

The Potential of Frass BSF as an Organic Fertilizer for Making Sustainable Agriculture a Reality

Hadi Susilo^{1,2*}, Nurmayulis Nurmayulis², Mohammad Ana Syahbana², Abdul Hasyim Sodik²

¹Fakultas Sains, Farmasi, dan Kesehatan Universitas Mathla'ul Anwar Banten, Indonesia;

²Mahasiswa dan Dosen Program Doktor Ilmu Pertanian, Pasca Sarjana Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten, Indonesia;

Article History

Received : April 25th, 2024

Revised : May 01th, 2024

Accepted : May 13th, 2024

*Corresponding Author:

Hadi Susilo, Fakultas Sains,
Farmasi, dan Kesehatan
Universitas Mathla'ul Anwar
Banten, Indonesia;

Email:

hadisusilo@unmabanten.ac.id

Abstract: Organic fertilizers have an important role in increasing plant growth and productivity. Currently, chemical fertilizers are considered is felt to be increasingly expensive, and rare, and can cause agricultural land to become unhealthy, and the production costs of agricultural crops to become large. One of the organic fertilizers that can be used as a new choice is organic fertilizer from Frass BSF, with several advantages, namely that the raw material is organic waste, which is abundant, easy to obtain, and cheap. This research method uses literature studies from online databases by collecting all information that explains BSF frass. The research results show the nutritional content of frass, the use of BSF frass, the role of frass as an organic fertilizer in increasing growth and productivity, as well as evaluating the effectiveness and application of frass on various types of agriculture plants.

Keywords: BSF, frass BSF, organic solid fertilizer, sustainable agriculture.

Pendahuluan

Pupuk salah satu instrumen penting dalam pertanian yang berfungsi untuk meningkatkan produktivitas usaha tani dengan tujuan menghasilkan profit dan keuntungan finansial untuk petani. Kebutuhan akan pupuk di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi penduduk, perluasan lahan pertanian, dan peningkatan permintaan pangan. Pupuk digunakan untuk memberikan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang cukup untuk meningkatkan produksi pertanian.

Penggunaan pupuk yang signifikan oleh para petani setidaknya menimbulkan beberapa permasalahan, diantaranya kenaikan harga pupuk yang melonjak tajam utamanya dari pupuk kimia, dikurangnya subsidi pupuk oleh pemerintah yang membuat petani kesulitan membeli pupuk disebabkan pembiayaan modal membeli pupuk yang membengkak, serta menyebabkan kelangkaan pupuk akibat

distribusi pupuk subsidi yang tidak merata.

Pembuangan limbah makanan dalam jumlah besar menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius dan kerugian finansial secara global. Dibandingkan dengan metode pembuangan alternatif (tempat pembuangan sampah, insinerasi, dan pencernaan anaerobik), pengomposan dengan larva lalat tentara hitam (BSF) merupakan alternatif yang menjanjikan untuk pengelolaan limbah makanan. Meskipun ada penelitian ekstensif mengenai biomassa larva, produk samping lain yang berharga dihasilkan dalam pengomposan BSF adalah frass BSF (Basri *et al.*, 2022).

Pupuk organik digunakan karena pemanfaatannya dapat mempengaruhi sifat organik, fisik dan senyawa. Pupuk organik berasal dari bahan-bahan organik alam, diantaranya: pupuk kandang, pupuk kompos, pupuk hijau, sampah organik, dan limbah pertanian. (Choudhary & Sharma, 2022). Pemanfaatan kompos alami dapat meningkatkan kepadatan kadar air, struktur

tanah, invasi air, suhu, rembesan, masuknya akar dan mikroorganisme. Penggunaan pupuk kandang alami mempengaruhi keadaan tanah sehingga dapat memberikan komponen N, P dan K sehingga cenderung bermanfaat bagi perkembangan dan perbaikan tanaman.

Pemanfaatan kompos alami dalam pengembangan hortikultura berarti mendukung usahatani yang mendukung. Salah satu sumber pupuk alami adalah kompos alami yang dihasilkan dari dekomposisi larva Black Soldier Fly (BSF). Larva BSF menguraikan limbah alam menjadi pupuk alami yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengembangan hortikultura atau diaplikasikan pada tanaman. Siklus pembusukan yang terjadi pada sampah alam yang menggunakan tukik BSF merupakan suatu siklus alami yang mengubah bahan alam menjadi bahan anorganik sehingga cenderung dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman.

