

Pemanfaatan Maggot Black Soldier Fly dalam Pengelolaan Sampah Organik: Tinjauan Literatur

Edo Nofriadi* , Nindy Notrilauvia
Universitas Negeri Padang, Indonesia
Email: edo.nofriadi@gmail.com*

Keywords:

black soldier fly, bioconversion, organic waste, waste management, sustainable development

Abstract

Organic waste management has become one of the major environmental challenges in many developing countries, including Indonesia, due to the increasing volume of waste generated from population growth, urbanization, and changing consumption patterns. This study aims to analyze the potential utilization of Black Soldier Fly (BSF) larvae in organic waste management through a literature review approach. The research employed a qualitative method using literature study by collecting and analyzing various scientific references from journals, books, and related research reports published within the last ten years. The findings indicate that BSF larvae possess high efficiency in reducing organic waste volume through the bioconversion process while simultaneously producing valuable by-products such as protein-rich biomass for animal feed and organic fertilizer residues. In addition to environmental benefits through waste reduction and greenhouse gas mitigation, BSF technology also provides economic opportunities and social benefits by encouraging community-based waste management and circular economy practices. However, several challenges remain, including technical cultivation constraints, limited public awareness, inadequate regulatory support, and market development for derivative products. In conclusion, BSF bioconversion technology has strong potential as a sustainable organic waste management solution and requires further support through research, policy development, and community empowerment programs.

Kata Kunci:

black soldier fly, biokonversi, sampah organik, pengelolaan sampah, pembangunan berkelanjutan

Abstrak

Pengelolaan sampah organik menjadi salah satu tantangan lingkungan utama di berbagai negara berkembang termasuk Indonesia akibat meningkatnya volume sampah yang dihasilkan dari pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemanfaatan larva Black Soldier Fly (BSF) dalam pengelolaan sampah organik melalui pendekatan tinjauan literatur. Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan studi literatur melalui pengumpulan dan analisis berbagai referensi ilmiah berupa jurnal, buku, dan laporan penelitian terkait yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir. Hasil kajian menunjukkan bahwa larva BSF memiliki efisiensi tinggi dalam mereduksi volume sampah organik melalui proses biokonversi serta menghasilkan produk sampingan bernilai ekonomi berupa biomassa kaya protein untuk pakan ternak dan residu pupuk organik. Selain memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan timbunan sampah dan emisi gas rumah kaca, teknologi BSF juga memberikan manfaat ekonomi dan sosial melalui pengembangan pengelolaan sampah berbasis masyarakat dan penerapan ekonomi sirkular. Namun demikian, implementasi teknologi ini masih menghadapi tantangan berupa kendala teknis budidaya, rendahnya pemahaman masyarakat, keterbatasan regulasi, dan pengembangan pasar produk turunan. Kesimpulannya, teknologi biokonversi BSF memiliki potensi besar sebagai solusi pengelolaan sampah organik berkelanjutan yang memerlukan dukungan penelitian, kebijakan, dan pemberdayaan masyarakat secara berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah selalu menjadi sebuah isu yang tidak akan pernah selesai untuk dibahas. Bukan hanya karena dampak besar yang dihasilkan tetapi juga karena sampah menjadi sebuah sumber permasalahan lingkungan yang sangat terikat dengan kehidupan sosial dan ekonomi yang akan selalu hadir dalam kehidupan masyarakat. Hal ini tidak terlepas dari pemaknaan sampah sendiri yang diartikan sebagai buangan hasil dari suatu proses produksi (industri ataupun domestik). Undang-Undang nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah menyebutkan sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik maupun an organik, dapat terurai ataupun tidak dapat terurai dan dianggap sudah tidak berguna dan dibuang ke lingkungan. Kondisi ini menjadikan Sampah selalu menjadi tantangan utama dalam pengelolaan lingkungan diberbagai negara, tidak terkecuali indonesia. Peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, pola konsumsi dan perubahan gaya hidup adalah diantara banyaknya penyebab peningkatan sampah yang signifikan setiap tahunnya. Berdasarkan data sistem informasi pengelolaan sampah nasional (SIPSN) (Kementerian Lingkungan Hidup, 2026) jumlah total timbulan sampah di Indonesia pada tahun 2025 mencapai lebih dari 27 juta ton dan hanya 34 % yang terkelola. Sisanya 66% tidak dapat dikelola dengan baik. Secara garis besar, jenis sampah umum yang dihasilkan di masyarakat dapat dikelompokkan menjadi jenis sampah organik dan sampah anorganik. Sampah anorganik merupakan sampah yang berasal dari kegiatan/aktivitas manusia yang sulit terurai oleh mikroorganisme dan membutuhkan jangka waktu yang panjang dalam penguraiannya. Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari makhluk hidup yang mudah terurai oleh mikroorganisme.

Dari kedua jenis sampah ini, sampah organik merupakan jenis sampah paling banyak dihasilkan di Indonesia dibandingkan dengan jenis sampah lainnya. Hampir diseluruh negara, produksi sampah organik ini dihasilkan setiap hari. Di negara berkembang jumlah ini cenderung meningkat terutama dengan adanya peningkatan kebutuhan dan pola serta gaya hidup masyarakat. Namun masalah pengelolaan menjadi isu utama untuk diselesaikan terutama di negara berkembang dengan pendapatan menengah kebawah (Kaza et al., 2018; Surendra et al., 2020; Troschinetz & Mihelcic, 2009; Wilson et al., 2012). Di Indonesia pada tahun 2025, 40,62% sampah yang dihasilkan merupakan sisa makanan, 13,46% berupa kayu/ranting dan sisanya merupakan sampah anorganik. Data ini menggambarkan bahwa sampah organik merupakan jenis sampah utama yang dihasilkan di Indonesia. Konsekuensinya apabila jenis sampah ini tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif yang lebih besar terhadap lingkungan seperti pencemaran tanah, pencemaran air, pencemaran udara berupa bau tidak sedap maupun peningkatan gas methane yang memicu peningkatan gas rumah kaca yang berasal dari proses dekomposisi yang tidak terkontrol.

Secara konvensional pengelolaan sampah pada umumnya dilakukan melalui penimbunan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), proses pengomposan ataupun pembakaran. Namun beberapa tahun terakhir kondisi ini menghadapi tantangan dan keterbatasan seperti terbatasnya lahan TPA, proses pengomposan yang relatif membutuhkan waktu yang panjang sementara produksi sampah perhari tidak berkurang serta potensi pencemaran akibat proses pembakaran sampah yang masih terus terjadi. Permasalahan keterbatasan umur TPA beberapa tahun terakhir menjadi polemik baru mengingat sudah tercapainya umur teknis TPA untuk menampung sampah sebagai dampak meningkatnya jumlah penduduk dan semakin kompleksnya jenis sampah yang dihasilkan. Kondisi ini juga dipicu dengan sistem pengelolaan sampah yang masih masih dilaksanakan secara parsial yang menjadi salah satu penyebab permasalahan sampah tidak tertangani sampai ke akarnya dan cenderung memberikan dampak negatif bagi pembangunan pada sektor lain (Bappenas, 2022). Berbagai permasalahan pengelolaan sampah ini mendorong bertumbuhnya inovasi dalam pengelolaan sampah yang lebih efektif, ramah terhadap lingkungan dan minim resiko pencemaran serta berkelanjutan.

Inovasi ini cenderung berkembang karena semakin meningkatnya kesadaran sebagian masyarakat terhadap sampah terutama sampah organik. Salah bentuk pengelolaan sampah organik ini adalah dengan pemanfaatan organisme untuk mengurai sampah yaitu melalui Pemanfaatan organisme biologi dalam proses pengolahan sampah organik melalui mekanisme biokonversi yang beberapa tahun ini mulai banyak dikembangkan. Salah satu organisme yang dinilai mempunyai potensi besar dalam proses biokonversi sampah organik adalah *Black Soldier Fly* (BSF). Secara ilmiah spesies ini bernama *Hermetia illucens* dikenal sebagai *black soldier fly* termasuk ordo Diptera, famili stratiomyidaer, sub family Hermetiinae (Caruso et al., 2013). Organisme ini memiliki kemampuan mengurai berbagai jenis bahan organik secara efisien. Larva dari serangga ini dikenal sebagai maggot yang mampu mengonsumsi limbah organik dalam jumlah besar dan mengubahnya menjadi biomassa yang bernilai ekonomi.

