

Pemberdayaan Pengelola dan Santri melalui Penerapan Mesin Pencacah Sampah Organik untuk Mendukung Budidaya *Black Soldier Fly* (BSF) di Pesantren Hubbul Khoir, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah

**Sutrisno Ibrahim^{*1}, Faisal Rahutomo², Subuh Pramono³, Joko Hariyono⁴,
Muhammad Hamka Ibrahim⁵, Aisyah Alfi Fadhilah⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*e-mail: sutrisno@staff.uns.ac.id

Abstrak

Pengelolaan sampah organik di Pondok Pesantren Hubbul Khoir Sukoharjo masih menghadapi kendala berupa keterbatasan teknologi pengolahan dan proses pencacahan yang dilakukan secara manual, sehingga pemanfaatan sampah organik untuk budidaya Black Soldier Fly (BSF) belum optimal. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengembangkan mesin pencacah sampah organik sebagai teknologi tepat guna untuk mendukung optimalisasi budidaya BSF dalam penguatan ekonomi hijau di lingkungan pesantren. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan Participatory Action Research (PAR) yang meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan dan pembuatan mesin, pengujian dan implementasi mesin, pelatihan pengoperasian serta budidaya BSF, dan pendampingan. Mesin pencacah yang dikembangkan memiliki target kapasitas sekitar 50 kg/jam dan digunakan untuk menghasilkan bahan organik dengan ukuran yang lebih sesuai sebagai media pakan larva BSF. Kegiatan juga menghasilkan tempat budidaya BSF, pelaksanaan pelatihan bagi pengelola dan santri yang terlibat, serta penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pengelolaan sampah dan budidaya BSF. Implementasi mesin memberikan kemudahan dalam proses pencacahan dan penyediaan media pakan dibandingkan metode manual. Program ini menghasilkan sistem awal pengelolaan sampah organik berbasis BSF yang mengintegrasikan teknologi pencacahan, budidaya maggot, dan pemberdayaan mitra. Pemanfaatan maggot sebagai pakan alternatif dan kasgot sebagai pupuk organik menjadi potensi pengembangan nilai tambah sampah organik, sedangkan pengukuran kuantitatif terhadap pengurangan sampah, peningkatan produksi maggot, dan manfaat ekonomi dapat dilakukan pada tahap evaluasi lanjutan.

Kata kunci: *Black Soldier Fly; ekonomi hijau; mesin pencacah sampah organik; pengelolaan sampah; pesantren*

Abstract

Organic waste management at Hubbul Khoir Islamic Boarding School, Sukoharjo, still faces challenges due to limited waste-processing technology and manual chopping processes, resulting in suboptimal utilization of organic waste for Black Soldier Fly (BSF) cultivation. This community service program aimed to develop an organic waste chopping machine as an appropriate technology to support BSF cultivation and promote a green economy within the boarding school environment. The program employed a Participatory Action Research (PAR) approach consisting of needs identification, machine design and fabrication, machine testing and implementation, training on machine operation and BSF cultivation, and mentoring. The developed chopping machine has a target capacity of approximately 50 kg/h and is intended to produce organic waste particles with a size suitable for use as BSF larval feed. The program also resulted in the establishment of a BSF cultivation facility, training activities for participating managers and students, and the preparation of Standard Operating Procedures (SOPs) for organic waste management and BSF cultivation. The implementation of the machine facilitated the chopping process and preparation of BSF feed compared with manual processing. Overall, the program established an initial organic waste management system based on BSF by integrating chopping technology, maggot cultivation, and community empowerment. The utilization of maggots as an alternative feed source and frass as organic fertilizer provides potential for increasing the added value of organic waste, while quantitative measurements of waste reduction, maggot production, and economic benefits require further evaluation.

Keywords: *Black Soldier Fly; green economy; Islamic boarding school; organic waste management; waste shredding machine*

1. PENDAHULUAN

Pondok Pesantren Hubbul Khoir Sukoharjo merupakan lembaga pendidikan Islam berbasis asrama yang menghasilkan sampah organik dari berbagai aktivitas sehari-hari, terutama kegiatan dapur, kantin, dan asrama. Sampah tersebut sebagian besar berasal dari sisa makanan, sayuran, dan bahan organik lainnya. Seiring meningkatnya aktivitas penghuni pesantren, jumlah sampah organik juga berpotensi meningkat. Kondisi tersebut memerlukan pengelolaan yang tepat agar sampah tidak hanya menjadi limbah, tetapi dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya yang memiliki nilai guna bagi lingkungan pesantren.