Pengolahan tanah untuk pembuatan pupuk alami dilakukan dengan menggunakan hewan berskala besar seperti cacing atau larva lalat tentara hitam (BSF). Bahan alam yang dimanfaatkan adalah limbah alam keluarga. Kemampuan BSF dalam menguraikan sampah organik sangat baik. Fakta bahwa sistem pencernaan lalat BSF mengandung mikrobioma alami yang memfasilitasi penguraian bahan organik dengan lebih cepat menjadikannya menguntungkan. Dibandingkan dengan produksi pupuk anorganik yang dikaitkan dengan penggunaan air, pengeluaran energi, potensi pemanasan global, dan kategori dampak lainnya dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan, penguraian bahan organik oleh larva BSF diduga berpotensi sebagai pupuk organik karena dampaknya yang lebih kecil terhadap lingkungan.

Penerapan frass BSFL dapat diintensifkan dengan memahami karakteristik fisikokimia, manfaat, dan tantangan frass BSFL yang berasal dari sisa makanan. Frass BSFL dipanen setelah 9–23 hari percobaan, tergantung pada substrat yang digunakan dalam proses pengomposan. Frass BSFL yang dihasilkan dapat melebihi 33% dari berat asli substrat. Ciri-ciri fisikokimia frass BSFL adalah sebagai berikut: suhu setelah panen 24 °C hingga 27 °C, pH 5,6–8,0, kadar air 30 hingga 72%, rasio C/N 8:1 hingga 27:1,

kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium (NPK) yang tinggi, serta kandungan logam berat yang rendah (Basri *et al.*, 2022).

Sayuran kacang Perancis (*Phaseolus vulgaris* L.), tomat (*Solanum lycopersicum* L.), dan kangkung (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) dipupuk menggunakan pupuk kompos black Soldier fly frass (BSF), biji-bijian bekas pembuat bir (BSG) yang dikomposkan secara konvensional, pupuk organik komersial (Evergrow), dan pupuk mineral nitrogen, fosfor, dan kalium (NPK), menunjukkan hasil sayuran yang dicapai dengan menggunakan kombinasi BSF dan NPK adalah: 4,5, 2,4, dan 5,4 kali lipat lebih tinggi dibandingkan hasil dari perlakuan kontrol masing-masing pada tomat, kangkung, dan kacang Perancis.

Penggunaan pupuk gabungan BSF dan NPK menghasilkan: 22–135%, 20–27%, dan 38–50% lebih tinggi dibandingkan NPK tunggal untuk tomat, kangkung, dan kacang Perancis, baik dalam kondisi rumah kaca maupun lahan terbuka. Efisiensi penggunaan pupuk N secara agronomis tertinggi dicapai di lahan pertanian tunggal yang diberi perlakuan BSF dibandingkan dengan lahan pertanian tunggal BSG dan Evergrow. N yang diserap oleh sayuran jauh lebih tinggi ketika BSF dan NPK dikombinasi. Sayuran yang dikembangkan menggunakan campuran BSF dan NPK memiliki konsentrasi protein mentah dan sampah yang paling tinggi. Temuan penelitian ini menunjukkan kombinasi BSF dan NPK dalam sistem tanam sayuran pada tingkat yang direkomendasikan yaitu: 1,24 kg ha⁻¹ BSF dan 322 kg ha⁻¹ NPK akan meningkatkan kesehatan tanah, meningkatkan hasil, dan kualitas nutrisi tanaman sayuran (Abel *et al.*, 2021).

Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa penggunaan pupuk frass dari beberapa spesies serangga memiliki konsentrasi dan kandungan unsur hara makro nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K)] yang memadai, unsur hara sekunder (kalsium, magnesium, dan belerang) dan unsur hara mikro (mangan, tembaga, besi, seng, boron, dan natrium). Indeks pemupukan pupuk frass berada di atas 3. Namun, pupuk frass lalat tentara hitam (BSF) memiliki efektivitas jauh lebih tinggi dengan konsentrasi N (20–130%) dan K (17–193%) dibandingkan dengan pupuk lainnya (Beesigamukama *et al.*, 2022).

Penelitian lainnya menunjukkan

penggunaan pupuk frass lalat tentara hitam (BSF) memiliki kinerja lebih baik dibandingkan pupuk organik dan anorganik komersial lainnya. Pupuk BSF memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi tanaman jagung, konsentrasi klorofil dan serapan unsur hara makro pada musim tanam hujan pendek dan panjang. Berdasarkan hasil penelitian, pupuk frass BSF jika diterapkan untuk memasok seluruh unsur hara dalam sistem pertanaman jagung harus diterapkan pada dosis 2,5 ton ha⁻¹, namun, jika pupuk frass BSF harus diterapkan untuk memasok nitrogen yang cukup untuk produksi jagung, maka dosis yang direkomendasikan adalah setara dengan 30 kg N ha⁻¹ (Beesigamukama *et al.*, 2020).