Proses pengolahan sampah dengan bantuan organisme ini tidak hanya mampu mengurangi volume sampah secara signifikan melainkan juga menghasilkan produk sampingan yang bermanfaat sebagai pupuk organik dan sumber protein alternatif untuk pakan ternak.

Penelitian terkait pemanfaatan larva BSF dalam pengelolaan sampah organik sudah sangat banyak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan organisme ini dalam pengelolaan sampah memiliki efisiensi yang cukup tinggi dalam mereduksi volume limbah. Larva BSF dapat mengonsumsi berbagai jenis bahan organik baik yang berasal dari sisa makanan, produk sampingan industri pertanian, sisa hewan dan produk berbasis daging (Surendra et al., 2020). Teknologi biokonversi ini relatif sederhana, tidak memerlukan teknologi yang kompleks dan dapat diimplementasikan dalam skala rumah tangga maupun dalam skala komunal ataupun kelompok masyarakat. Melihat kondisi ini, pendekatan pengelolaan sampah dengan sistem ini dinilai dapat memberikan potensi besar dalam mendukung sistem pengelolaan sampah berbasis masyarakat. Diberbagai negara termasuk Indonesia pemanfaatan larva BSF dalam pengolahan sampah organik terus dikembangkan dan diperkenalkan kepada masyarakat untuk dapat terus dikembangkan sebagai salah satu solusi alternatif sebagai upaya mengatasi permasalahan timbulan sampah yang terus meningkat.

Permasalahan pengelolaan sampah organik menjadi salah satu isu lingkungan yang terus mengalami peningkatan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, serta perubahan pola konsumsi masyarakat menyebabkan volume sampah organik meningkat secara signifikan setiap tahunnya. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional menunjukkan bahwa sebagian besar timbulan sampah di Indonesia masih didominasi oleh sampah organik berupa sisa makanan dan limbah biomassa rumah tangga yang belum terkelola secara optimal. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya pencemaran lingkungan, produksi gas rumah kaca, serta penurunan kualitas kesehatan masyarakat akibat proses pembusukan yang tidak terkendali. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, pengelolaan sampah organik menjadi isu strategis karena berkaitan langsung dengan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial masyarakat. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi pengelolaan sampah yang tidak hanya mampu mengurangi volume limbah, tetapi juga menghasilkan nilai tambah yang bermanfaat bagi masyarakat.

Selama ini pengelolaan sampah organik masih didominasi oleh metode konvensional seperti penimbunan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), pembakaran, dan pengomposan tradisional. Namun, metode tersebut menghadapi berbagai keterbatasan, seperti kebutuhan lahan yang besar, waktu penguraian yang relatif lama, serta potensi pencemaran lingkungan akibat emisi gas dan lindi. Beberapa penelitian terdahulu menjelaskan bahwa pengelolaan sampah organik secara konvensional belum mampu mengimbangi peningkatan jumlah sampah harian, terutama di kawasan perkotaan dengan tingkat konsumsi yang tinggi. Penelitian Kaza et al. (2018) dan Surendra et al. (2020) menunjukkan bahwa sebagian besar negara berkembang masih mengalami kesulitan dalam mengelola limbah organik secara efektif karena keterbatasan

infrastruktur dan rendahnya partisipasi masyarakat. Di sisi lain, Wilson et al. (2012) menegaskan bahwa sistem pengelolaan sampah berbasis pembuangan akhir berpotensi meningkatkan emisi gas rumah kaca yang berdampak terhadap perubahan iklim global. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan pengelolaan sampah yang lebih inovatif, efisien, dan berkelanjutan sangat diperlukan untuk menjawab tantangan lingkungan saat ini.

Salah satu inovasi yang mulai banyak dikembangkan dalam pengelolaan sampah organik adalah pemanfaatan larva Black Soldier Fly (BSF) atau *Hermetia illucens* melalui proses biokonversi. Teknologi ini memanfaatkan kemampuan larva BSF dalam menguraikan bahan organik menjadi biomassa bernilai ekonomi dalam waktu relatif singkat. Penelitian Diener et al. (2011) menunjukkan bahwa larva BSF mampu mereduksi volume limbah organik secara signifikan sekaligus menghasilkan residu yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Penelitian Lalander et al. (2019) juga menjelaskan bahwa efektivitas proses biokonversi dipengaruhi oleh jenis substrat organik yang digunakan sebagai sumber pakan larva. Selain itu, penelitian Mahmood et al. (2021) menemukan bahwa penerapan teknologi BSF pada skala rumah tangga mampu mengurangi lebih dari 70% limbah organik domestik. Temuan-temuan tersebut memperlihatkan bahwa teknologi biokonversi BSF memiliki potensi besar sebagai solusi alternatif pengelolaan sampah organik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Tidak hanya berperan dalam pengurangan sampah, pemanfaatan BSF juga memberikan manfaat ekonomi melalui produksi biomassa larva yang kaya protein dan lemak sebagai alternatif bahan baku pakan ternak dan ikan. Penelitian Chia et al. (2019) menjelaskan bahwa pengembangan budidaya BSF berpotensi menciptakan model ekonomi inklusif berbasis pengelolaan limbah organik. Sementara itu, Odongo et al. (2024) menegaskan bahwa kandungan protein larva BSF yang tinggi menjadikan teknologi ini relevan dalam mendukung ketahanan pangan dan pengembangan ekonomi sirkular. Dalam konteks lingkungan, penelitian Dewi et al. (2024) menunjukkan bahwa proses biokonversi BSF mampu menghasilkan pupuk organik cair dalam jumlah lebih besar dibandingkan proses dekomposisi biasa. Selain itu, Santoso et al. (2023) menyebutkan bahwa pengolahan sampah menggunakan BSF dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dari timbunan sampah organik di TPA. Berbagai hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa teknologi BSF tidak hanya berorientasi pada pengurangan limbah, tetapi juga mendukung pembangunan ekonomi hijau berbasis sumber daya berkelanjutan.

Meskipun penelitian mengenai pemanfaatan BSF dalam pengelolaan sampah organik telah berkembang cukup pesat, sebagian besar studi masih berfokus pada aspek teknis biokonversi dan efisiensi reduksi limbah. Penelitian yang membahas secara komprehensif mengenai integrasi manfaat lingkungan, ekonomi, sosial, serta tantangan implementasi teknologi BSF dalam sistem pengelolaan sampah berkelanjutan masih relatif terbatas. Selain itu, berbagai hasil penelitian tersebut masih tersebar dalam sumber literatur yang terpisah sehingga belum memberikan gambaran utuh mengenai potensi pengembangan teknologi BSF dalam konteks pengelolaan sampah modern. Kesenjangan penelitian ini menunjukkan perlunya kajian literatur yang mampu mensintesis berbagai temuan ilmiah terkait pemanfaatan BSF, baik dari aspek biologi, mekanisme biokonversi, manfaat multidimensional, hingga tantangan implementasinya di masyarakat. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi akademik dalam memperkuat pemahaman mengenai posisi teknologi BSF sebagai alternatif pengelolaan sampah organik yang inovatif dan berkelanjutan.

Urgensi penelitian ini semakin meningkat seiring dengan bertambahnya volume sampah organik dan terbatasnya kapasitas pengelolaan sampah di berbagai daerah di Indonesia. Permasalahan keterbatasan lahan TPA, rendahnya tingkat pemilahan sampah dari sumber, serta meningkatnya tekanan terhadap kualitas lingkungan menjadi alasan penting perlunya pengembangan teknologi pengelolaan sampah yang lebih efektif dan efisien. Di sisi lain,

perkembangan konsep ekonomi sirkular mendorong perubahan paradigma pengelolaan limbah dari sistem buang menjadi sistem pemanfaatan kembali sumber daya. Dalam konteks tersebut, teknologi biokonversi BSF menjadi relevan karena mampu mengubah limbah organik menjadi produk bernilai ekonomi seperti pakan ternak dan pupuk organik. Selain itu, penerapan teknologi ini juga berpotensi meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah berbasis sumber serta membuka peluang usaha baru berbasis lingkungan. Oleh karena itu, penguatan kajian mengenai teknologi BSF sangat penting sebagai dasar pengembangan kebijakan dan implementasi pengelolaan sampah berkelanjutan di masa mendatang.

