N/A	Padat	Kasgot 75 % + Biochar 25 %	<i>Brassica Oleraceae</i> L.	Berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan berat basah	Syahputra, 2023
N/A	Padat	150 g kasgot	<i>Brassica rapa</i> L.	Berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah, dan berat kering	Kare et al., 2023
N/A	Padat	Kasgot 100 g dan	<i>Capsicum annum</i> L.	Berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan	Triwijayani et al.,

N/A	Padat	150 g Kasgot 30 ton/ha	<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i> L.	warna daun Berpengaruh terhadap jumlah daun, tinggi tanaman, diameter batang semu, bobot segar tajuk, luas daun, bobot segar akar, dan produktivitas	2023 Adiningrum et al., 2023
Sayur	Padat	Kasgot 50 g, 100 g, 150 g, dan 200 g.	<i>Amaranthus cruentus</i>	Berpenaruh terhadap panjang mahkota ke tunas terminal, jumlah daun, dan diameter mahkota. Biomassa daun segar dan biomassa akar segar.	Leyo et al., 2022
N/A	Padat	Kasgot 100 g, 200 g, 300 g, dan 400 g	<i>Brassica rapa</i> var. Parachinensis	Berpengaruh terhadap tingi tanaman, jumlah dan luas daun, dan berat basah.	Fauzi et al., 2022
N/A	Padat	Kagot + urea 150kg ha ⁻¹ , Kasgot + SP-36 150 kg ha ⁻¹ , dan Kasgot+ KCl 100kg ha ⁻¹	<i>Amaranthus tricolor</i>	Berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, kehijauan daun, bobot kering tajuk dan bobot kering akar.	Purwanto, et al., 2023.
N/A	Padat	Kasgot 1,5 kg	<i>Solanum melongena</i> L.	Berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Berpengaruh nyata terhadap diameter batang.	Mahendra, et al. 2023.
Nasi	Padat	Kasgot 650 g	N/A	N/A	Agustin et al., 2023.
Sayur	Padat	Kasgot 2200 g	N/A	N/A	Agustin et al., 2023.
Buah	Padat	Kasgot 1900 g	N/A	N/A	Agustin et al., 2023.
Campuran (nasi, sayur, buah)	Padat	Kasgot 2500 g	N/A	N/A	Agustin et al., 2023.
N/A	Cair	Airlindi Kasgot + nutrisi AB (3:1) Air lindi kasgot + AB (1:1) Air lindi + AB (1:3)	<i>Brassica rapa</i> var <i>narinosa</i> L.	Berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, berat kering dan berat basah. Perlakuan 1:1 merupakan konsentrasi yang paling efektif dalam peningkatan pertumbuhan tanaman dan meminimalkan pupuk anorganik 50%.	Suwirmen et al., 2022.

Kasgot dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik yang dapat meningkatkan jumlah daun, tinggi tanaman, diameter batang, panjang akar dan produksi tanaman. Jenis kasgot padat lebih sering digunakan untuk pupuk dari pada

jenis kasgot cair. Selain dari jenis kasgot konsentrasi atau dosis yang diberikan juga berpengaruh terhadap respon tanaman. Setiap tanaman memiliki kebutuhan unsur hara dan kebutuhan dosis yang berbeda. Dengan

pemberian dosis kasgot yang pas tumbuhan mampu tumbuh dengan baik dan menyebabkan adanya interaksi dari beberapa faktor perlakuan yang sinergis, saling mendukung satu sama lain sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Husain *et al.*, 2024). Pemberian pupuk kasgot dengan dosis yang kecil dapat meningkatkan tinggi dan jumlah polong tanaman kedelai hitam sedangkan pemberian pupuk asgot dengan dosis yang besar dapat meningkatkan hasil produksi kedelai hitam hal ini disebabkan karena penggunaan dosis yang pas kan memenuhi unsur hara tanaman (Sugianto *et al.*, 2022). Pemberian dosis kasgot yang terlalu kecil tidak akan berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar dan hasil produksi. Oleh sebab itu, pemberian dosis yang pas sangat penting untuk menunjang kebutuhan unsur hara dan pertumbuhan tanaman.