Penelitian lainnya menunjukkan bahwa penggunaan BSF telah terbukti secara efisien mengubah sampah organik menjadi biomassa larva yang kaya nutrisi sekaligus menghasilkan limbah sebagai produk sampingan utama. Uji coba dilakukan untuk dua dosis frass BSF (15 ton ha⁻¹ dan 30 ton ha⁻¹) dan satu dosis urea (0,214 ton ha⁻¹), plot yang tidak dipupuk digunakan sebagai kontrol. Pengaruh terhadap pertumbuhan selada diukur menggunakan parameter agronomi, sedangkan dampak terhadap kesehatan dinilai dengan menggunakan parameter, seperti: jumlah daun yang terserang per tanaman, kejadian penyakit, tingkat keparahan penyakit, dan analisis mikroba. BSF menunjukkan sifat fisikokimia yang dapat diterima sebagai pupuk organik. Penerapannya meningkatkan parameter pertumbuhan tanaman selada dibandingkan dengan urea dan kontrol. Tingkat penerapan 15 ton ha⁻¹ dan 30 ton ha⁻¹ tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) (Dzepe *et al.*, 2022).

Penggunaan BSF sebagai pupuk, kandungan nutrisinya harus dinilai terlebih dahulu rasio NPKnya. Rasio nitrogen:fosfor:potasium (N:P₂O₅:K₂O) yang seimbang sebesar 1:0,9:1,1 frass BSF dapat dicirikan sebagai pupuk majemuk yang sedikit basa (pH 7,5), kaya nutrisi, dengan kandungan zat hara dan terutama zat hara mikro memperlihatkan variasi yang tinggi. Rasio karbon terhadap nitrogen yang tinggi dan persentase amonium nitrogen rendah menunjukkan terbatasnya pelepasan unsur hara dalam waktu dekat dan menunjukkan kemungkinan penggunaan frass sebagai pupuk

jangka panjang. Penggunaan frass sebagai pupuk organik sebagai salah satu elemen dalam strategi pemupukan cukup potensial. Dengan meningkatkan siklus unsur hara kembali ke lapangan, limbah BSF dapat mewakili elemen penting pertanian sirkular berkelanjutan (Gärtling *et al.*, 2022).

Penelitian lainnya menunjukkan kontribusi untuk mengakses potensi agronomi dan lingkungan dari BSF sebagai pupuk organik. Untuk tujuan ini, dilakukan percobaan rumah kaca dengan ryegrass, menggunakan tujuh perlakuan BSFF. Dalam kondisi percobaan, hasilnya menunjukkan pengaruh BSFF yang signifikan terhadap produksi ryegrass secara keseluruhan, dengan peningkatan yang stabil (signifikan pada $p \leq 0,05$, sebagaimana diuji melalui uji Tukey) hingga perlakuan dengan tingkat kombinasi yang lebih besar. Terkait keberlanjutan produktivitas tanah, pada akhir percobaan terdapat indikasi positif, yaitu: peningkatan signifikan N, P dan K, untuk perlakuan dengan kandungan N yang lebih tinggi, bersamaan dengan peningkatan aktivitas dehidrogenase yang konstan, dari kontrol ke perlakuan yang lebih tinggi, yang signifikan untuk perlakuan yang menerima dosis BSF lebih tinggi (Menino *et al.*, 2021).

Bahan dan Metode

Penelitian menggunakan data sekunder berupa studi literatur dari database online dan domain ilmiah, seperti: Google Scholar, Science Direct, Web of Science, Research Gate, dan Scopus). Tinjauan pustaka ini menggunakan kata kunci untuk menyusun literatur yang diterbitkan tentang frass BSF, produksi maggot, frass BSF dari substrat limbah makanan, komposisi frass, proses fermentasi frass, standar pupuk hayati, dan aplikasi frass pada tanaman.

Hasil dan Pembahasan

Komponen-komponen yang akan dibahas dari hasil penelitian ini meliputi Definisi Frass, Komposisi Nutrisi dari Limbah Makanan yang Mempengaruhi Komposisi Frass, Pemanfaatan Frass BSF, Pembenh Tanah, Media Tanam, Aplikasi Frass BSF Terhadap Pertumbuhan Dan Perkembangan Tanaman,

Pembahasan

Definisi Frass

Istilah Frass BSF (Black Soldier Fly Frass) mengacu pada ekskreta (kotoran) yang dihasilkan larva lalat tentara hitam (Black Soldier Fly). Frass ini merupakan produk samping dari siklus hidup larva BSF yang digunakan sebagai potensi pupuk organik. Frass BSF memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan berpotensi sebagai sumber protein, serat, dan nutrisi lainnya yang bermanfaat bagi tanaman atau hewan (Lalander *et al.*, 2018).