Berdasarkan uraian tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada upaya menyusun tinjauan literatur secara komprehensif mengenai pemanfaatan Black Soldier Fly dalam pengelolaan sampah organik dengan mengintegrasikan berbagai aspek penting, mulai dari karakteristik sampah organik, mekanisme biokonversi, manfaat lingkungan, ekonomi, dan sosial, hingga tantangan implementasi dan potensi pengembangannya dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merangkum berbagai hasil penelitian terdahulu terkait teknologi BSF sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai efektivitas dan prospek pengembangannya. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi akademisi, pemerintah, pelaku usaha, maupun masyarakat dalam mengembangkan sistem pengelolaan sampah organik yang lebih inovatif, berkelanjutan, dan berbasis ekonomi sirkular di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur untuk mengkaji pemanfaatan BSF dalam pengelolaan sampah organik. Denzin dan Lincoln (2011) dalam (Febrianto & Siroj, 2024), menjelaskan bahwa penelitian kualitatif merupakan sebuah rangkaian penelitian yang seringkali melibatkan berbagai teknik penelitian seperti wawancara mendalam, observasi dan analisis dokumen yang memungkinkan peneliti mendapatkan pemahaman yang lebih kaya dan mendalam tentang konteks yang diteliti. Sementara itu terkait dengan metode studi literatur, Rosyidhana (2014) dalam Rusmawan, (2019) menyebutkan bahwa Studi literatur diartikan sebagai metode pengumpulan data melalui proses mencari dan membaca sumber-sumber tertulis yang ada seperti buku, jurnal atau literatur yang menjelaskan terkait landasan teori. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif terkait perkembangan penelitian, konsep serta temuan ilmiah yang berkaitan dengan pemanfaatan BSF sebagai agen biokonversi dalam pengolahan limbah organik.

Sesuai dengan metode penelitian, tahapan pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran berbagai sumber literatur ilmiah yang berasal dari jurnal nasional maupun jurnal internasional, buku referensi, laporan penelitian serta dokumen ilmiah lainnya yang relevan dengan topik kajian. Penelitian literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect dan portal jurnal nasional dengan kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian literatur antara lain *black soldier fly*, *hermetia illucens*, maggot, pengolahan sampah organik, serta biokonversi limbah organik. Literatur yang digunakan adalah yang terbit dalam rentang waktu sepuluh tahun terakhir untuk memastikan relevansi dan kebaruan informasi yang digunakan.

Dalam tahapan analisis data, penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah yaitu identifikasi literatur yang relevan dengan topik penelitian, seleksi sumber pustaka berdasarkan kesesuaian dengan fokus kajian serta analisis isi terhadap informasi yang diperoleh dari berbagai sumber tersebut. Literatur yang terpilih dan dianggap relevan untuk kajian ini kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi konsep, metode serta temuan penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan BSF dalam pengolahan sampah organik. Hasil analisis selanjutnya disintesis untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai

potensi, manfaat serta tantangan dalam penerapan teknologi biokonversi BSF dalam pengelolaan sampah organik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik dan Permasalahan Sampah Organik

Sampah organik adalah salah satu klasifikasi sampah yang merupakan jenis limbah yang berasal dari bahan-bahan biologis yang dapat terurai secara alami melalui proses dekomposisi oleh mikroorganisme. Sampah organik merupakan sisa-sisa bahan organik yang bisa terurai secara alami oleh mikroorganisme (Londa, 2024). Secara umum sampah organik berasal dari sisa makanan, dedaunan dan kotoran hewan, buah-buahan dan sayuran. Jenis sampah ini dapat diolah menjadi kompos ataupun pupuk yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian. Jika ditelaah berdasarkan sumber penghasil sampah, secara umum sampah organik berasal dari aktivitas rumah tangga, kegiatan pertanian, pasar tradisional, industri pengolahan makanan serta limbah dari sektor perhotelan dan restoran. Contoh dari sampah organik yang dihasilkan seperti sisa makanan, sayuran dan buah-buahan yang membusuk, daun kering, limbah dapur serta limbah pertanian. Karakteristik utama dari sampah organik adalah kandungan bahan organik yang tinggi serta kemampuan untuk mengalami proses pembusukan secara biologis. Liang et al (2024) dalam (Widayanti & Siswoyo, 2025) menjelaskan bahwa karakter dari sampah organik hasil dari aktivitas rumah tangga seperti konsumsi makanan, kegiatan memasak dan membersihkan rumah maupun aktivitas domestik lainnya pada umumnya memiliki kadar air relatif tinggi dan mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan bau dan mempercepat proses pembusukan.

Sampah organik di Indonesia seperti halnya negara berkembang lain merupakan komposisi paling besar dalam sistem pengelolaan sampah. Berbagai literatur menunjukkan bahwa proporsi sampah organik dalam skala rumah tangga negara berkembang memberikan komposisi mencapai lebih dari 50%. Komakech, et al (2015) dalam (Amrul et al., 2022), menyebutkan berkisar antara 50-70% sampah padat yang dibuang ke TPA merupakan sampah organik dan sisanya berupa sampah an organik. Sampah organik ini sebagian besar masih belum dikelola dengan baik hampir diseluruh dunia. Setiap tahunnya sepertiga dari total makanan yang dihasilkan menjadi sampah yang menyumbang emisi lingkungan dan kerugian ekonomi (Kaza et al., 2018; Surendra et al., 2020; Troschinetz & Mihelcic, 2009; Wilson et al., 2012). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan sampah organik memiliki peran penting dalam upaya pengurangan timbulan sampah secara keseluruhan. Namun dalam prakteknya pengelolaan sampah organik menghadapi berbagai permasalahan terutama di wilayah perkotaan yang memiliki tingkat produksi sampah yang tinggi serta keterbatasan sistem pengelolaan yang efektif. Hal ini tidak terlepas dari keterbatasan ruang dan karakteristik sosial budaya masyarakat perkotaan.

Salah satu permasalahan utama klasik namun sangat susah untuk diantisipasi dalam pengelolaan sampah organik adalah kecenderungan dan kebiasaan masyarakat untuk membuang sampah secara langsung ke tempat pembuangan tanpa melalui proses pemilahan atau pengelolaah terlebih dahulu. Konsep sampah merupakan produk sisa yang tidak dapat dimanfaatkan lagi masih sangat kuat dalam kehidupan sosial masyarakat. Akibatnya sebagian besar sampah organik bercampur dengan jenis sampah lainnya sehingga menyulitkan proses pengolahan lebih lanjut. Sampah organik yang menumpuk di tempat pembuangan menghasilkan gas metan dan karbondioksida sebagai produk akhir yang menyebabkan meningkatnya gas rumah kaca yang berkontribusi besar pada perubahan iklim (Isibika et al., 2019) Selain itu mengingat karakteristik sampah organik akan meningkatkan polusi udara melalui bau tidak sedap karena proses pembusukan, meningkatkan perkembangan vektor penyakit seperti nyamuk, lalat dan hewan pengerat yang akan memperburuk kondisi lingkungan. Kondisi yang lebih parah dirasakan oleh masyarakat yang tinggal didekat

pembuangan sampah atau di area dengan pengelolaan sampah yang buruk dimana penularan penyakit yang relatif lebih cepat yang berdampak pada kesehatan masyarakat seperti infeksi saluran pernafasan, alergi dan penyakit kulit akibat kontak langsung dengan sampah.

Kondisi ini bukan berarti belum ada upaya pengelolaan sampah organik yang dilakukan. Pengelolaan sampah organik melalui pengomposan konvensional telah banyak dilakukan, namun waktu dan proses yang relatif panjang serta pengelolaan yang baik untuk menghasilkan proses dekomposisi yang berjalan optimal menjadi kendala tersendiri. pengomposan merupakan sebuah proses daur ulang bahan organik dimana bahan organik yang sudah tidak digunakan kemudian diolah kembali untuk kembali dapat digunakan (Epstein, 2017). Hasil dari aktivitas pengomposan ini akan berguna untuk meningkatkan kualitas tanah dan membantu pertumbuhan tanaman serta mengurangi potensi erosi dan limpasan. Kompos yang telah melewati proses yang benar akan menambah humus tanah untuk memperbaiki kualitas tanah. Dilain sisi pada beberapa kasus, proses pengomposan juga menghadapi kendala seperti keterbatasan lahan, kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai teknik pengomposan yang benar serta rendahnya tingkat partisipasi dalam kegiatan pengelolaan sampah berbasis sumber.

