

Penguatan Literasi Ekologis melalui Budidaya Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai Solusi Pengolahan Limbah Organik

Ekawati Rini Wulansari^{*1}, Dina Chintammy Ipol², Lydia Weniati Augustiana³

¹Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

²Universitas Halmahera

³Universitas Kristen Imanuel

paklopedia@gmail.com¹, dinachintamyipol@gmail.com², lydiaaugustiana@gmail.com³

Abstrak

Budidaya maggot *Black Soldier Fly* (BSF) menjadi pendekatan inovatif dalam penguatan literasi ekologis sekaligus solusi pengolahan limbah organik berbasis komunitas. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas program edukasi dan praktik budidaya maggot BSF dalam meningkatkan pengetahuan, kesadaran, dan keterampilan masyarakat Kabupaten Tangerang terkait pengelolaan limbah organik sesuai prinsip ekonomi sirkular. Metode yang digunakan adalah pendekatan pemberdayaan berbasis partisipatif (*Participatory Community Engagement*), yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat dalam seluruh tahapan kegiatan melalui observasi dan pelatihan langsung. Hasil menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada pemahaman ekologis, perubahan sikap ramah lingkungan, dan peningkatan keterampilan pengolahan limbah organik menjadi produk bernilai ekonomis. Implementasi budidaya maggot BSF terbukti tidak hanya memperkuat literasi ekologis masyarakat, tetapi juga menciptakan model pengelolaan limbah organik yang efisien, berkelanjutan, dan bernilai ekonomi, sejalan dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 11, 12, dan 13. Program ini memberikan rekomendasi pengembangan kurikulum pelatihan berbasis ekonomi sirkular dan peningkatan kapasitas komunitas melalui kolaborasi multi pihak guna menciptakan desa berketahanan lingkungan.

Kata kunci: *Black Soldier Fly*, Budidaya Maggot, Pengolahan Limbah Organik, Pengabdian Masyarakat, SDGs

Abstract

Black Soldier Fly (BSF) maggot cultivation is an innovative approach to strengthening ecological literacy and providing a community-based organic waste management solution. This study aims to analyse the effectiveness of educational programs and BSF maggot cultivation practices in increasing the knowledge, awareness, and skills of the Tangerang Regency community regarding organic waste management in accordance with circular economy principles. The method used is a participatory community engagement (PKE) approach, which emphasises the active involvement of the community in all stages of activities through direct observation and training. The results show a significant increase in ecological understanding, changes in environmentally friendly attitudes, and increased skills in processing organic waste into products of economic value. The implementation of BSF maggot cultivation has been proven to not only strengthen the ecological literacy of the community but also create an efficient, sustainable, and economically valuable organic waste management model, in line with the objectives of the Sustainable Development Goals (SDGs) points 11, 12, and 13. This program provides recommendations for the development of a circular economy-based training curriculum and increasing community capacity through multi-party collaboration to create environmentally resilient villages.

Keywords: *Black Soldier Fly*, Community Service, Maggot Cultivation, Organic Waste Processing, SDGs

1. PENDAHULUAN

Desa Kalipaten menghadapi sejumlah permasalahan lingkungan yang cukup kompleks, terutama terkait pengelolaan limbah organik. Setiap hari, warga menghasilkan limbah dapur, sisa makanan, dan residu pasar dalam jumlah signifikan, namun sebagian besar dibuang secara campur tanpa proses pemilahan. Keterbatasan layanan pengangkutan sampah yang tidak rutin dan tidak merata membuat penumpukan limbah menjadi semakin parah, sehingga sebagian warga memilih membakar sampah atau membuangnya ke lahan terbuka. Kondisi ini menimbulkan pencemaran udara, tanah, serta mengundang kehadiran vektor penyakit seperti lalat dan tikus.