Komposisi nutrisi dari limbah makanan yang mempengaruhi komposisi frass

Hasil penelitian Palma *et al.*, (2020) mengungkapkan komposisi limbah makanan berkontribusi pada komposisi frass BSF. Dalam penelitian tersebut, sampel limbah kulit dan cangkang almond dari California dievaluasi untuk produksi amonium, fosfor, dan kalium dalam frass BSF. Hasilnya menunjukkan bahwa komposisi limbah makanan, seperti: protein,

kalsium, lemak, pati, dan gula, mempengaruhi kandungan nutrisi dalam frass BSF. Beberapa temuan penting adalah sebagai berikut:

- Sampel dengan kandungan protein dan kalsium tinggi menghasilkan frass BSF dengan kandungan amonium rendah dan fosfor tinggi.
- Sampel dengan kandungan lemak tinggi memiliki kandungan amonium, fosfor, dan kalium yang cukup signifikan dalam frass BSF.
- Sampel dengan kandungan gula tinggi dikaitkan dengan kandungan kalium yang tinggi dalam frass BSF.
- Komposisi pati dalam limbah makanan berhubungan dengan kandungan amonium dan fosfor dalam frass BSF.

Dengan demikian, pemilihan jenis limbah makanan yang memiliki komposisi nutrisi yang tepat dapat menghasilkan frass BSF dengan kandungan nutrisi yang tinggi. Informasi lebih rinci tentang komposisi nutrisi limbah makanan dan kontribusinya terhadap komposisi frass BSF (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi Nutrisi Frass dari Limbah Makanan

Sample	Type of Waste	Nutrient Composition					BSFL Frass Composition		
		Protein	Fat	Calcium	Starch	Sugar	NH ₄ -N _f	PO ⁴ -P _f	K ^e
1	Pollinator Hulls ^{a,b}	40.1	31.0	2.4	5.33	152.7	615.0	3555.0	35.4
2	Nonpareil Hulls ^{b,c}	46.3	20.5	2.1	3.57	243.5	5695.0	227.5	38.5
3	Pollinator Hulls ^{a,b}	41.0	24.8	2.3	5.03	178.1	755.0	405.0	44.6
4	Nonpareil Hulls ^{c,d}	55.3	22.3	2.2	4.23	291.3	5052.5	515.0	44.6
5	Monterey Hulls ^{c,d}	67.7	26.5	2.8	4.33	119.2	400	825.0	43.4
6	Pollinator Hulls ^{c,d}	40.6	22.9	2.6	4.93	202.1	1420.0	485.0	36.0
7	Mixed Almond Shells ^{c,d}	42.6	14.6	1.9	3.65	53.2	2595.0	245.0	17.9

Pemanfaatan Frass BSF

Hampir separuh dari total produksi limbah global adalah limbah makanan, di mana 37% dari limbah tersebut dibuang di tempat pembuangan sampah dan 33% dibuang di area pembuangan terbuka. Namun, aliran limbah makanan ini, yang mengandung konsentrasi tinggi bahan organik, makro- dan mikronutrien, jika tidak dibuang dengan benar, dapat berdampak buruk pada lingkungan. Oleh karena itu, dari perspektif ekologi, produksi frass BSF telah berkontribusi dalam daur ulang nutrisi dari limbah makanan dan mencegah lingkungan menjadi masalah akibat emisi gas rumah kaca dan kontaminasi

tanah/air dengan bahan kimia beracun dan nutrisi dari air limbah. Menurut Bortolini *et al.*, (2020), frass BSF memiliki sifat seperti kompos. Dekomposisi cepat limbah organik oleh BSF menghasilkan frass BSF yang padat dengan kandungan makronutrien (NPK), mikronutrien, dan bahan organik yang tinggi yang berpotensi digunakan untuk pupuk pertanian.

Larva BSF memiliki kemampuan dekomposisi bahan organik yang lebih baik dibandingkan organisme dan mikroorganisme lain, bahkan larva lalat ini dapat mereduksi bahan organik 50-80% dari masa awalnya (Wang dan Shelomi, 2017). Penelitian lain yang dilakukan

oleh Madu *et al.*, (2022) melaporkan bahwa BSF dapat mereduksi sampah organik sebesar 53-70%. Penggunaan BSF untuk mendekomposisi sampah juga telah dilakukan di Kostarika yang melaporkan bahwa lalat ini dapat mereduksi 65.5–78.9% sampah organik (Diener *et al.*, 2011). Pupuk organik frass memberikan manfaat dibidang pertanian berkelanjutan, berkontribusi dalam penyediaan nutrisi ke tanah, khususnya nitrogen, penambahan biomolekul dan mikroorganisme yang memacu pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan toleransi terhadap tekanan abiotik lingkungan (Poveda, 2021).