Pupuk kasgot banyak diaplikasikan pada tanaman uji famili Brassicaceae karena famili ini memiliki siklus hidup yang cukup singkat, mudah tumbuh, bibitnya didapatkan dengan mudah dan mempunyai respon yang baik terhadap pupuk yang diaplikasikan. Aplikasi pupuk kasgot pada famili Brassicaceae memberikan pengaruh positif terhadap jumlah daun, luas permukaan daun, panjang akar, bobot basah dan bobot kering dapat dilihat pada tabel 3. Penggunaan pupuk kasgot dapat dikombinasikan dengan beberapa pupuk lain seperti kalium, biochar dan paklobutrazol. Kombinasi pupuk ini memberikan pengaruh pada berat basah, tinggi tanaman, jumlah cabang dan meningkatkan hasil produksi.

Aplikasi penggunaan pupuk kasgot untuk tanaman yaitu selama fase vegetatif karena pemberian di fase vegetatif ini dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, panjang akar, berat basah, berat kering, jumlah daun, diameter batang dan hasil produksi. Penggunaan kasgot untuk pupuk dapat memberikan dampak positif dalam pertumbuhan vegetatif dan meningkatkan hasil produksi tanaman jagung manis (purwanto *et al.*, 2024). Pada masa vegetatif tumbuhan memerlukan kandungan nitrogen (N), Fosfor (P) dan kalium (K) untuk merangsang pembentukan tunas, daun dan akar sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman supaya lebih optimal. Setiap jenis tanaman memiliki fase vegetatif berbeda-beda oleh karena itu pengalokasian

pupuk kasgot pada tanaman disesuaikan dengan jenis tanaman dan masa vegetatifnya.

Kasgot untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman

Maggot frass mengandung berbagai makronutrien seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang semuanya esensial untuk pertumbuhan tanaman. Nitrogen penting untuk sintesis protein dan pembentukan klorofil, fosfor mendukung produksi energi dan perkembangan akar, sedangkan kalium membantu dalam regulasi air dan aktivasi enzim tanaman. Selain itu, maggots frass juga mengandung mikronutrien seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan seng (Zn), yang berperan dalam berbagai fungsi fisiologis tanaman. Bahan organik dalam maggots frass membantu memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan aerasi dan kemampuan retensi air. Hal ini membuat tanah lebih gembur dan mendukung sistem akar tanaman yang sehat. Struktur tanah yang baik juga meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan nutrisi, sehingga lebih tersedia bagi tanaman dalam jangka panjang (Barragán-Fonseca *et al.*, 2017).

Pemberian maggots frass dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres abiotik dan biotik. Senyawa organik dan mikroba bermanfaat dalam frass membantu memperkuat sistem kekebalan tanaman, sehingga lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Selain itu, maggots frass mengandung chitinase, enzim yang dapat memecah kitin, komponen utama dinding sel hama dan patogen tertentu, sehingga membantu melindungi tanaman dari infeksi. Nutrisi yang terkandung dalam maggots frass, terutama fosfor, sangat bermanfaat untuk perkembangan sistem akar yang kuat. Akar yang sehat dan ekstensif memungkinkan tanaman untuk lebih efektif menyerap air dan nutrisi dari tanah, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Van Huis, 2013; Cicková *et al.*, 2015).