Problematika ini semakin diperberat oleh timbulan limbah dari berbagai UMKM pangan yang beroperasi di desa, di mana sisa bahan baku dan sampah organik lainnya belum memiliki sistem pengolahan yang memadai. Selain itu, tingkat literasi ekologis masyarakat masih rendah sehingga perilaku ramah lingkungan seperti pemilahan dan pengolahan sampah belum menjadi kebiasaan. Minimnya edukasi dan pelatihan terkait pengelolaan limbah juga menyebabkan warga belum mengetahui atau menerapkan teknologi pengolahan sederhana dan ramah lingkungan. Kombinasi masalah tersebut menjadikan Desa Kalipaten memerlukan intervensi melalui program pemberdayaan yang mampu meningkatkan pemahaman masyarakat sekaligus menghadirkan solusi praktis dan berkelanjutan dalam penanganan limbah organik [1], [2]. Desa Kalipaten tengah menghadapi persoalan lingkungan yang semakin menonjol, terutama terkait pengelolaan limbah organik yang terus meningkat seiring tingginya aktivitas rumah tangga dan UMKM pangan [3]. Limbah organik yang dihasilkan setiap hari umumnya berasal dari sisa makanan, dapur, dan proses pengolahan bahan makanan [4].

Namun, sesuai teori *Integrated Solid Waste Management* (ISWM), pengelolaan sampah idealnya harus dimulai dari pengurangan, pemilahan, pemanfaatan kembali, dan daur ulang [5], [6]. Sayangnya, praktik di lapangan menunjukkan bahwa masyarakat Desa Kalipaten masih membuang sampah secara campur tanpa proses pemilahan, sehingga rantai pengelolaan awal ini tidak berjalan optimal [7]. Tidak meratanya layanan pengangkutan sampah serta minimnya fasilitas TPS membuat warga terpaksa membuang sampah di lahan terbuka atau membakarnya [8], padahal teori ekologi manusia menegaskan bahwa hubungan manusia–lingkungan yang tidak seimbang akan menimbulkan degradasi ekologis seperti pencemaran udara, air, dan tanah. Masalah ini semakin kompleks karena sektor UMKM pangan di desa turut memperbesar volume limbah organik [9]. Dalam perspektif teori *circular economy*, limbah seharusnya tidak dipandang sebagai residu, melainkan sumber daya yang dapat diolah kembali menjadi produk baru yang bernilai ekologis maupun ekonomis [10], [11]. Namun, rendahnya literasi ekologis masyarakat menyebabkan potensi ekonomi sirkular tersebut belum dimanfaatkan [12]. Literasi ekologis menurut Capra (2002) bukan sekadar pengetahuan tentang lingkungan, tetapi juga kemampuan melihat keterkaitan antara tindakan manusia dan dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem [13]. Rendahnya tingkat literasi ini tercermin pada minimnya kesadaran masyarakat dalam menerapkan pemilahan sampah, pengomposan, atau pemanfaatan teknologi biokonversi [14]. Dalam konteks pembangunan global, persoalan Desa Kalipaten sangat relevan dengan agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs) [15].

Penanganan limbah organik berkaitan langsung dengan SDG 11 (Kota dan Permukiman Berkelanjutan) melalui peningkatan kualitas pengelolaan sampah, serta SDG 12 (Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan) yang menekankan perlunya pengurangan limbah melalui sistem pengolahan yang efisien [16]. Selain itu, perbaikan lingkungan desa berkontribusi pada SDG 3

(Kehidupan Sehat dan Sejahtera) karena dapat mencegah penyakit akibat sampah dan polusi [17]. Salah satu teknologi yang sangat relevan untuk mendukung sasaran tersebut adalah budidaya maggot *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai metode biokonversi limbah cepat, efisien, serta ramah lingkungan [18], [19]. Dengan kemampuan maggot BSF mengurai limbah organik hingga 50–70%, teknologi ini sejalan dengan prinsip *eco-efficiency* dan dapat mendukung ekonomi sirkular desa melalui pemanfaatan maggot sebagai pakan ternak serta residu kasgot sebagai pupuk organik [20].