Dengan berbagai permasalahan inovasi dalam sistem pengelolaan sampah organik yang lebih efektif, efisien, ramah lingkungan dan berkelanjutan sangat dibutuhkan. Salah satu pendekatan yang mulai banyak dilakukan sejak beberapa tahun terakhir dan digadang-gadang dapat menjadi salah satu alternatif utama dalam upaya pengurangan tumpukan sampah organik di tempat pembuangan akhir adalah pemanfaatan organisme biologis dalam proses pengolahan sampah melalui mekanisme biokonversi. Biokonversi merupakan perombakan sampah organik menjadi sumber energi metan melalui fermentasi yang melibatkan makhluk hidup yang dilakukan secara anaerob (Mabruroh et al., 2022). Pendekatan pengelolaan sampah ini utamanya memanfaatkan kemampuan organisme tertentu untuk menguraikan bahan organik dan mengubahnya menjadi produk yang memiliki nilai guna yang lebih tinggi. Dalam konteks ini, BSF menjadi salah satu organisme yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam pengolahan sampah organik. Berbagai studi telah menekankan bahwa larva BSF merupakan salah satu yang terbaik dalam mengelola sampah organik (Kinasih et al., 2020; Lalander et al., 2019; Mahmood et al., 2021).

Dalam pengolahan sampah organik, penggunaan BSF dinilai memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode pengolahan konvensional. Larva serangga ini memiliki kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis bahan organik dalam jumlah besar serta mampu mengurangi volume sampah secara signifikan dalam waktu singkat. Studi yang dilakukan Ibadurrohman et al (2020) dalam Siddiqui et al., (2022) menyebutkan bahwa larva BSF mempunyai kemampuan luar biasa dalam mengolah sampah organik. Hasil sampingan dari proses biokonversi ini berupa biomassa sebanyak 800 gram dari 4 kg sampah yang dikonsumsi. Hasil ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak maupun ikan. Dalam konteks ini pemanfaatan BSF dalam pengelolaan sampah organik semakin mendapat perhatian sebagai salah satu alternatif solusi dalam pengelolaan sampah organik secara berkelanjutan.

Biologi dan Karakteristik Black Soldier Fly

BSF merupakan jenis serangga dengan nama latin *Hermetia illucens* merupakan serangga yang termasuk ke dalam ordo Diptera, famili Stratiomyidae dan sub famili Hermetiinae. Jenis serangga ini berasal dari wilayah tropis, sub tropis dan beriklim sedang di benua Amerika. Saat ini spesies ini telah menyebar ke berbagai wilayah di dunia dan juga telah banyak ditemukan di negara-negara di Eropa, Afrika, Oceania dan Asia (Caruso et al., 2013). BSF memperoleh banyak perhatian dalam penelitian lingkungan karena kemampuannya dalam mengurai berbagai jenis limbah organik melalui proses biokonversi dan kondisi ini sangat

menjanjikan untuk masa depan mengingat efisiensi organisme ini dalam mengkonversi sampah serta siklus hidup yang relatif singkat (Odongo et al., 2024; Van Huis A & Gasco L, 2023).

Melihat pada karakteristik perkembangan siklus hidup, BSF melewati fase telur, larva, prepupa, pupa dan lalat dewasa. Tahap larva merupakan fase awal yang paling penting dalam proses pengolahan sampah organik karena pada fase ini larva memiliki kemampuan konsumsi bahan organik yang sangat tinggi. Melihat pada siklus hidupnya proses BSF dimulai dari fase telur yang menetas dalam waktu 3-4 hari yang selanjutnya berkembang menjadi larva yang aktif mengkonsumsi bahan organik selama 14-18 hari. Fase ini kemudian berlanjut memasuki fase prepupa dan pupa yang akhirnya mencapai fase lalat dewasa (Surendra et al., 2020).

Kemampuan yang tinggi larva BSF dalam mengkonsumsi berbagai jenis bahan organik seperti sisa makanan, limbah dapur, limbah pasar, limbah pertanian, serta limbah industri makanan dapat mengurangi volume sampah organik secara signifikan dalam waktu yang relatif singkat. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa larva Black Soldier Fly mampu mereduksi volume limbah organik hingga lebih dari 50% dalam proses biokonversi.

Selain kemampuan konsumsi yang tinggi, BSF juga mempunyai kemampuan adaptasi yang baik dalam berbagai kondisi lingkungan. Larva serangga ini dapat berkembang dengan baik pada berbagai jenis substrat organik serta mampu tumbuh dengan cepat pada kondisi kelembaban dan temperatur yang relatif tinggi. Selain itu, lalat dewasa dari spesies ini tidak bersifat sebagai vektor penyakit seperti lalat rumah pada umumnya karena karakter serangga ini tidak tertarik pada makanan manusia dan tidak mengkonsumsi makanan dalam fase dewasa. Hal ini menjadikan BSF relatif aman untuk dimanfaatkan dalam sistem pengolahan limbah organik.

Residu yang dihasilkan larva BSF dari hasil proses penguraian bahan organik berupa sisa metabolisme yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Hasil lain dari proses ini adalah biomassa yang kaya akan protein dan lemak. Larva BSF berpotensi menghasilkan protein alternatif sebagai pakan ternak kandungan protein dari larva yang tinggi (30-70%) dan asam amino yang baik. Selain itu juga didukung oleh pembiakan yang sederhana dengan menggunakan limbah organik sangat berkontribusi pada keberlanjutan (Veldkamp et al., 2012 dalam Odongo et al., 2024)

Dengan berbagai potensi positif tersebut, pemanfaatan Black Soldier Fly tidak hanya berkontribusi dalam pengurangan volume sampah organik tetapi juga menghasilkan produk turunan yang memiliki nilai ekonomi. Konsep biokonversi dengan organisme BSF menjadi salah satu alternatif solusi dalam pengelolaan limbah organik yang lebih efisien, ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Mekanisme Biokonversi Sampah Organik Oleh Maggot

Biokonversi merupakan proses penguraian bahan organik melalui aktivitas organisme hidup dengan mengubah bahan organik tersebut menjadi bentuk lain yang lebih sederhana atau memiliki nilai guna yang lebih tinggi. Proses ini melalui proses fermentasi yang dilakukan oleh organisme hidup untuk mengurai limbah/sampah organik menjadi energi metana (Newton., 2025 dalam Wardhani et al., (2025)). Biokonversi dalam pengelolaan sampah organik dengan menggunakan larva BSF merupakan salah satu pendekatan yang dinilai efektif dalam mengurangi volume limbah sekaligus menghasilkan produk yang bernilai ekonomi. Banyak penelitian telah membahas terkait teknologi biokonversi BSF dalam pengolahan sampah organik dengan hasil yang signifikan dan lebih cepat dibanding dengan metode komposting lainnya (Kahar et al., 2020; Madari et al., 2023; Siddiqui et al., 2022).

Tahap awal dari proses biokonversi ini dimulai dengan pengumpulan dan pemilahan bahan organik yang akan digunakan sebagai sumber bahan makanan bagi larva BSF. Bahan organik yang umum digunakan antara lain sisa makanan, limbah dapur, limbah sayuran dan buah-buahan, limbah pasar serta limbah pertanian (Dani et al., 2023; Madari et al., 2023; Odongo et al., 2024; Ursada et al., 2025). Selanjutnya bahan organik ini dicacah ataupun

dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil agar mempermudah proses konsumsi larva. Setelah itu larva BSF dimasukkan ke dalam media yang berisi bahan organik tersebut untuk memulai proses penguraian.

Berbagai penelitian menyebutkan bahwa larva BSF mampu menurunkan jumlah sampah organik sampai 85%(Mokodenseho et al., 2025). Larva akan secara aktif memakan bahan organik yang telah disediakan dan mengubahnya menjadi energi untuk pertumbuhan serta membentuk biomassa tubuh yang kaya akan protein dan lemak. Aktivitas ini juga menyebabkan terjadinya penurunan volume dan bahan organik secara signifikan dalam waktu yang relatif singkat.

Selain menguntungkan dalam hal pengurangan volume sampah, proses biokonversi juga menghasilkan dua produk utama yaitu biomassa larva dan residu organik. Biomassa yang dihasilkan ini memiliki kandungan protein berkisar 40% dan lemak berkisar 30% yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ternak, pakan ikan maupun unggas (Cheng et al., 2017; Mustafela., 2017 dalam Mulyatna et al., 2022). Residu organik yang tersisa dari proses biokonversi yang sering disebut frass dimanfaatkan untuk pupuk organik dengan unsur hara yang bermanfaat bagi tanaman.