Pentingnya maggot dalam manajemen sampah organik

Kasgot memainkan peran penting dalam manajemen limbah senyawa organik yang efisien, menawarkan pendekatan multi-faset dalam manajemen limbah dengan manfaat lingkungan yang signifikan. Dihasilkan dari

proses pencernaan larva lalat pada limbah organik, kasgot memiliki sejumlah nutrisi dan enzim yang kaya akibat pemecahan senyawa organik kompleks. Komposisi yang kaya nutrisi ini menjadikannya sumber daya yang berharga untuk transformasi limbah organik menjadi kompos kaya nutrisi atau pembenah tanah, sehingga memfasilitasi daur ulang bahan organik kembali ke ekosistem. Penelitian telah menyoroti efektivitas kasgot dalam proses manajemen limbah. Misalnya, penelitian oleh Cicková *et al.* (2015) menunjukkan kemampuan larva lalat untuk mengubah limbah organik menjadi frass, mengurangi volume limbah dan mengurangi polusi lingkungan. Komposisi kaya nutrisi frass larva serangga, seperti yang terungkap dalam penelitian Barragán-Fonseca *et al.* (2017), menegaskan potensinya untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman.

Proses dekomposisi dapat berjalan dengan cepat karena adanya bakteri pemfiksasi nitrogen, seperti *Rhodospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *bacillus* dan *Myobacterium* dan bakteri pelarut fosfat seperti *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Escherichia*, dan *Xanthomonas* (Fauzi *et al.* 2022). Aktivitas mikroba ini, seperti yang dibahas dalam Van Huis (2013), mampu memecah materi organik, berkontribusi pada konversi limbah menjadi amandemen tanah yang berharga. Melalui pemanfaatan kasgota, limbah organik diolah dengan efektif, mengurangi ketergantungan pada tempat pembuangan sampah dan mendorong pendekatan yang lebih berkelanjutan dalam manajemen limbah. Dengan memanfaatkan kasgot, strategi manajemen limbah dapat mencapai efisiensi yang lebih besar dan keberlanjutan lingkungan. Komposisi yang kaya nutrisi, ditambah dengan kemampuannya untuk mempercepat dekomposisi dan meningkatkan kesuburan tanah, menjadikan frass larva serangga sebagai alat penting dalam transisi menuju ekonomi berkelanjutan dan pengurangan polusi limbah organik.

Pentingnya maggot untuk sektor agrikultur

Pertanian modern menghadapi berbagai tantangan, mulai dari degradasi tanah, kebutuhan akan pupuk kimia yang tinggi, hingga masalah limbah organik. Munculnya budidaya BSF menjadi solusi inovatif untuk permasalahan tersebut. Frass BSF, yang merupakan produk

sampingan dari proses pengolahan limbah organik oleh larva BSF, memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas tanah, media tanam, dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Penggunaan frass larva serangga sebagai pupuk hayati (biofertilizer) memiliki dampak yang signifikan sebagai pengganti pupuk anorganik. Kandungan nutrisi yang lengkap dan beragam yang sangat dibutuhkan oleh tanaman, menjadikan frass sebagai sumber pupuk organik yang efektif dan berkualitas tinggi.

Frass BSF memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan dapat meningkatkan pendapatan petani secara signifikan. Pemanfaatan frass BSF sebagai pupuk organik dapat menghasilkan pendapatan bersih yang lebih tinggi dibandingkan dengan hanya melakukan budidaya BSF saja. Ini memberikan peluang bagi petani untuk mengoptimalkan penggunaan limbah organik dan meningkatkan produktivitas pertanian mereka (Susilo *et al.*, 2024). Penambahan frass BSF ke dalam tanah memberikan manfaat yang signifikan bagi ekosistem tanaman. Frass BSF kaya akan bahan organik yang dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas retensi air. Selain itu, frass BSF dapat mencegah pertumbuhan patogen penyakit jamur seperti *Rhizoctonia*, *Fusarium*, dan *Pythium*. Lahan yang diberi frass BSF menunjukkan jumlah tanaman mati yang lebih sedikit dibandingkan dengan lahan yang hanya menggunakan pupuk NPK sintesis. Ini menunjukkan bahwa frass BSF dapat meningkatkan kesehatan dan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Susilo *et al.*, 2024).