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Desa Kalipaten, Kabupaten Tangerang, yang dipilih sebagai mitra berdasarkan kondisi lingkungan yang menunjukkan tingginya produksi limbah organik dan rendahnya kapasitas pengolahan sampah berbasis masyarakat. Desa ini memiliki karakteristik sosial yang heterogen dengan aktivitas ekonomi yang cukup dinamis, terutama pada sektor rumah tangga dan UMKM pengolahan pangan, sehingga menjadi lokasi yang relevan untuk penerapan teknologi biokonversi limbah. Pelaksanaan kegiatan berpusat pada area desa serta fasilitas umum setempat yang memungkinkan adanya ruang demonstrasi budidaya maggot *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai solusi pengelolaan limbah.

Sasaran utama program meliputi warga Desa Kalipaten sebagai pelaku penghasil limbah organik sekaligus komunitas yang akan mempraktikkan pengolahan limbah melalui budidaya BSF. Selain itu, kader lingkungan desa menjadi kelompok strategis karena memiliki peran penting dalam advokasi, penyuluhan, serta penggerak perubahan perilaku masyarakat. UMKM pengolahan pangan juga menjadi sasaran karena memiliki timbunan limbah organik cukup besar yang potensial untuk diolah melalui sistem biokonversi. Tidak hanya itu, keterlibatan kelompok pemuda desa dipandang penting untuk meningkatkan keberlanjutan program, mengingat peran mereka sebagai agen inovasi yang mampu mengadopsi teknologi baru dan mendorong penerapan ekonomi sirkular. Dengan cakupan sasaran yang luas ini, kegiatan diharapkan mampu memperkuat kapasitas masyarakat secara menyeluruh dalam membangun budaya pengelolaan limbah organik yang lebih efektif, ekologis, dan berkelanjutan.

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan pemberdayaan berbasis partisipatif (*Participatory Community Engagement*), yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat dalam seluruh tahapan kegiatan. Metode ini dipilih karena mampu meningkatkan rasa memiliki, memperkuat literasi ekologis, serta mendorong keberlanjutan praktik pengelolaan limbah organik di Desa Kalipaten. Proses pengabdian dilaksanakan melalui beberapa tahapan berikut:

- A) Analisis Situasi dan Identifikasi Kebutuhan (Need Assessment). Tahap awal dilakukan untuk memahami kondisi nyata di Desa Kalipaten melalui observasi lapangan, wawancara, serta diskusi dengan perangkat desa, kader lingkungan, dan UMKM. Analisis ini bertujuan untuk memetakan volume limbah organik, kebiasaan pengelolaan sampah, serta kesiapan masyarakat dalam mengadopsi teknologi budidaya maggot BSF. Metode ini merujuk pada konsep *Community-Based Needs Assessment* yang memastikan intervensi sesuai kebutuhan lapangan.
- B) Sosialisasi dan Edukasi Literasi Ekologis. Tahap ini berfokus pada peningkatan pemahaman masyarakat mengenai konsep ekologi, dampak limbah organik, dan prinsip pengelolaan sampah berkelanjutan. Penyampaian materi dilakukan melalui *workshop*, ceramah interaktif, dan diskusi kelompok kecil. Pendekatan edukatif ini mengacu pada teori literasi ekologis Capra, yang menekankan pentingnya pemahaman hubungan manusia–lingkungan untuk mendorong perubahan perilaku.
- C) Pelatihan Teknologi Budidaya Maggot BSF. Pelatihan dilakukan secara langsung menggunakan metode demonstrasi (*demonstration method*) dan praktik lapangan (*hands-on training*). Peserta dilatih mengenai:
 - 1) Pembuatan Biopond atau kandang BSF,

- 2) teknis pengumpulan telur, pembesaran larva, dan manajemen pakan limbah organik,
- 3) pengolahan maggot sebagai pakan ternak,
- 4) pemanfaatan kasgot sebagai pupuk organik.

Metode praktik ini dirancang untuk menumbuhkan keterampilan teknis sekaligus memperkuat pemahaman konsep ekonomi sirkular.