Permasalahan pengelolaan sampah organik merupakan bagian dari persoalan yang lebih luas. Secara global, peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, dan perubahan pola konsumsi menyebabkan timbunan sampah terus meningkat. *World Bank* melaporkan bahwa timbunan sampah padat dunia telah mencapai lebih dari 2,24 miliar ton per tahun dan diproyeksikan meningkat menjadi 3,4 miliar ton pada tahun 2050 apabila tidak diimbangi pengelolaan yang memadai (World Bank, 2022). Di Indonesia, sampah organik juga menjadi salah satu komponen utama timbunan sampah nasional (KLHK, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengelolaan yang tidak hanya berorientasi pada pembuangan, tetapi juga pengurangan dan pemanfaatan kembali melalui prinsip *Reduce, Reuse, Recycle* (3R) dan ekonomi sirkular (Khan et al., 2022).

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) (*Hermetia illucens*). Larva BSF mampu memanfaatkan berbagai bahan organik sebagai substrat dan mengubahnya menjadi biomassa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pakan alternatif (Amrul et al., 2022; Siddiqui et al., 2022; Siddiqui et al., 2024). Budidaya BSF juga menghasilkan residu berupa frass atau kasgot yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Lopes et al., 2022; Manan et al., 2024). Dengan demikian, BSF dapat menjadi alternatif pengelolaan sampah organik yang menghubungkan pengurangan limbah dengan pemanfaatan kembali hasil pengolahan.

Keberhasilan budidaya BSF tidak hanya ditentukan oleh kemampuan larva mengonsumsi sampah, tetapi juga oleh karakteristik media pakan. Jenis dan komposisi substrat dapat memengaruhi pertumbuhan larva dan efisiensi konversi (El Deen et al., 2023). Selain itu, ukuran partikel substrat juga berhubungan dengan efisiensi biokonversi dan pertumbuhan larva BSF (Wang et al., 2024). Oleh karena itu, sampah organik perlu dipersiapkan agar memiliki karakteristik yang sesuai sebelum diberikan kepada larva.

Persiapan tersebut dapat dilakukan melalui pencacahan atau *pretreatment* mekanis. Pencacahan berfungsi mengecilkan ukuran bahan sehingga penyiapan media pakan menjadi lebih mudah dan bahan dapat tercampur lebih merata. Peguero et al. (2024) menunjukkan bahwa *pretreatment* fisik pada beberapa jenis biowaste dapat memengaruhi proses biokonversi oleh larva BSF. Dengan demikian, pencacahan merupakan salah satu tahap penting dalam menyiapkan substrat sebelum masuk ke proses biokonversi.

Kondisi tersebut relevan dengan penerapan budidaya BSF di Pondok Pesantren Hubbul Khoir karena sampah dari dapur, kantin, dan aktivitas makan memiliki karakteristik yang beragam. Pengelolaan perlu diawali dengan pemilahan bahan, kemudian dilanjutkan dengan pencacahan sebelum digunakan sebagai media pakan. Berdasarkan hasil observasi, budidaya BSF telah mulai diperkenalkan, tetapi penyediaan media pakan masih dilakukan secara manual menggunakan peralatan sederhana. Proses tersebut melibatkan sekitar 2–3 orang dengan kapasitas pengolahan sekitar 15–20 kg/jam serta menghasilkan ukuran cacahan yang belum seragam.

Kondisi tersebut menunjukkan kebutuhan terhadap teknologi tepat guna yang dapat membantu proses pencacahan. Mesin pencacah memungkinkan pengecilan ukuran bahan dilakukan secara mekanis sehingga proses menjadi lebih praktis dibandingkan metode manual. Dalam program ini, mesin dirancang dengan target kapasitas sekitar 50 kg/jam. Nilai tersebut merupakan target desain, bukan kapasitas aktual hasil pengukuran. Pengukuran kapasitas aktual berdasarkan massa bahan dan waktu operasi masih diperlukan pada tahap evaluasi berikutnya.

Penerapan mesin perlu disertai keterlibatan pengguna agar teknologi dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Pengelola dan santri perlu memahami pemilahan sampah, pengoperasian serta pemeliharaan mesin, penyediaan media pakan, dan budidaya BSF. Manurung et al. (2023) menunjukkan bahwa pengolahan sampah organik melalui BSF dapat dikembangkan melalui sosialisasi dan pelatihan masyarakat. Program di Pondok Pesantren Hubbul Khoir memiliki perbedaan dengan mengintegrasikan mesin pencacah pada tahap pra-pengolahan sebelum sampah digunakan dalam budidaya BSF.

Integrasi mesin pencacah, budidaya BSF, pelatihan, dan penyusunan standar operasional prosedur (SOP) diharapkan membentuk sistem pengelolaan yang lebih terarah. SOP digunakan sebagai pedoman pengoperasian mesin, pemilahan bahan, penyediaan media pakan, dan budidaya. Pendampingan juga diperlukan agar mitra dapat menyesuaikan penggunaan teknologi dengan kondisi pengelolaan sampah di pesantren. Dengan demikian, mesin pencacah menjadi bagian dari rangkaian pengelolaan sampah organik berbasis BSF.