Frass BSF juga dapat digunakan sebagai media tanam yang efektif. Dalam pertanian tanpa tanah, frass BSF dapat menggantikan gambut komersial yang biasa digunakan untuk tanaman pot. Campuran media tanam yang terdiri dari 80% gambut komersial dan 20% frass BSF telah terbukti memberikan hasil yang baik pada tanaman seperti selada dan tomat. Tanaman yang ditanam dalam media ini menunjukkan peningkatan berat kering total, luas daun, dan produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan media tanam konvensional (Susilo *et al.*, 2024).

Penggunaan kasgot sebagai pupuk hayati juga memiliki dampak positif terhadap kesehatan tanah dan ekosistem pertanian secara keseluruhan. Kasgot membantu meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki struktur

tanah, meningkatkan retensi air, dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah (Van Huis, 2013). Ini mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan bahan kimia lainnya yang dapat merusak lingkungan dan mengancam keberlanjutan pertanian jangka panjang. Dalam pertanian organik di rumah kaca dan sistem hidroponik, kasgot juga dapat memberikan solusi yang ramah lingkungan dan efisien.

Rumah kaca, kasgot dapat diaplikasikan secara langsung ke dalam tanah atau dicampur dengan media tanam untuk meningkatkan kesuburan tanah dan kualitas tanaman. Di sistem hidroponik, kasgot dapat dicairkan dan digunakan sebagai larutan nutrisi tanaman, menyediakan nutrisi esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman secara optimal (Meilani *et al.*, 2022). Penggunaan kasgot sebagai pupuk hayati memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan kualitas tanaman. Selain itu, kasgot juga dapat menjaga keberlanjutan kondisi lingkungan yang terjaga. Dalam era pertanian yang semakin mengarah pada praktik organik dan berkelanjutan, frass larva serangga menjanjikan sebagai salah satu solusi yang inovatif dan efektif untuk memenuhi kebutuhan pupuk tanaman yang aman dan ramah lingkungan.

Efek negatif maggot

Kasgot banyak digunakan sebagai pupuk organik yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman akan tetapi kasgot juga memiliki efek negatif untuk pertumbuhan tanaman. Kasgot memiliki kandungan amonia yang cukup tinggi hal ini dapat berdampak negatif bagi tanaman. Amonia yang terkandung didalam kasgot berasal dari kenaikan pH yang disebabkan proses dekomposisi selama maggot mengolah dan membuat media tumbuh sebagai sumber pakan, dimana pada proses dekomposisi ini akan terjadi pemecahan nitrogen organik menjadi amonia yang memiliki pH basa sehingga dapat berdampak terhadap peningkatan pH media. Media pada maggot mempengaruhi tingkat pH pada kasgot penggunaan limbah sayur sebagai media memiliki pH yang stabil (Nurai'ni *et al.*, 2024). Apabila kasgot memiliki kandungan amonia yang tinggi sebaiknya kasgot diolah kembali untuk menurunkan kadar amonia yang ada didalamnya.

Pemanfaatan kasgot sebagai Biofertilizer: solusi berkelanjutan untuk pertanian modern

Budidaya BSF untuk pengolahan sampah telah dilakukan di Perumahan Mutiara Bogor Raya, Katulampa, Bogor Timur. Pada penggunaannya sebagai decomposer sampah organik, BSF mampu menyapkan sampah 400 kg sehari. Kemudian maggot BSF juga digunakan sebagai bahan pakan sebanyak 50 kg maggot, dan 10 kg kasgot yang digunakan sebagai pupuk tanaman. Dengan pengaplikasian langsung yang sudah dilakukan, pengolahan sampah menggunakan BSF mampu memberikan aspek keberlanjutan lingkungan dan mengurangi jumlah sampah Kota Bogor sebanyak 83,33% (Munawar, 2022). Penelitian Mutiara & Wiranto, (2022) mengungkapkan bahwa biaya yang digunakan dalam produksi pupuk organik yang berasal dari limbah budidaya BSF sudah efisien, karena modal yang dibutuhkan cukup sedikit (kecil dari Rp. 15,000). Budidaya maggot di Nagari Taram mampu meningkatkan usaha pertanian, peternakan dan perikanan (Kumbara, 2023). Pemanfaatan maggot sebagai sumber pakan dan pupuk tanaman juga telah berkontribusi signifikan terhadap peningkatan produktivitas dan keberlanjutan lingkungan di daerah tersebut.