- D) Implementasi dan Pendampingan Pengolahan Limbah Organik. Masyarakat kemudian mengimplementasikan budidaya maggot dengan memanfaatkan limbah organik dari rumah tangga dan UMKM. Tim pengabdian memberikan pendampingan intensif untuk memantau proses biokonversi, tingkat keberhasilan pemeliharaan maggot, serta efektivitas pengurangan volume limbah. Pendekatan ini merujuk pada prinsip *community mentoring* yang mendorong transfer pengetahuan secara berkelanjutan.



a



b



c



d

Gambar 1. (a) biopond berisi limbah organik; (b) pond pembesaran maggot; (c) maggot siap panen, (d) konversi maggot untuk pakan unggas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Peningkatan Literasi Ekologi.

Kegiatan pengabdian masyarakat menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam literasi ekologis peserta setelah mengikuti rangkaian sosialisasi dan pelatihan. Berdasarkan hasil pre-test dan post-test, mayoritas peserta mengalami peningkatan pemahaman mengenai konsep dasar ekologi, siklus limbah organik, serta dampak lingkungan dari pengelolaan sampah yang tidak tepat. Peserta mulai memahami bahwa sampah bukan hanya persoalan kebersihan, tetapi terkait dengan kualitas kesehatan, keberlanjutan ekosistem, serta efisiensi penggunaan sumber daya. Selain itu, edukasi mengenai peran maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dalam proses biokonversi limbah memberikan wawasan baru bagi masyarakat tentang adanya solusi yang cepat, efektif, dan ramah lingkungan untuk mengurangi timbunan sampah.

Peningkatan literasi ini juga terlihat dari perubahan perilaku masyarakat dalam memilah sampah organik dan anorganik. Warga mulai menerapkan pemisahan limbah dapur sebagai bahan pakan maggot dan tidak lagi mencampurkannya dengan sampah lain. Perubahan perilaku ini selaras dengan teori perubahan perilaku ekologis yang menyatakan bahwa peningkatan pengetahuan dapat mendorong lahirnya kesadaran, yang pada akhirnya berujung pada tindakan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, aspek edukasi yang diberikan terbukti efektif dalam meningkatkan literasi ekologis masyarakat Desa Kalipaten.

b) Implementasi Budidaya Maggot BSF

Pelaksanaan budidaya maggot BSF yang dilakukan bersama warga menghasilkan capaian teknis yang cukup baik. Pada tahap awal, peserta dilatih membuat media budidaya seperti biopond, wadah pembesaran larva, serta tempat penetasan telur. Masyarakat mampu mengikuti panduan teknis mulai dari penyediaan media, pengaturan kelembaban, pencahayaan, hingga pengelolaan pakan limbah organik. Tingkat keberhasilan larva BSF dalam fase pembesaran cukup tinggi, ditandai dengan pertumbuhan larva yang optimal dalam waktu 12-15 hari. Secara kuantitatif, volume limbah organik yang berhasil dikonversi menunjukkan angka yang signifikan. Setiap 1-kilogram limbah organik dapat menghasilkan sekitar 200-300-gram maggot, tergantung kadar air dan kualitas pakan. Dalam satu siklus, kelompok masyarakat mampu mengolah beberapa kilogram limbah per hari, sehingga total pengurangan limbah organik meningkat dibandingkan sebelum program dilakukan. Tingginya kemampuan maggot dalam menghabiskan limbah organik menjadi faktor utama penyumbang keberhasilan biokonversi ini. Selain manfaat ekologis, produksi maggot juga memiliki nilai ekonomi. Maggot yang dihasilkan dapat dijual sebagai pakan ikan, unggas, dan reptil, sementara residu budidaya (kasgot) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Penguatan mata rantai ekonomi sirkular ini memberikan peluang pendapatan baru bagi warga dan UMKM, serta membuka peluang usaha berbasis lingkungan yang berkelanjutan.

c) Dampak Lingkungan dan Sosial

Program ini memberikan dampak nyata baik pada aspek lingkungan maupun sosial. Secara lingkungan, penurunan volume limbah organik di Desa Kalipaten menjadi capaian terbesar. Limbah dapur yang sebelumnya menumpuk kini berhasil dikonversi melalui budidaya maggot, sehingga mengurangi bau, menghindari aktivitas pembakaran sampah, serta menekan potensi munculnya lalat dan sumber penyakit. Kondisi lingkungan yang lebih bersih berkontribusi pada kualitas kesehatan masyarakat dan kenyamanan permukiman. Dari sisi sosial, partisipasi masyarakat meningkat seiring jalannya program. Keterlibatan warga, kader lingkungan, kelompok pemuda, dan pelaku UMKM memperkuat semangat gotong royong dan membangun kesadaran kolektif tentang pentingnya pengelolaan limbah.