Produksi frass BSF yang konstan di pabrik pengelolaan sampah, ketersediaannya dalam nutrisi tanaman, dan potensi untuk berkontribusi pada penghasilan sektor agribisnis, frass BSF mulai mendapatkan perhatian dalam beberapa tahun terakhir (Gartling *et al.*, 2020). Namun, frass BSF masih belum banyak dieksplorasi dibandingkan dengan biomassa larva yang diperoleh dalam proses yang sama. Secara khusus, masih banyak kesenjangan pengetahuan dan teknologi terkait penggunaan frass BSF dan manfaatnya dalam pertanian dan kegiatan budidaya lainnya. Frass BSF memiliki mikroba bermanfaat yang kaya, seperti bakteri nitrifikasi dan fiksasi nitrogen yang membuat nitrogen tersedia untuk diserap tanaman. Bakteri fiksasi nitrogen dan nitrifikasi sangat penting karena nitrogen terbatas dalam sebagian besar ekosistem, dan asimilasi nitrat ke akar tanaman membuat tanah lebih tangguh terhadap banjir, kekeringan, dan degradasi lahan. Selain itu, dengan meningkatkan serapan nitrogen, konsentrasi fosfor yang tinggi dalam frass BSF membantu dalam mempromosikan akumulasi nitrogen dalam tanaman karena fosfor penting untuk transfer energi.

Frass BSF dapat mengambil kembali nitrogen dan fosfor dari rantai makanan untuk digunakan kembali sebagai pupuk, sehingga mengurangi kebutuhan pupuk kimia. Kehadiran kitin dalam frass BSF juga membantu dalam memacu perkembangan tanaman dan memicu pertahanan tanaman; kitin juga merangsang perbaikan pada mikrobioma tanah, sehingga meningkatkan kesuburan tanah. Menurut Choi & Hassanzadeh (2019), frass BSF merupakan bentuk kitin yang dapat dicerna oleh tanaman, dan saat mengalami tekanan lingkungan, kitin secara alami menghasilkan peptida antimikroba

yang berfungsi sebagai pertahanan (Table 2). Hal ini terjadi karena keunikan BSF yang pada akhirnya menghasilkan peptida antimikroba yang mengurangi bakteri patogen, seperti: *Salmonella enterica* dan *Escherichia coli*, selama proses perlakuan. Efek yang berpotensi bermanfaat dari kitin dan metabolit serangga adalah kemampuannya untuk merangsang proses ekologis dengan mengurangi tekanan hama terhadap tanaman. Aplikasi jumlah minimal kitin frass BSF pada tanaman menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik, lebih banyak bunga dan biji, dan menarik lebih banyak penyerbuk.

Tabel 2. Manfaat Frass BSF

Benefits of BSFL Frass
BSFL frass contains chitin that improves the soil microbiome
Rich in nutrients (macronutrients, micronutrients, and organic matter)
High phosphorus concentrations in the BSFL frass promote nitrogen accumulation in plants
BSFL frass contains chitin that naturally produces antimicrobial peptides, which serve as a defence barrier for the plant
Beneficial microorganism population for plant uptake

Pemanfaatan frass BSF sebagai produk bernilai tambah dalam budidaya BSF juga memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar dibandingkan dengan pendapatan bersih dari pakan hewan BSF saja. Menurut sebuah studi yang dilakukan oleh Beesigamukama *et al.*, (2021), penggunaan pupuk frass BSF telah meningkatkan pendapatan bersih petani sebesar 5–15 kali lipat dibandingkan dengan hanya melakukan budidaya BSF saja. Satu Megagram (Mg) larva BSF kering (USD 900) menghasilkan 10–34 Mg pupuk frass BSF, yang bernilai USD 3,000–10,200. Frass BSF sebagai produk samping dari proses pengolahan limbah organik digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain:

Pembenah tanah

Penambahan frass BSF ke tanah dalam pengaturan pertanian bermanfaat bagi ekosistem tanaman atau serangga dan telah meningkatkan kualitas bahan organik tanah yang ditanami secara intensif. Frass BSF dapat menjadi sumber

nutrisi tanah tanpa mempengaruhi kebersihan tanah. Choi dan Hassanzadeh (2019), telah menyarankan bahwa penambahan frass BSF secara teratur ke tanah akan mencegah patogen penyakit jamur, seperti: *Rhizoctonia*, *Fusarium*, dan *Pythium*. Quilliam *et al.*, (2020) juga melaporkan bahwa lahan dengan penambahan frass BSF memiliki jumlah tanaman mati yang signifikan lebih sedikit daripada lahan kontrol dengan pupuk NPK sintetis, di mana tanaman kacang hijau mengalami wabah layu *Fusarium* yang parah (*Fusarium oxysporum*).