Pupuk organik, frass BSF menyediakan nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan optimal. Penggunaan frass BSF dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap tekanan abiotik seperti kekeringan dan salinitas, serta melindungi tanaman dari serangan hama dan penyakit. Dengan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, frass BSF juga membantu dalam daur ulang nutrisi dari limbah makanan, yang pada gilirannya berdampak positif pada lingkungan. Frass BSF memiliki potensi besar sebagai pupuk organik yang tidak hanya meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman tetapi juga berkontribusi terhadap praktik pertanian berkelanjutan. Penggunaan frass BSF dapat membantu mengatasi masalah limbah organik, meningkatkan kualitas tanah dan media tanam, serta mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih sehat dan produktif. Dengan demikian, pemanfaatan frass BSF sebagai pupuk organik merupakan langkah yang tepat menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan (Susilo *et al.*, 2024).

Kesimpulan

Berdasarkan uraian dari tulisan diatas, dapat disimpulkan bahwa kasgot memiliki potensi besar sebagai pupuk organik. Kasgot merupakan sumber nutrisi yang kaya akan unsur nitrogen, fosfor, kalium, dan mikroelemen penting bagi pertumbuhan tanaman. Penggunaan kasgot telah terbukti meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung parameter pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan hasil panen. Meskipun memberikan manfaat agronomis yang signifikan, penggunaan kasgot masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami dampak jangka panjangnya terhadap kesuburan tanah. Selain itu, kajian efeknya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman budidaya perlu diteliti lebih lanjut. Selain itu, produksi kasgot skala besar merupakan tantangan kedepan terkait dengan manajemen, teknologi dan keamanan produknya. Dengan terus dilakukannya penelitian terkait penggunaan kasgot, diharapkan potensi kasgot sebagai pupuk organik menjadi penting dalam mendukung pertanian ramah lingkungan kedepannya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan Terimakasih kepada Ketua program studi magister Biologi, Departemen Biologi, FMIPA Universitas Andalas, atas fasilitas yang diberikan selama penulisan artikel ini. Selain itu, penulis mengucapkan Terimakasih juga kepada tim Fisiologi, Departemen Biologi, FMIPA Universitas Andalas yang memberikan masukan dan kritikan penting dalam penulisan artikel ini.

Referensi

- Adiningrum, L., Kastono, D., & Syafriani, E. (2023). Respon Pertumbuhan dan Hasil Pakcoi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.) dengan Aplikasi Pupuk Organik Bekas Maggot (Kasgot). *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 21(2), 154-165.
- Agustin, H., Warid, & Musadik, I. M. (2023). Kandungan Nutrisi Kasgot Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*) sebagai Pupuk Organik. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 25(1), 12-18. DOI: <https://doi.org/10.31186/jipi.25.1.12-18>
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., & Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93(2), 145-153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.014>
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Metzger, J. D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84(1), 7-14. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2)
- Bahri, S. (2022). Respon Tanaman Kedelai Hitam (*Glycine Max* (L.) Merrill) Terhadap Dosis Kasgot Dan Pupuk Kalium (Kcl). *Jurnal Agro Silampari*, 11(1), 28-36.
- Barragán-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. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
- Carvalho, M., Sampaio, J.L., Palm, W., Brankatschk, M., Eaton, S., Shevchenko, A. (2012). Effects of diet and development on the *Drosophila* lipidome. *Mol. Syst. Biol*, 8, 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1038/msb.2012.29>
- Chavez, M. Y., Uchanski, M., dan Tomberlin, J. K. (2024). Impacts of black soldier fly, *Hermetia illucens*, larval frass on lettuce and arugula production. *Front. Sustain. Food Syst.* DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1399932>
- Cicková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Fadhillah, N., & Bagastyo, A. Y. (2020). Utilization of *Hermetia illucens* larvae as a bioconversion agent to reduce organic