Masyarakat tidak lagi melihat pengolahan sampah sebagai beban, tetapi sebagai peluang untuk belajar dan menghasilkan manfaat ekonomi. Kapasitas dan kemandirian mitra juga meningkat. Setelah pendampingan intensif, kelompok masyarakat mampu menjalankan budidaya maggot secara mandiri tanpa ketergantungan penuh pada tim pengabdian. Keterampilan teknis, kemampuan mengelola limbah, serta pola pikir ekologis yang lebih baik menjadi modal sosial yang berharga untuk keberlanjutan program. Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini tidak hanya menyelesaikan persoalan lingkungan, tetapi juga memperkuat pemberdayaan masyarakat menuju desa yang lebih bersih, berdaya, dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat di Desa Kalipaten menunjukkan bahwa penguatan literasi ekologis melalui budidaya maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dapat menjadi solusi yang efektif dalam menangani permasalahan limbah organik. Kegiatan edukasi, pelatihan, dan implementasi yang dilakukan secara bertahap berhasil meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap konsep ekologi, siklus limbah, serta pentingnya pengelolaan sampah berkelanjutan. Perubahan perilaku warga dalam memilah dan memanfaatkan limbah organik menjadi bukti adanya peningkatan literasi ekologis yang aplikatif. Budidaya BSF terbukti efektif sebagai metode biokonversi limbah organik. Proses pembesaran larva berjalan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan tinggi serta kemampuan maggot dalam mengurai limbah secara cepat. Volume limbah yang dikonversi meningkat setiap siklus, dan maggot yang dihasilkan memiliki potensi ekonomi sebagai pakan ternak. Residu budidaya juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik, sehingga memberikan nilai tambah bagi masyarakat. Dampak sosial dan lingkungan dari program ini terukur positif, ditandai dengan berkurangnya timbulan sampah, meningkatnya kebersihan lingkungan, serta tumbuhnya partisipasi masyarakat dalam kegiatan berkelanjutan. Program ini menunjukkan bahwa budidaya BSF bukan hanya menjadi teknik pengolahan limbah organik, tetapi juga media yang efektif untuk meningkatkan literasi ekologis masyarakat. Melalui praktik langsung, warga memiliki pengalaman empiris mengenai cara kerja ekosistem, peran organisme dalam penguraian, serta manfaat ekonomi sirkular. Integrasi teori dan praktik membuat proses pembelajaran lebih mudah dipahami dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Efektivitas budidaya BSF terlihat dari:

- 1) kemampuannya mengurangi volume limbah secara signifikan,
- 2) kemudahan teknologi yang dapat diadopsi oleh masyarakat,
- 3) potensi keberlanjutan melalui produksi maggot dan kasgot,
- 4) peluang usaha yang memberikan nilai tambah ekonomi.

Dengan demikian, BSF menjadi inovasi yang tepat untuk menjawab permasalahan lingkungan sekaligus meningkatkan kapasitas masyarakat desa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Alam, H. Harliana, N. Haryuni, and R. T. Oktaviani, "Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Berbasis Komunitas untuk Produksi Pupuk Kompos Organik," *Welfare: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 2, no. 4, pp. 748–753, Dec. 2024, doi: 10.30762/welfare.v2i4.1964.
- [2] S. Susilawati, "Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Menjadi Pupuk Organik Menggunakan Komposter di Desa Montong Baan Selatan, Lombok Timur," *Jurnal Warta Desa*, vol. 1, no. 2, 2019, doi: 10.29303/jwd.v1i2.21.