Media tanam

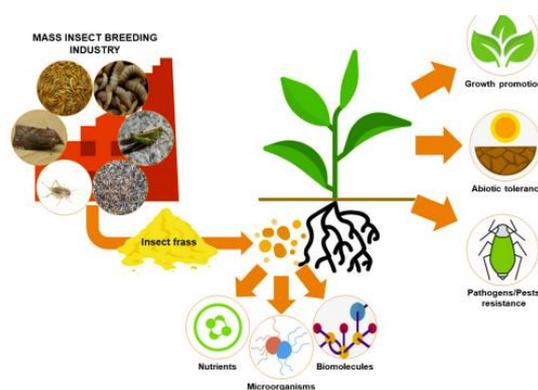
Penelitian Setti *et al.*, (2019) membuktikan bahwa frass BSF adalah media tanam yang cocok untuk mempromosikan pertanian tanpa tanah karena dapat menggantikan gambut komersial yang digunakan dalam tanaman pot. Penggunaan 80% gambut komersial dan 20% frass BSF sebagai media tanam memiliki efek yang menguntungkan pada pertumbuhan tanaman tanpa menyebabkan stres abiotik, terutama peningkatan berat kering total, peningkatan luas daun, dan peningkatan jumlah produksi hingga 20% untuk tanaman pot, seperti selada daun bayi, dan tomat dibandingkan dengan produksi tanaman pot menggunakan gambut komersial.

Aplikasi Frass BSF terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman

Frass BSF dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik untuk memberi nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peran Frass BSF dalam pertanian berkelanjutan antara lain melalui: penambahan nutrisi kedalam tanah terutama nitrogen, mudah diserap oleh jaringan tanaman, menambah senyawa biomolekul dan mikroorganisme yang dapat memacu pertumbuhan tanaman, meningkatkan toleran terhadap tekanan abiotik dan hama dan penyakit (Gambar 1).

Penggunaan frass BSF sebagai pupuk harus mempertimbangkan kesehatan bagi tanaman maupun manusia. Kelimpahan bakteri *Escherichia* dalam frass BSF berkurang melalui proses larva, yang menegaskan bahwa BSF frass dapat digunakan sebagai pupuk, selain pupuk komersial lainnya. Namun, perlu berhati-hati dalam penggunaan frass BSF sebagai pupuk untuk sayuran pada kelompok Brassicaceae,

kebun anggur, atau kebun jeruk, karena kelompok Xanthomonadaceae tercatat melimpah dalam mikrobiota frass BSF. Famili ini mencakup dua genus, yaitu: *Xanthomonas* dan *Xylella*, yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Penumpukan yang dihasilkan dari BSF (*Hermetia illucens*) selama penanganan limbah alami dianggap sebagai pupuk alami yang baik, dapat meningkatkan amonium nitrogen, berat bahan kering, dan menurunkan nitrogen nitrat pada tanaman sawi (Kawasaki *et al.*, 2022).



Gambar 1 Manfaat frass dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Poveda, 2021)

Frass BSF dapat dianggap sebagai kompos yang belum lengkap berdasarkan komposisi kimianya setelah diproses oleh larva dalam jangka pendek. Proses ini terutama berfokus pada produksi larva, namun mengandung jumlah nitrogen amonium yang signifikan yang dapat menjadi sumber N yang efektif untuk nutrisi tanaman. Hal ini dapat mengurangi polusi lingkungan akibat nitrat di tanah, yang umum terjadi pada beberapa kompos yang tidak terstabilkan dengan baik. Namun, keberadaan patogen tanaman dalam mikrobiota frass BSF perlu dipertimbangkan. Efek frass BSF terhadap lingkungan, komunitas mikroba tanah, dan produktivitas tanaman membutuhkan penelitian yang lebih lanjut dalam eksperimen jangka menengah.

Penelitian Haryanta *et al.*, (2022), memasukkan limbah BSF ke dalam media tanaman tomat umumnya menghambat pertumbuhan tanaman. Diketahui bahwa tanaman yang tidak menerima limbah dari BSF umumnya tumbuh lebih baik. Namun pemberian limbah BSF pada tanaman akan meningkatkan hasil. Dapat dilihat bahwa tanaman yang diberi

limbah BSF seringkali akan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan tanaman yang tidak diberi perlakuan. Penelitian Nurrahmadhan *et al.*, (2022), limbah pupuk BSF pada dasarnya mempengaruhi pertumbuhan lebar batang, jumlah cabang, jumlah daun dan tingkat bunga yang dihasilkan pada tanaman lada. Kombinasi media tanam tanaman lada yang terbaik adalah tanah, sekam bakar, dan kompos BSF. Hal ini akan membantu tanaman tumbuh hingga mencapai tahap berbuah. Diperlukan eksplorasi lebih lanjut dalam upaya memperluas pengembangan tanaman cabai dengan memanfaatkan pupuk kandang BSF yang dikombinasikan dengan kompos lain untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Hasil penelitian Anyega *et al.*, (2021) melaporkan, Tanaman yang diberi pupuk limbah larva BSF dan kompos NPK memiliki kandungan protein murni dan fiksasi sampah yang tinggi, sehingga meningkatkan kesejahteraan tanah, hasil tanaman, dan kualitas nutrisi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan tanah dengan pupuk organik BSF yang telah dikomposkan memiliki potensi untuk menciptakan kondisi tanah yang menguntungkan bagi budidaya sayuran sehingga meningkatkan produktivitas tanaman.