- waste. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 506, No. 1, p. 012005). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/506/1/012005
- Fauzi, M., Hastiani, L., Suhada, Q. A. R., & Hernahadini, N. (2022). Pengaruh pupuk kasgot (bekas maggot) Magotsuka terhadap tinggi, jumlah daun, luas permukaan daun dan bobot basah tanaman sawi hijau (*Brassica rapa* var. *Parachinensis*). *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 20(1), 20-30.
- Fuhrmann, A., Wilde, B., Conz, R.F., Kantengwa, S., Konlambigue, M., Masengesho, B. et al. (2022). Residues from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae rearing influence the plant-associated soil microbiome in the short term. *Front. Microbiol.* DOI : <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.994091>
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrugg, C., & Mathys, A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*, 82, 302-318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022>
- Hem, S. (2011). Maggot – Bioconversion Research Program in Indonesia: Concept of New Food Resources, Results and Applications (2005-2011). *Centre for Aquaculture Research and Development, Research Institute for Ornamental Fish, Ministry of Marine Affairs and Fisheries Indonesia*.
- Hidayah, H., Kinasih, I., Putra, R. E. (2023). Pengaruh Pupuk Kasgot Hasil Biokonversi Limbah Kulit Lada Putih Menggunakan Lalat Tentara Hitam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat Rampai (*Lycopersion pimpinellinoliium*). *Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian*, 1(4), 236-246. DOI: <https://doi.org/10.59581/jtpip-idyakarya.v1i4.2238>
- Husain, I., Rahim, Y., & Yusuf, A. R. (2024). Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Varietas Tajuk pada Berbagai Dosis dan Konsentrasi Kasgot Black Soldier Fly dan PGPR Akar Bambu. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 24(1), 28-38.
- Jayanthi, S., Khairani, R., Herika, A, M., & Rafiqah. (2017). Teknik Budidaya Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Jeumpa*, 4(1), 58-66
- Kare, B. D. Y., Sukerta, M., Javandira, C., & Ananda, K. D. (2023). Pengaruh Pupuk Kasgot Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *AGRIMETA: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem*, 13(25), 59-66.
- Kumbara, Ibnušina, F., Shopia, I. A., Nofria, R., Ilahi, R. K., Angela, E., Afendo, S. S., Lubis, N. A., & Julnaidi. (2023). Biokonversi Limbah Organik Sebagai Media Budidaya Maggot BSF (Black Soldier Fly) Guna Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Nagari Taram. *Ekonomipedia*, 1(2), 71-82. DOI: <https://doi.org/10.55043/ekonomipedia.v1i2.147>
- Leyo, I. H., Ousmane, Z. M., Francis, F. & Megido, R. C. (2022). Effect of Maggot Production Residue on Amaranth Growth Paramateres. *Open Journal of Soil Science*, 12, 571-585. DOI: 10.4236/ojss.2022.1212024
- Looveren, V. N., Jdema, F., Hejiden, N. V. der., Borght, M. V. D., & Vandeweyer, D. (2024). Microbial dynamics and vertical transmission of *Escherichia coli* across consecutive life stages of the black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Animal Microbiome*, 6(29). DOI : <https://doi.org/10.1186/s42523-024-00317-4>
- Mahendra, M., Mayly, S., & Mufriah, D. (2023). Respon Pertumbuhan Terung Ungu (*Solanum melongena* L.) Varietas Reza pada Beberapa Jenis Pupuk Organik Padat. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.47662/alulum.v11i1.437>
- Meilani, F. R., Abdullah, R., & Mulya, A. S. (2022). Pengaruh Takaran Kasgot Kotoran Ayam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Selada Krop (*Lactuca sativa* L.) Varietas Great Alisan. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 10(1), 80-85. DOI:

- <https://doi.org/10.35138/paspalum.v10i1.375>
- Muhadat, I. S. (2021). Kasgot Sebagai Alternatif Pupuk Organik Padat Pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Dengan Metode Vertikultur. Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Murakami, R., Shiotsuki, Y., (2001). Ultrastructure of the hindgut of *Drosophila* larvae, with special reference to the domains identified by specific gene expression patterns. *J. Morphol.* 248, 144–150. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmor.1025>
- Musadik, I. M., & Agustin, H. (2021). Efektivitas Kasgot Sebagai Media Tanam Terhadap Produksi Kailan. *Jurnal Agrin*, 25(2), 150-164.
- Munawar, A., Siswanto, Gendalsari, G. G., & Cahyani, N. (2022). Pelatihan Penggunaan Butter Black Soldier Fly (BSF) dalam mengelola sampah di Perumahan Bogor Raya, Katulampa, & Bogor Timur. *JADKES* 3(3), 33-38. DOI: <https://doi.org/10.37641/jadkes.v2i1.1401>
- Myers, H. M., Tomberlin, J. K., Lambert, B. D., & Kattes, D. (2008). Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Journal of Environmental Entomology*, 37(1), 11-15. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/37.1.11>
- Nirmala, W., Purwaningrum, P., & Indrawati, D. (2020). Pengaruh Komposisi Sampah Pasar Terhadap Kualitas Kompos Organik Dengan Metode Larva Black Soldier Fly (BSF). In *Prosiding Seminar Nasional Pakar* (pp. 1-29). DOI: <https://doi.org/10.25105/pakar.v0i0.6807>
- Novia, R. A., Purwano, Prakoso, B., Susanto, L., Kusuma, R. E., Rif'am, M., Noorhidayah, R., Ismangil, Sulisty, H., & Hani, A. (2023). Riset Pasar Pupuk Kasgot. *Jurnal Agrica*, 16(2), 136-151. DOI: [10.31289/agrica.v16i2.8562](https://doi.org/10.31289/agrica.v16i2.8562)
- Nuryana, F. I., Ikrarwati, I., Rokhmah, N. A., Aldama, F., & Nabila, N. (2022). Kasgot sebagai bahan organik untuk persemaian sayuran daun. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Agribisnis* (Vol. 6, No. 1, pp. 235-240).
- Purwanto., Kharisun., Rifan, Muahammad., Prakoso, Budi., Noorhidayah, Rat Raubenheimer, D., Simpson, S.J., (1999). Integrating nutrition: a geometrical approach. *Entomol. Exp. Appl*, 91, 67–82. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-1890-5_8
- Raubenheimer, D., Simpson, S. J. (1999). Integrating Nutrition: a geometrical approach. *Entomol, Exp. Appl*, 91, 67-82. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-1890-5_8
- Reswita, Noli, Z. A. & Rahayu, R. (2022). Effect of Giving Frass *Hermetia illucen* L. on Soil Physical Chemical Properties, Chlorophyll Content Yield of Upland Rice (*Oryza sativa* L.) on Ultisol soil. *Eduvest-Journal of Universal Studies* 2(2), 335-346. DOI: <https://doi.org/10.59188/eduvest.v2i2.320>
- Sakiroh, S., Sasmita, K. D., Firdaus, N. K., Rokhmah, D. N., Pranowo, D., & Saefudin, S. (2023). The effectiveness of liquid biofertilizer from waste bioconversion using black soldier fly larvae on the growth of arabica coffee seedlings. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 373, p. 04022). EDP Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337304022>
- Sari, G. L., Laksono, R. A., Hadining, A. F., Rohmana, A. S., & Wicaksono, B. A. (2022). Analisis Karakteristik Maggot dan Kasgot yang dihasilkan dari Proses Biokonversi Sampah Organik pada Bank Sampah Desa Bengle, Karawang. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(1), 01-07. DOI: <https://doi.org/10.29080/alard.v8i1.1540>
- Sebayang, N. U., et al. (2022). Chemical characteristics of Bio-Vermigot (vermicompost and kasgot) fertilizer with the combination of Black Soldier Fly larvae and earthworm by using cow manure and banana stem. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 977. DOI: [10.1088/1755-1315/977/1/012004](https://doi.org/10.1088/1755-1315/977/1/012004)
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Raising black soldier fly larvae for organic