Efisiensi pengurangan sampah melalui proses biokonversi dengan menggunakan larva BSF telah memperlihatkan perkembangan yang cukup tinggi. Larva BSF diketahui mampu mereduksi volume sampah organik hingga lebih dari setengah dari total bahan awal yang digunakan sebagai substrat sumber pakan. Waktu pemrosesan sampah juga memberikan keuntungan lebih mengingat dengan konsumsi waktu proses yang relatif singkat dibandingkan dengan metode pengomposan konvensional. Kondisi ini menjadikan teknologi biokonversi menggunakan BSF sebagai salah satu alternatif yang potensial dalam pengelolaan sampah organik terutama di wilayah perkotaan dengan produksi sampah yang tinggi dan lahan yang relatif lebih sempit.

Sekaitan dengan konsep keberlanjutan, selain aspek efisiensi pengolahan limbah, proses biokonversi dengan memanfaatkan larva BSF sangat mendukung konsep sirkular ekonomi (Sumardiono & Amalia, 2024). Sampah organik yang sebelumnya dianggap tidak lagi memiliki nilai guna, dapat memberikan nilai ekonomi baru dari hasil pengolahannya berupa pakan ternak dan pupuk organik. Dengan berbagai manfaat yang dihasilkan, biokonversi tidak hanya berkontribusi dalam pengurangan timbulan Sampah melainkan juga memberikan manfaat ekonomi baru bagi masyarakat.

Manfaat Pemanfaatan Maggot dalam Pengelolaan Sampah

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa pemanfaatan BSF dalam pengelolaan sampah organik telah memberikan berbagai manfaat yang signifikan. Tidak hanya untuk aspek lingkungan melainkan juga memberikan manfaat pada aspek ekonomi dan sosial. Kondisi ini sangat mendukung ketercapaian aspek pembangunan berkelanjutan di lingkungan masyarakat mengingat dalam konteks pembangunan berkelanjutan keberlanjutan ekonomi, sosial dan lingkungan harus seimbang (Suparmoko, 2020), Jika tidak maka proses pembangunan akan berada pada model konvensional yang lebih mengutamakan pada pertumbuhan ekonomi.

Berikut akan dipaparkan berbagai manfaat dari pemanfaatan BSF dalam pengolahan sampah yang telah didukung berbagai penelitian terkait dengan penerapan teknologi biokonversi BSF dalam pengolahan sampah. Manfaat ini akan dijelaskan dalam 3 aspek besar yaitu lingkungan, ekonomi dan sosial.

Manfaat Lingkungan

Salah satu tujuan utama dari pemanfaatan BSF dalam pengolahan sampah organik yang telah dilaporkan banyak memberikan manfaat adalah kemampuannya dalam mengurangi volume sampah organik secara signifikan dalam waktu yang relatif singkat jika dibandingkan dengan pengomposan konvensional. Larva BSF ini mampu mengkonsumsi berbagai jenis bahan organik dengan cepat sehingga dapat mempercepat proses penguraian sampah. Proses

ini membantu mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA sehingga umur teknis operasional TPA dapat lebih panjang serta tekanan terhadap sistem pengolahan sampah perkotaan juga berkurang.

Dalam perkembangannya diketahui penggunaan BSF dalam pengolahan sampah organik juga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses pembusukan sampah (Lim *et al.*, 2016; Tashyrev *et al.*, 2022; Yuan *et al.*, 2021 dalam Dewi *et al.*, 2024). Sampah organik yang menumpuk di TPA akan mengalami proses anaerob yang menghasilkan gas metan, salah satu gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global yang cukup tinggi. Dengan adanya pengolahan sampah organik melalui proses biokonversi BSF ini potensi pembentukan gas methane ini dapat berkurang karena adanya proses biologi dengan kurun waktu yang relatif lebih singkat (Santoso *et al.*, 2023). Kondisi ini akan menurunkan jumlah gas metan hasil dari tumpukan sampah di TPA mengingat sampah yang dibuang di TPA dengan berkembangnya teknologi biokonversi ini akan cenderung berkurang.

Manfaat lingkungan lainnya adalah dihasilkannya residu organik berupa frass yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Salah satu bentuk pupuk tersebut adalah pupuk organik cair (POC) yang terbentuk dari proses fermentasi hasil pembusukan dari sisa tanaman maupun kotoran hewan dan manusia. Residu ini mengandung unsur hara yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pupuk dalam kegiatan pertanian ataupun hortikultura (Yazirin *et al.*, 2023). Dari segi kuantitas, hasil penelitian Dewi *et al.*, (2024), menunjukkan jumlah pupuk organik cair yang dihasilkan jauh lebih besar, mencapai 2 kali hasil dekomposisi tanpa BSF. Dengan demikian pemanfaatan BSF tidak hanya memberikan manfaat lingkungan dari segi pengurangan sampah organik dan produksi gas metan melainkan juga mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan melalui penyediaan pupuk organik.

Manfaat Ekonomi

Selain manfaat lingkungan, teknologi pengolahan sampah menggunakan BSF juga memberikan potensi ekonomi yang cukup besar. Biomassa yang dihasilkan dari proses biokonversi memiliki kandungan protein dan lemak yang tinggi yang sangat berguna untuk dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, ikan maupun unggas (Cheng *et al.*, 2017 dalam Mulyatna *et al.*, 2022). Dalam beberapa penelitian, kandungan protein larva BSF dilaporkan cukup tinggi berkisar 30%-70% (Veldkamp *et al.*, 2012 dalam Odongo *et al.*, 2024) sehingga berpotensi menjadi sumber protein alternatif yang dapat menggantikan bahan pakan konvensional seperti tepung ikan.

Bagi masyarakat pemanfaatan BSF dalam upaya pengurangan sampah organik membuka peluang usaha baru ditengah permasalahan ekonomi yang ada di Indonesia terutama untuk skala usaha kecil dan menengah. Pengembangan usaha pengolahan sampah dengan larva BSF ini sangat menjanjikan. Kemampuan BSF mengubah sampah organik menjadi nutrisi berkualitas tinggi memiliki prospek ekonomi kreatif ke depannya termasuk peluang hasil dari pengolahannya untuk dijadikan sumber protein alternatif pakan ternak (Chia *et al.*, 2019). Bahan baku sebagai substrat pakan BSF dapat diperoleh dari sampah organik yang tersedia di lingkungan sekitar seperti limbah dari pasar, rumah tangga maupun limbah hasil pertanian. Hasil dari proses ini berupa maggot segar, maggot kering serta pupuk cair organik dari hasil sisa biokonversi yang dapat dipasarkan yang memberikan manfaat ekonomi bagi pelaku usaha.

Pengelolaan sampah organik dengan teknologi biokonversi BSF sangat berpotensi dalam mengurangi beban pengelolaan TPA. Dengan berkurangnya volume sampah yang harus dibuang, diangkut dan ditimbun di TPA, biaya transportasi dan pengelolaan sampah di TPA dapat berkurang.

Manfaat Sosial

Selain manfaat lingkungan dan ekonomi, pengelolaan sampah organik dengan menggunakan teknologi biokonversi BSF juga memberikan dampak positif bagi aspek sosial. Kegiatan ini turut andil meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah berbasis sumber yang dapat membuka lapangan pekerjaan baru. Dortmans et al., (2021) dalam Siddiqui et al., (2022) menyebutkan biokonversi BSF pada saat ini menjadi salah satu alternatif mengatasi tantangan permasalahan sampah global, pengangguran perkotaan dan menjawab tantangan untuk pemenuhan pakan ternak berkelanjutan. Masyarakat juga akan lebih memahami bagaimana pentingnya pemilahan sampah serta pengolahan sampah secara mandiri yang secara tidak langsung akan memupuk kesadaran bagi masyarakat bahwa pengelolaan sampah seharusnya memang dilaksanakan ditingkat tapak dan oleh penghasil sampah itu sendiri.

Teknologi pengolahan sampah ini juga menjadi sarana edukasi lingkungan bagi masyarakat. Program pengolahan sampah melalui biokonversi BSF seringkali dikembangkan dalam bentuk kegiatan pemberdayaan masyarakat, pelatihan pengelolaan sampah serta program edukasi lingkungan di sekolah maupun komunitas. Dengan berbagai bentuk kegiatan edukasi ini diharapkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan sampah dari sumber dan berkelanjutan dapat meningkat.