Penerapan tunggal pupuk organik BSF yang telah dikomposkan atau digabungkan dengan pupuk NPK, dapat meningkatkan pertumbuhan, hasil panen, dan kualitas hara dengan tingkat yang sama atau lebih baik dibandingkan dengan pupuk organik dan mineral komersial. Oleh karena itu, tingkat aplikasi 2,5 ton ha⁻¹ BSF-composted organic fertilizer atau aplikasi kombinasi 1,24 ton ha⁻¹ pupuk organik BSF dengan 322kg ha⁻¹ NPK direkomendasikan untuk meningkatkan produksi tanaman tomat, kubis, dan kacang panjang. Penggunaan produk pupuk berkualitas tinggi, seperti pupuk organik BSF, akan mengurangi penggunaan pupuk mineral yang mahal dan dengan demikian mengurangi beban polusi lingkungan yang terkait. Penelitian lapangan lebih lanjut perlu dilakukan di zona agroekologi yang berbeda untuk aplikasi yang lebih luas dari temuan penelitian ini.

Kesimpulan

Potensi Frass BSF sebagai pupuk organik

dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, disimpulkan Frass BSF, yang merupakan residu pengolahan larva Black Soldier Fly (BSF), memiliki potensi sebagai pupuk organik yang efektif dalam pertanian berkelanjutan. Frass BSF mengandung nutrisi penting seperti: nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikrohara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Penggunaan frass BSF sebagai pupuk organik dapat memberikan manfaat ganda. Selain memberikan nutrisi kepada tanaman, frass juga dapat meningkatkan struktur tanah, ketersediaan air, dan aktivitas mikroba tanah, yang berkontribusi pada peningkatan kesuburan tanah. Frass BSF memiliki kemampuan untuk mengendalikan patogen dan serangga hama tertentu. Beberapa komponen dalam frass, seperti: enzim dan senyawa bioaktif, memiliki sifat antimikroba dan repelan terhadap serangga, sehingga dapat mengurangi risiko infeksi patogen tanaman dan serangan hama. Penggunaan frass BSF sebagai pupuk organik dapat mempromosikan pertanian berkelanjutan dan lingkungan yang sehat. Dengan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan bahan sintesis, frass BSF membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ini disampaikan kepada pengelola jurnal biologi tropis yang telah memberikan kesempatan untuk menerbitkan gambaran penelitian ini yang didukung dari hasil penelitian terkini.

Referensi

- Anyega, A. O., Korir, N. K., Beesigamukama, D., Changeh, G. J., Nkoba, K., Subramanian, S., Tanga, C. M. (2021). Black Soldier Fly-Composted Organic Fertilizer Enhances Growth, Yield, And Nutrient Quality Of Three Key Vegetable Crops In Sub-Saharan Africa. *Frontiers In Plant Science*. 12. 680312.
- Basri, N.E.A., Azman, N.A., Ahmad, I.K., Suja, F., Jalil, N.A.A., Amrul, N.F. (2022). Potential Applications of Frass Derived from Black Soldier Fly Larvae Treatment