- waste recycling. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 5(1), 45-52.
- Sugianto, Sutejo, & Bahri, S. (2022). Respon Tanaman Kedelai Hitam (*Glycine max* L merill) Terhadap Dosis Kasgot dan Pupuk Kalium (KCl). *Jurnal Agro Silampari* 1(1): 28-36.
- Susilo, H., Nurmayulis, N., Syahbana, M. A., & Sodiq, A. H. (2024). The potential of Frass BSF as an organic fertilizer for making sustainable agriculture a reality. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 209-217. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6782>
- Suwirnen, S., Noli, Z. A., Rahayu, R., & Yuda, Y. P. (2022). Pengaruh Air Lindi Sisa Pakan Maggot (*Hermetia illucens*) terhadap Pertumbuhan Sawi Pagoda (*Brassica rapa* var. *narinosa* L.) dengan Sistem Hidroponik. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 5(2), 240-250. DOI: <https://doi.org/10.37637/ab.v5i2.867>
- Syahputra, A. (2023). Characteristics of growth and production of kailan (*Brassica oleraceae* L.) in some soil origin through casgot granting and biochar rice husks. *Jurnal Agroteknosains*, 7(2), 183-191.
- Terra, W.R., Ferreira, C., (2012). Biochemistry and Molecular Biology of Digestion. In: *Insect Molecular Biology and Biochemistry*. Elsevier, pp. 365–418. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384747-8.10011-X>
- Tinder, A.C., Puckett, R.T., Turner, N.D., Cammack, J.A., Tomberlin, J.K., (2017). Bioconversion of sorghum and cowpea by black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) larvae for alternative protein production. *J. Insects Food Feed* 3, 121–130.
- Tognetti, C., Mazzarino, M. J., & Laos, F. (2005). Composting vs. vermicomposting: A comparative study of organic matter composition, humification, and nutrient recovery. *Bioresource Technology*, 96(11), 1263-1274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.05.028>
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H., Myers, H. M. (2009). Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature. *Environmental Entomology*, 38(3), 5. DOI: <https://doi.org/10.1603/022.038.0347>
- Triwijayani, A. U., Lahom, A. W., Bana, F. M. E., Saputra, H., Narendra, K. D., Sihombing, E. P., & Elfatma, O. (2023). Kasgot (bekas kotoran maggot) sebagai alternatif pupuk organik dan media tanam cabai merah keriting (*Capsicum annum* L.). *Tropical Plantation Journal*, 2(2), 80-85. DOI: <https://doi.org/10.56125/tpj.v2i2.28>
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Yenisbar., Diwa, W. D. & Rawiniwati, W. (2023). Produksi Tanaman Terung Ungu (*Solanum melogena* L.) Pada Berbagai Konsentrasi Paklobutrazol dan Pupuk Maggot. Prosiding Seminar Nasional PERHORTI.
- Yuwono, A. S., Permana, I. G., Nurulalia, L., & Mentari, P. D. (2021). Decomposition Characteristics of Selected Solid Organic Wastes by Black Soldier Fly (BSF) Larvae as Affected by Temperature Regimes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(5), 4343-4351. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/131865>