Tantangan Implementasi Teknologi Black Soldier Fly dalam Pengelolaan Sampah

Meskipun telah dijabarkan pemanfaatan dari aspek lingkungan, sosial dan ekonomi, penerapan teknologi ini dalam skala yang lebih luas masih menghadapi berbagai tantangan. Tantangan ini meliputi aspek teknis, sosial, ekonomi serta regulasi yang dapat mempengaruhi keberhasilan implementasi teknologi ini dalam pengelolaan sampah. Untuk itu, pemahaman terhadap kendala yang muncul akan sangat penting dalam upaya pengembangan teknologi ini secara berkelanjutan.

Tantangan Teknis

Aspek teknis akan menjadi salah satu tantangan utama dalam penerapan teknologi biokonversi BSF dalam pengelolaan sampah terutama dalam tahapan pengelolaa budidaya BSF. Proses budidaya larva memerlukan kondisi lingkungan yang spesifik seperti suhu, kelembaban serta ketersediaan substrat organik yang sesuai (Rahmawati & Rahayu, 2022). Ketidaksesuaian kondisi lingkungan akan mempengaruhi pertumbuhan larva serta efisiensi proses biokonversi. Suhu dan pH media sangat berperan dalam proses biokonversi BSF terutama dalam mempercepat proses pengomposan dan mendukung pertumbuhan larva itu sendiri (Monita et al., 2017). Larva ideal berada pada pH netral dan suhu optimal berkisar pada suhu ruang antara 25° C sampai 35° C. Selain itu pengelolaan media pakan yang tidak tepat menyebabkan penurunan kualitas larva maupun timbulnya bau yang mengganggu lingkungan sekitar. Hal ini dijelaskan dalam Lalander et al., (2019), bahwa jenis substrat makanan sangat mempengaruhi kandungan dan laju pertumbuhan larva BSF.

Sekaitan dengan penjelasan di atas dapat kita ketahui bahwa pengelolaan sampah organik sebagai substrat pakan larva memerlukan proses pemilahan yang baik. Sampah organik yang bercampur dengan sampah an organik seperti plastik, logam maupun bahan berbahaya dapat menghambat proses biokonversi. Beberapa penelitian menyebutkan kondisi ini menjadi penyebab menurunnya kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilahan sampah menjadi kunci utama dalam menentukan keberhasilan penerapan teknologi ini.

Tantangan Sosial

Implementasi teknologi pengolahan sampah menggunakan BSF juga menghadapi tantangan dari aspek sosial. Persepsi masyarakat akan sangat mempengaruhi penerapan di masyarakat. Salah satu faktor yang mempengaruhi faktor ini adalah kesehatan. Mikroorganisme yang ditemukan pada larva BSF berpotensi menimbulkan resiko terhadap

keamanan pakan ternak dan kesehatan masyarakat dan lingkungan. Untuk itu sistem sanitasi sangat penting dalam penerapan teknologi biokonversi ini (Lopez et al., 2022).

Pemahaman masyarakat juga menjadi tantangan dalam membangun persepsi dari masyarakat itu sendiri. Kondisi ini akan berdampak pada tingkat penerimaan masyarakat terkait dengan teknologi dimaksud terutama sekaitan dengan penambahan serangga menjadi pakan hewan/ternak. Nguezet et al., (2024), menyebutkan bahwa karakter sosio-demografis menunjukkan pengaruh yang cukup besar dalam membentuk persepsi masyarakat terkait pemanfaatan larva BSF terutama pada masyarakat dengan partisipasi rendah dalam kelompok sosial. Salam et al., (2023) melalui penelitiannya menyebutkan bahwa implementasi teknologi biokonversi dan pemanfaatannya menjadi pakan ternak tergantung pada bagaimana penerimaan masyarakat. Pendidikan dan kampanye kepedulian akan sangat penting dalam upaya peningkatan penerimaan masyarakat (Siegrist and Hartmann., 2020 dalam Bukchin-Peles et al., 2025) Untuk itu penyebaran informasi selain melalui penyuluhan langsung juga perlu memanfaatkan media yang lebih mudah dan lebih luas menjangkau masyarakat menjadi salah satu poin penting untuk meningkatkan pemahaman masyarakat.

Tantangan Ekonomi

Dari aspek ekonomi, tantangan pengembangan teknologi pengolahan sampah menggunakan BSF adalah dari kebutuhan dukungan investasi awal dalam pembangunan fasilitas budidaya serta pengadaan sarana pendukung lainnya. Meskipun teknologi ini relatif sederhana, pengolahan dalam skala yang lebih besar memerlukan perencanaan yang matang agar budidaya dapat berjalan secara berkelanjutan seperti dari sumber sampah organik, target produksi yang sangat berkaitan dengan penyediaan larva dalam jumlah banyak untuk mencapai produksi skala besar, lokasi pengolahan dan penyimpanan hasil (Lopez et al., 2022). Setelah tantangan sosial dapat diatasi terutama melalui peningkatan pemahaman masyarakat dengan pendidikan dan pelatihan, kelompok usaha akan dapat dikembangkan sehingga skala produksi secara bertahap akan meningkat seiring bertambahnya sampah organik yang diolah (Santoso et al., 2023).

Kondisi ini akan berdampak pada pengembangan pasar untuk produk turunan dari BSF seperti tepung maggot dan pupuk organik yang menjadi faktor kunci dalam keberlanjutan usaha ini. Fluktuasi antara permintaan produk dan kemampuan produksi akan menjadi tantangan ke depannya yang harus dapat disikapi agar aspek ekonomi dari implementasi teknologi biokonversi dapat berkelanjutan.

Tantangan Regulasi dan Kelembagaan

Aspek regulasi dan kelembagaan dalam upaya pengelolaan sampah berbasis BSF menjadi aspek penting yang cenderung memberikan tantangan tersendiri dan sangat perlu diperhatikan karena akan menjadi kekuatan hukum bagi pelaksanaan pengelolaan sampah organik ini. Secara umum regulasi pengelolaan sampah di Indonesia didasarkan pada (Undang-Undang (UU) No. 18 Tahun 2008, 2008) tentang pengelolaan sampah yang telah menjelaskan terkait sampah dan jenis sampah, fasilitas pengelolaan sampah serta lembaga pengelolaan sampah yang didasarkan pada tingkat kewenangannya.

Sebagai tindak lanjut dari undang-undang tentang pengelolaan sampah, pada tahun 2017 pemerintah juga telah menerbitkan (Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 97 Tahun 2017, 2017) tentang kebijakan dan strategi nasional pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga untuk mendukung penyelesaian permasalahan sampah di Indonesia. Regulasi ini berisi tentang komitmen setiap daerah untuk dapat menyelesaikan permasalahan pengelolaan sampah dengan lebih terukur dan bertarget. Selanjutnya untuk kedepannya regulasi terkait inovasi pengolahan sampah perlu untuk dikembangkan termasuk teknologi biokonversi menggunakan BSF. Dengan adanya dukungan kebijakan yang jelas, terutama terkait dengan standar pengelolaan limbah organik, keamanan produk pakan yang

berasal dari larva serangga, serta pengaturan kegiatan budidaya dalam skala komersial termasuk jaminan terhadap lingkungan agar tidak menimbulkan konflik kualitas lingkungan.

Selain itu koordinasi antar berbagai pemangku kepentingan seperti pemerintah pusat, pemerintah daerah, pelaku usah serta masyarakat juga menjadi faktor penting dalam mendukung pengembangan implementasi teknologi ini. Mengingat prospek ekonomi dalam implementasi teknologi biokonversi BSF ini kebijakan terkait insentif ekonomi perlu untuk diperhitungkan. Biokonversi BS memberikan dampak yang sangat penting dalam pembangunan daerah, penciptaan lapangan pekerjaan dan menekan polusi (Bukchin-Peles et al., 2025). Tanpa adanya dukungan kebijakan dan kelembagaan yang kuat, pengembangan teknologi pengolahan sampah menggunakan BSF akan sulit untuk berkembang secara optimal dalam sistem pengelolaan sampah yang terintegrasi.

Potensi Pengembangan Teknologi Black Soldier Fly dalam Pengelolaan Sampah Berkelanjutan

Berbagai penelitian telah menyampaikan bahwa penemuan teknologi pengolahan sampah organik dengan BSF memiliki potensi yang cukup besar dalam mendukung prinsip keberlanjutan dalam pengelolaan sampah. Ini didukung oleh kemampuan larva BSF dalam mengurangi volume sampah organik secara signifikan serta menghasilkan produk turunan yang memiliki nilai ekonomi (Diener et al., 2011; Gold et al., 2020; Lalander et al., 2019). Teknologi ini dalam beberapa tahun terakhir juga telah banyak dikembangkan di berbagai negara sebagai salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan lingkungan dalam lingkup pengelolaan sampah.