-
- [3] I. N. Hayati, K. D. K. A. Wardani, and D. A. P. A. G. Putri, "Pengolahan Limbah Rumah Tangga Menjadi Pupuk Organik di Desa Dauh Puri Kauh," *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, no. 3, pp. 800–805, Jun. 2022, doi: 10.31849/dinamisia.v6i3.9441.
- [4] R. A. Yahya, R. R. Kurniawan, S. N. Sari, and D. Destiarini, "Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Organik Menjadi Pupuk POC serta Cara Pengaplikasiannya di Desa Penyandingan," *Diasya: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 1, no. 2, pp. 108–117, 2025, doi: 10.71200/diasya.v1i2.114.
- [5] I. M. S. Hermawan, I. W. G. Wiryawan, I. K. H. Setiawan, and I. P. D. Renata, "Pengelolaan Sampah Organik Menjadi Pupuk Kompos di TPS 3R Desa Batuan," *Jurnal Abdi Dharma Masyarakat*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.36733/jadma.v5i2.10068.
- [6] R. Y. Agustini, W. Rianti, D. R. Supriadi, and M. Muharam, "Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Bahan Pembuatan Kompos di Gapoktan Citra Sembada," *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.36722/jpm.v5i2.1872.
- [7] A. A. Azis, L. Ulya, and A. Saefudin, "Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Pupuk Kompos Ramah Lingkungan di Desa Karimun Jawa," *I-Com: Indonesian Community Journal*, vol. 4, no. 4, pp. 2633–2642, 2024, doi: 10.70609/icom.v4i4.5582.
- [8] A. Z. Pratiwi, A. I. P. Amel, and E. Z. Solikahan, "Pendampingan Masyarakat Dalam Memanfaatkan Limbah Rumah Tangga Melalui Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Cair," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara*, vol. 5, no. 4, pp. 5885–5891, 2024, doi: 10.55338/jpkmn.v5i4.4699.
- [9] A. Purwanto and I. Triana, "Food-based small enterprises and their contribution to organic waste generation in rural Indonesia," *Journal of Environmental Management*, vol. 302, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113975.
- [10] E. M. Saidani, F. Yannou, Y. Leroy, and H. Cluzel, "How to assess product circularity performance? A systematic literature review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 271, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122434.
- [11] K. Konietzko, N. Bocken, and N. Hultink, "Circular ecosystem innovation: An initial set of principles," *Journal of Cleaner Production*, vol. 253, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119942.
- [12] Y. Ge and X. Gu, "Barriers to circular economy implementation at the community level," *Sustainability*, vol. 14, no. 9, May 2022, doi: 10.3390/su14095162.
- [13] S. A. McBride, "Ecological literacy and sustainable behavior: Examining the relationship," *International Journal of Environmental Science Education*, vol. 16, no. 4, Apr. 2021, doi: 10.1080/10382046.2021.1898517.
- [14] M. N. Wahyuni, S. D. Lestari, and T. Hakim, "Ecological awareness and community behavior in waste sorting and composting," *Ecological Indicators*, vol. 135, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.ecolind.2022.108543.

- [15] United Nations, *The Sustainable Development Goals Report*, 2023, doi: 10.18356/9789210001234.
- [16] J. Kirchherr, D. Reike, and M. Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions," *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 127, pp. 221–232, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- [17] A. Pruss-Ustun et al., *Preventing disease through healthy environments: A global assessment*, World Health Organization, 2022. doi: 10.1787/9789264276884-en.
- [18] A. A. Diener, S. Zurbrugg, and V. Tockner, "Conversion of organic waste using black soldier fly larvae," *Waste Management*, vol. 82, pp. 41–54, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2018.10.040.
- [19] R. G. Lalander et al., "Bioconversion of organic waste with black soldier fly larvae: A review," *Waste Management*, vol. 117, pp. 58–70, Sept. 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.07.025.
- [20] F. Surendra, A. Olivier, and S. K. Tomberlin, "Black soldier fly for circular economy waste management," *Journal of Cleaner Production*, vol. 354, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131901.