- of Food Waste: A Review. *Journal Foods*. 11(17), 2664 doi:10.3390/foods11172664
- Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N., Musyoka, M.W., Fiaboe, K.K.M., Nakimbugwe, D., Subramanian, S., Dubois, T., Ekesi, S., Tanga, C.M. (2020). Nitrogen Fertilizer Equivalence of Black Soldier Fly Frass Fertilizer and Synchrony of Nitrogen Mineralization for Maize Production. *Agronomi*. 10(9), 1395 <https://doi.org/10.3390/agronomy10091395>
- Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N.K., Fiaboe, K.K.M., Nakimbugwe, D., Khamis, F.M., Subramanian, S., Dubois, T., Musyoka, M.W., Ekesi, S., Kelemu, S., Tanga, C.M. (2020). Exploring Black Soldier Fly Frass as Novel Fertilizer for Improved Growth, Yield, and Nitrogen Use Efficiency of Maize Under Field Conditions. *Front Plant Sci*. 11: 574-592 doi: 10.3389/fpls.2020.574592.
- Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N.K., Fiaboe, K.K.M., Nakimbugwe, D., Khamis, F.M., Subramanian, S., Wangu, M.M., Dubois, T., Ekesi, S., Tanga, C.M. (2021). Lo-cost technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly. *Waste Manage*.119.183–194. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.043>.
- Beesigamukama, D., Subramanian, S. & Tanga, C.M. Nutrient quality and maturity status of frass fertilizer from nine edible insects. (2022). *Sci Rep*. 12, 7182 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11336-z>
- Bortolini, S.; Macavei, L.I.; Saadoun, J.H.; Foca, G.; Ulrici, A.; Bernini, F.; Malferrari, D.; Setti, L.; Ronga, D.; Maistrello, L. (2020). *Hermetia illucens* (L.) larvae as chicken manure management tool for circular economy. *J. Clean. Prod.*, 262, 121289.
- Choi, S.,Hassanzadeh, N. A. (2019). Novel Biofertilizer for Improving Plant Health While Minimizing Environmental Impact. *J. Can. Sci. Fair*. 2, 41–46.
- Choudhary, A., & Sharma, V. (2022). Recent Advances in Organic Fertilizers: Methods, Analysis and Future Prospects. *J. Clean Prod*. Vol (336) page: 130734 DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.130734.
- Diener S, Studt Solano NM, Roa Gutiérrez F, Zurbrügg C, Tockner K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Val*. 2(4): 357–363.
- Dzepe, D., Mbenda, T.K., Ngassa, G., Mube, H., Chia, S.Y., Aoudou, Y., Djouaka, R. (2022). Application of Black Soldier Fly Frass, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as Sustainable Organic Fertilizer for Lettuce, *Lactuca sativa* Production. *Open Journal of Applied Sciences*. 12(10), 1632-1648 doi:10.4236/ojapps.2022.1210111
- Gärttling, D. Kirchner, S.M., Schulz, H., (2020). Assessment of the N- and P-fertilization effect of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) by-products on maize. *J. Insect. Sci*. 20, 1–11. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa089>.
- Gärttling, D., Schulz, H. (2022). Compilation of Black Soldier Fly Frass Analyses. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 22, 937-943 <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00703-w>
- Haryanta, Tatuk Tojibatus Sa'adah & Risnindya Rachma Wahestri. (2022). Kajian Kompos Limbah Black Soldier Fly (BSF) Sebagai Pupuk Organik Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*). *J Agroteknol Merd Pasuruan*, Volume 6, Nomor 2:9-21.
- Kawasaki, Toshiya Kawasaki, Hirofumi Hirayasu, Yoshiki Matsumoto & Yasuhiro Fujitani. (2020). Evaluation of Fertilizer Value of Residues Obtained after Processing Household Organic Waste with Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 12, 4920; doi:103390/su12124920.
- Lalander, C., Diener, S., Magri, M. E., Zurbrügg, C., & Lindström, A. (2015). Biodegradation of organic waste using black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.): A review. *Wast Manag*. 35. 26-48 DOI: 10.1016/j.wasman.2014.10.018.
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., Vinnerås, B., (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *J. Clean. Prod*. 208, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>.

- Madu ASTM, Hendriarianti E, Ratna CD. (2022). Teknologi *black soldier fly* (bsf) dengan variasi pakan sampah organik. *Enviro* 1(1): 1-10.
- Menino, R., Felizes, F., Castelo-Branco, M.A., Fareleira, P., Moreira, O., Nunes, O., Murta, D. (2021). Agricultural value of Black Soldier Fly larvae frass as organic fertilizer on ryegrass. *Journal Heliyon*. 7(1).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05855>
- Nurrahmadhan, Adryade Reshi Gusta & Made Same. (2022). Respons Pertumbuhan Tanaman Lada Perdu Terhadap Pemberian Pupuk Kompos Larva Black Soldier Fly. *J. Agroplant.*, Vol.11 No.1 (2022) Maret: 46 – 58
- Palma, L.; Fernández-Bayo, J.; Putri, F.; VanderGheynst, J.S. (2020). Almond by-product composition impacts the rearing of black soldier fly larvae and quality of the spent substrate as a soil amendment. *J. Sci. Food Agric.*, 100, 4618–4626
- Poveda J., (2021). Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable Development*. 41(5). <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00656-x>.
- Setti, L.; Francia, E.; Pulvirenti, A.; Gigliano, S.; Zaccardelli, M.; Pane, C.; Caradonia, F.; Bortolini, S.; Maistrello, L.; Ronga, D. (2019). Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae processing residue in peat-based growing media. *Waste Manag.* 95, 278–288
- Wang, Y.S., Shelomi, M. (2017). Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods* 6, 91. <https://doi.org/10.3390/foods6100091>