Potensi utama dari teknologi biokonversi ini adalah fleksibilitasnya dalam penerapan dalam berbagai skala pengelolaan sampah. Teknologi ini terutama sekali dapat diterapkan pada skala kecil/skala rumah tangga sebagai sumber utama penghasil sampah organik dimana mampu mengurangi limbah melebihi 77% (Mahmood et al., 2021). Selain itu penerapannya dalam skala yang lebih besar dapat dilakukan seperti industri yang juga menjadi potensi yang menjanjikan kedepannya. Pada skala rumah tangga, pemanfaatan ini dapat menjadi implementasi nyata dalam upaya pengelolaan sampah berbasis sumber yang memungkinkan masyarakat untuk berperan aktif dalam pengelolaan sampah secara mandiri.

Manfaat lain dari pemanfaatan teknologi biokonversi BSF ini adalah untuk mendukung penerapan konsep ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah yang mampu mengurangi limbah hingga 80%. Selain itu biokonversi BSF juga memainkan peran penting dalam ekonomi sirkular melalui konversi bahan organik menjadi produk bernilai seperti hasil biomassa larva yang dapat digunakan sebagai bahan baku pakan ternak serta residu organik yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik sekaligus mengurangi polutan gas rumah kaca (Wilson et al., 2012). Dengan demikian teknologi ini membantu menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif, efisien dan berkelanjutan.

Potensi pengembangan teknologi biokonversi BSF ini juga didukung dengan peningkatan perhatian pengelolaan sampah organik dan pengembangan sumber protein Larva BSF mampu mengkonversi protein dan lemak yang bernilai tinggi (Veldkamp et al., 2021) yang dapat menjadi sumber pakan alternatif untuk hewan ternak dan unggas (Lopez et al., 2022; Siddiqui et al., 2022; Wardhani et al., 2025). Hal ini berdampak pada potensi ketahanan pangan dimana larva BSF ini memiliki kandungan protein yang cukup tinggi sehingga berpotensi menjadi salah satu sumber bahan baku pakan yang berkelanjutan. Hal ini juga akan membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan pakan konvensional seperti tepung ikan yang ketersediaannya semakin terbatas.

Di Indonesia pengembangan teknologi pengolahan sampah melalui teknologi biokonversi BSF mulai mendapatkan perhatian dari berbagai pihak termasuk pemerintah dari semua tingkatan, akademisi dan dukungan masyarakat yang mulai aktif menerapkan teknologi ini. Kegiatan pengabdian masyarakat telah banyak dilakukan diberbagai daerah terkait

implementasi teknologi biokonversi ini diantaranya Dusun Gedangan-Yogyakarta, Madiun, Sorong, dan lokasi lainnya (Aisyah et al., 2022) dan (Irawan et al., 2025; Sangaji et al., 2025). Selain itu pengembangan budidaya BSF telah menjadi bagian dari program pengelolaan sampah berbasis masyarakat yang didukung oleh pemerintah dalam penyediaan sarana dan prasarana yang dibutuhkan dalam skala kecil. Program-program ini dibentuk tidak hanya untuk mengurangi timbulan sampah organik, melainkan juga meningkatkan pemberdayaan masyarakat melalui kegiatan ekonomi produktif berbasis pengelolaan sampah berkelanjutan.

Dengan berbagai potensi yang dimiliki, teknologi pengolahan sampah organik menggunakan larva BSF dapat menjadi salah satu pendekatan inovatif dalam mendukung sistem pengelolaan sampah berkelanjutan. Larva BSF dapat mengkonsumsi sampah organik dalam jumlah tinggi dan menghasilkan produk alternatif pakan untuk ternak dan unggas (Lalander et al., 2019). Namun, pengembangan teknologi ini tetap memerlukan dukungan dari berbagai pihak termasuk peningkatan penelitian, penguatan kebijakan serta peningkatan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, pemanfaatan larva Black Soldier Fly (BSF) dalam pengelolaan sampah organik menunjukkan potensi yang sangat besar sebagai solusi pengelolaan limbah yang lebih efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Teknologi biokonversi menggunakan BSF terbukti mampu mengurangi volume sampah organik secara signifikan dalam waktu relatif singkat serta menghasilkan produk turunan bernilai ekonomi berupa biomassa larva sebagai alternatif pakan ternak dan residu organik yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Selain memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan timbulan sampah dan emisi gas rumah kaca, teknologi ini juga berkontribusi terhadap aspek ekonomi dan sosial melalui penciptaan peluang usaha, peningkatan partisipasi masyarakat, dan penguatan konsep ekonomi sirkular berbasis pengelolaan sampah. Namun demikian, implementasi teknologi BSF masih menghadapi berbagai tantangan seperti keterbatasan teknis budidaya, rendahnya pemahaman masyarakat, dukungan regulasi yang belum optimal, serta pengembangan pasar produk turunan yang masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk lebih menitikberatkan pada kajian implementasi teknologi BSF dalam skala lapangan, analisis efektivitas ekonomi dan keberlanjutan usaha, pengembangan model pemberdayaan masyarakat berbasis biokonversi, serta penguatan aspek regulasi dan standardisasi produk hasil pengolahan BSF guna mendukung penerapan teknologi ini secara lebih luas dan berkelanjutan.

REFERENSI

- Aisyah, S. N., Ardianto, P., Rizki, M. I., Zihni, F. A., Fasdiakto, B., & Riyanti, S. M. (2022). Transfer Teknologi Biokonversi Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly Pada Masyarakat Dusun Gedangan. *JMM(Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(4), 2753.
- Amrul, N. F., Ahmad, I. K., Basri, N. E. A., Suja, F., Jalil, N. A. A., & Azman, N. A. (2022). A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14084565>
- Bappenas. (2022). Laporan Kajian Analisis Kelembagaan, Perencanaan, dan Opsi Pendanaan dan Pembiayaan Pengelolaan Sampah.
- Bukchin-Peles, S., Lozneva, K. B., Tomberlin, J. K., & Zilberman, D. (2025). From waste management to protein innovation: Black soldier fly as an embodiment of the circular bioeconomy. *Future Foods*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100592>
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, I. W., Talamond, P., & Baras, E. (2013). Technical Handbook of Domestication and Production of Diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia Illucens*, *Stratiomyidae*. PT. IPB Press.
- Chia, S. Y., Tanga, C. M., van Loon, J. J., & Dicke, M. (2019). Insects for sustainable animal feed: inclusive business models involving smallholder farmers. In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vol. 41, pp. 23–30). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.003>
- Dani, E., Dibisono, M. Y., & Mufriah, D. (2023). Biokonversi Sabut Kelapa Muda Menggunakan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*) Menjadi Pupuk Organik Bioconversion of Young Coconut Coir Using Larvae Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Become Organic Fertilizer. In *Jurnal Agroteknosains* (Vol. 7, Number 1).
- Dewi, D. M. D. R., Farista, B., Virgota, A., & Kamali, S. R. (2024). The Effect of Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) on Liquid Organic Fertilizer Production. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(4), 1050–1059. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7742>
- Diener, S., Studt Solano, N. M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 357–363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Epstein, E. (2017). *The Science of Composting*. CRC Press.
- Febrianto, A., & Siroj, R. A. (2024). Studi Literatur: Landasan Dalam Memilih Metode Penelitian Yang Tepat. *Journal Educational Research and Development*, 01(02), 259–263.
- Gold, M., Cassar, C. M., Zurbrügg, C., Kreuzer, M., Boulos, S., Diener, S., & Mathys, A. (2020). Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, 102, 319–329. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.036>
- Irawan, A., Devita, L. D. R., Nuralam, I. P., Sanawiri, B., & Supriono. (2025). Pengelolaan Limbah Organik Berkelanjutan Dengan Metode Biokonversi Magot dan Biopri Berbasis Mikrobiologi serta Peningkatan Produktivitas Kelompok Masyarakat Desa Luworo Kab. Madiun. *Jurnal Pengabdian Dan Edukasi Sekolah*. <https://doi.org/10.46306/jub.v5i3>
- Isibika, A., Vinnerås, B., Kibazohi, O., Zurbrügg, C., & Lalander, C. (2019). Pre-treatment of banana peel to improve composting by black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: *Stratiomyidae*) larvae. *Waste Management*, 100, 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.017>
- Kahar, A., Busyairi, M., Sariyadi, S., Hermanto, A., & Ristanti, A. (2020). Bioconversion of Municipal Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae Into Compost and Liquid Organic Fertilizer. *Konversi*, 9(2). <https://doi.org/10.20527/k.v9i2.9176>

- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Woerden, F. Van. (2018). What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2026). Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. <https://sampahnasional.kemenvh.go.id>
- Kinasih, I., Suryani, Y., Paujiah, E., Ulfa, R. A., Afiyati, S., Adawiyah, Y. R., & Putra, R. E. (2020). Performance of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, Larvae during valorization of organic wastes with changing quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 593(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/593/1/012040>
- 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*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
- Londa, T. K. (2024). *Pengelolaan Sampah Kota*. CV. Tahta Media Group.
- Lopez, Z. P., Purnamasari, L., & JF dela Cruz. (2022). A Review: Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal as a Dietary Protein Source in Poultry Diets. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 10(3), 191–202. <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2022.010.03.05>
- Mabrurroh, M., Praswati, A. N., Sina, H. K., & Pangaribowo, D. M. (2022). PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK MELALUI BUDIDAYA MAGGOT BSF ORGANIC WASTE PROCESSING THROUGH BSF MAGGOT CULTIVATION. *Jurnal EMPATI (Edukasi Masyarakat, Pengabdian Dan Bakti)*, 3(1), 34–37. <https://doi.org/10.26753/empati.v3i1.742>
- Madari, P., Mallapur, C. P., Kambrekar, D. N., & Goudar, G. (2023). Bioconversion of organic wastes using black soldier fly. *Journal of Farm Sciences*, 36(04), 373–376. <https://doi.org/10.61475/jfs.2023.v36i4.10>
- Mahmood, S., Zurbrügg, C., Tabinda, A. B., Ali, A., & Ashraf, A. (2021). Sustainable waste management at household level with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Sustainability (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/su13179722>
- Mokodenseho, P. A., Jusuf, H., & Maksum, T. S. (2025). Effectiveness of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia Illucens*) as a Decomposer of Organic Waste in Food Court Sabilurrasyad Gorontalo State University. *International Journal of Health, Economics, and Social Sciences (IJHESS)*, 7(4), 1795–1801. <https://doi.org/10.56338/ijhess.v7i4.8872>
- Monita, L., Sutjahjo, S. H., Amin, A. A., & Fahmi, M. R. (2017). Pengolahan Sampah Organik Perkotaan Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(3), 227–234. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.3.227-234>
- Mulyatna, L., Rochaeni, A., Saputra, R., Yogi, B., & Fiqri, I. (2022). Effect of Variations in the Pretreatment of Organic Waste on The Growth of Black Soldier Flies (BSF) Larval. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 6(2), 99–110. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v6i2.6161>
- Nguezet, D. P. M., Nyamahirwa, D. M. A., Shiferaw, F., Manyong, V., Sissoko, D., Moussa, B., Kouakou, A. G., Zakari, S., & Abdoulaye, T. (2024). Cross-country evidence of consumers' perception of food from animals fed on insects in DR Congo, Mali, and Niger. *Journal of Agriculture and Food Research*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101243>
- Odongo, E. E., Bbosa, W. K., & Kahunde, P. K. (2024). Black Soldier Fly (BSF): A Sustainable Solution for Protein, Waste Management, and a Circular Bio-Economy. *European*

- Journal of Theoretical and Applied Sciences, 2(3), 822–834.
[https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2\(3\).64](https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2(3).64)
- Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 97 Tahun 2017, BPK RI (2017).
- Rahmawati, R., & Rahayu, R. (2022). Organic Waste Bioconversion Technology Using Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens* Linnaeus, 1758). *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 35(1), 280–284.
- Rusmawan, U. (2019). *Teknik Penulisan Tugas Akhir dan Skripsi Pemrograman*. PT Elex Media Komputindo.
- Salam, M., Zheng, L., Shi, D., Huaili, Z., Vambol, V., Chia, S. Y., Hossain, M. N., Mansour, A., Eliw, M., Dong, M., shazadi, A., & Ullah, E. (2023). Exploring Insect-based technology for waste management and livestock feeding in selected South and East Asian countries. *Environmental Technology and Innovation*, 32.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103260>
- Sangaji, I. F., Aulia, R. N., Sundari, P., Rumasukun, J. N., Bleskadit, N., Debora, P., Saflesa, V., Claudia, M., Paula, O., Jaharudin, J., Hidayat, F. A., Ramadany, L. D., Penulis, K., & Jaharudin, : (2025). *Introduksi Komposter Maggot Ember Tumpuk untuk Mengatasi Permasalahan Sampah Organik di Kelurahan Malasom Distrik Aimas Kabupaten Sorong*. Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat Dharma Samakta Edukhatulistiwa, 3, 2025.
- Santoso, A. D., Handayani, T., Nugroho, R. A., Yanuar, A. I., Nadirah, N., Widjaja, E., Rohaeni, E. S., Ok-Taufik, M. A. M., Ayuningtyas, U., Erlambang, Y. P., Herdioso1, R., Rofiq, M. N., Hutapea, R., Sihombing, A. L., Rustian-To, B., Susila, I. M. A. D., Irawan, D., Iskandar, D., Indrijarso, S., & Widiarta, G. D. (2023). Global Journal of Environmental Science and Management Sustainability index analysis of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) cultivation from food waste substrate. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 9(4), 36. <https://doi.org/10.22035/gjesm.2023.04>
- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Widya Yuwono, N., Nisa', K., Mategeko, B., Smetana, S., Saki, M., Nawaz, A., & Nagdalian, A. (2022). Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. In *Waste Management (Vol. 140)*, pp. 1–13). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.044>
- Sumardiono, S., & Amalia, R. (2024). Black Soldier Fly Larvae (BSFL) Bioconversion for Circular Economy: A Study in Polaman Village. *ASEAN Journal of Community Engagement*, 8(2). <https://doi.org/10.7454/ajce.v8i2.1335>
- Suparmoko, M. (2020). Muhammad Suparmoko 2020 KONSEP PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN. *Jurnal Ekonomika Dan Manajemen*, 9(1), 39–50.
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L. H. L., & Khanal, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). In *Waste Management (Vol. 117)*, pp. 58–80). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>
- Troschinetz, A. M., & Mihelcic, J. R. (2009). Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste Management*, 29(2), 915–923.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.04.016>
- Undang-Undang (UU) No. 18 Tahun 2008, BPK RI (2008).
- Ursada, R., Zuhdi, A., Bagastyo, A. Y., & Febrianto, A. (2025). Black Soldier Fly Larval Bioconversion of Fruit and Vegetable Waste: Carbon-Nitrogen Conversion and Estimation of Greenhouse Gas Emissions. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(5), 1412–1422.
<https://doi.org/10.14710/jil.23.5.1412-1422>
- Van Huis A, & Gasco L. (2023). Insects as Feed for Livestock Production. *Science*, 379(6628), 137–138. <https://doi.org/10.1126/science.adf6570>

- Veldkamp, T., van Rozen, K., Elissen, H., van Wikselaar, P., & van der Weide, R. (2021). Bioconversion of digestate, pig manure and vegetal residue-based waste operated by black soldier fly larvae, *hermetia illucens* L. (diptera: Stratiomyidae). *Animals*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/ani11113082>
- Wardhani, H. A. K., Ratnasari, D., & Kurnianto, A. A. (2025). Bioconversion of Organic Waste into Maggot (*Hermetia illucens*) as a Protein Source in Fish and Poultry Feeds. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 922–929. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8726>
- Widayanti, R., & Siswoyo, E. (2025). Rini Widayanti 2025 KARAKTERISTIK SAMPAH DAN PRODUK KOMPOS DARI KAWASAN PERUMAHAN. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 17, 141–152.
- Wilson, D. C., Rodic, L., Scheinberg, A., Velis, C., & Alabaster, G. (2012). Comparative Analysis of Solid Waste Management in 20 Cities. In *Waste Management & Research* (Vol. 30, Number 3).
- Yazirin, C., Basjir, M., Syaaban, A. S., Nur Azizah, Y., Alwan Al Ariqy, M., Mahar Dika, A., Cahyani, F., Arimurti, A., Maulida, A., Arsono Sholehudin, M., Fariz, A., Lailatul Farida, M., Fadhil, S., & Artikel, R. (2023). Inovasi pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dengan memanfaatkan limbah pertanian Info Artikel ABSTRAK. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat* (JP2M, 4(3), 656–663. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v4i3.20640>