Maggot dan kasgot yang dihasilkan dari budidaya BSF memiliki potensi memberikan nilai tambah. Maggot dapat diarahkan sebagai pakan alternatif, sedangkan kasgot berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Lopes et al., 2022). Namun, manfaat ekonomi tersebut masih berupa potensi karena belum dilakukan pengukuran pendapatan, penghematan biaya pakan, atau nilai jual produk. Demikian pula, pengaruh mesin terhadap peningkatan produksi maggot dan pengurangan timbunan sampah perlu dibuktikan melalui pengukuran sebelum dan sesudah implementasi.

Berdasarkan kondisi tersebut, pembaruan program pengabdian ini terletak pada integrasi mesin pencacah sampah organik dengan budidaya BSF di lingkungan pesantren, yang dilengkapi pelatihan, penyusunan SOP, dan pendampingan. Integrasi tersebut diarahkan untuk menjawab permasalahan mitra pada tahap penyediaan media pakan sekaligus membangun pola pengelolaan sampah yang dapat dilanjutkan setelah program selesai. Pendekatan ini menjadi tahap awal penerapan teknologi tepat guna berbasis ekonomi sirkular di lingkungan pesantren.

Berdasarkan uraian tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengembangkan dan mengimplementasikan mesin pencacah sampah organik sebagai teknologi tepat guna untuk mendukung budidaya BSF di Pondok Pesantren Hubbul Khoir Sukoharjo. Program difokuskan pada penyediaan mesin dengan target kapasitas sekitar 50 kg/jam, kemudahan proses pencacahan, penyediaan media pakan, pelatihan pengoperasian dan budidaya, penyusunan SOP, serta pendampingan mitra. Melalui kegiatan tersebut diharapkan terbentuk sistem awal pengelolaan sampah organik yang mengintegrasikan teknologi pencacahan, budidaya BSF, dan pemberdayaan pengguna sebagai bagian dari pengembangan ekonomi sirkular.



Gambar 1. Kondisi Pondok Pesantren Hubbul Khoir, Sukoharjo



Gambar 2. Setelah santri makan banyak sisa-sisa makanan yang menjadi sampah organik

2. METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di Pondok Pesantren Hubbul Khoir, Sukoharjo, Jawa Tengah, pada April–Juni 2026. Sasaran kegiatan adalah pengelola pesantren dan santri yang terlibat dalam pengelolaan sampah organik serta budidaya *Black Soldier Fly* (BSF). Pelaksanaan kegiatan menggunakan pendekatan *Participatory Action Research* (PAR), yaitu pendekatan yang melibatkan mitra secara aktif dalam proses identifikasi permasalahan, penerapan teknologi, pelatihan, hingga evaluasi. Pendekatan ini digunakan agar teknologi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pengelolaan sampah di lingkungan pesantren. Keterlibatan mitra dilakukan sejak tahap awal melalui penyampaian kondisi lapangan, pemberian masukan terhadap kebutuhan teknologi, hingga praktik penggunaan mesin dan penerapan budidaya BSF.

Pelaksanaan program dilakukan melalui lima tahapan. Tahap pertama, identifikasi kebutuhan dilakukan melalui observasi, wawancara, dan diskusi dengan mitra untuk mengetahui kondisi pengelolaan sampah organik, proses pencacahan, serta kegiatan budidaya BSF yang telah berjalan. Tahap kedua, dilakukan perancangan dan fabrikasi mesin pencacah sampah organik dengan target kapasitas sekitar 50 kg/jam sebagai teknologi pendukung penyediaan media pakan BSF. Tahap ketiga, mesin diinstalasi dan dilakukan uji fungsi untuk mengetahui kemampuan mesin dalam mencacah sampah organik serta memastikan proses pengoperasian dapat dilakukan dengan aman. Tahap keempat, dilakukan pelatihan dan demonstrasi mengenai pengoperasian serta pemeliharaan mesin, keselamatan kerja, pengelolaan sampah organik, dan teknik dasar budidaya BSF, termasuk penyusunan SOP. Tahap kelima, dilakukan pendampingan, monitoring, dan evaluasi untuk mengetahui keberlanjutan penerapan teknologi oleh mitra. Kelima tahapan tersebut dilaksanakan secara berurutan agar hasil identifikasi kebutuhan menjadi dasar perancangan teknologi, sedangkan pelatihan dan pendampingan memastikan teknologi dapat diterapkan dalam kegiatan pengelolaan sampah sehari-hari.

Pengujian mesin dilakukan menggunakan sampah organik yang tersedia di lingkungan pesantren. Pengamatan difokuskan pada fungsi mesin, proses pencacahan, dan karakteristik hasil cacahan sebagai bahan untuk media pakan BSF. Kapasitas mesin secara teknis dapat ditentukan berdasarkan perbandingan massa sampah yang berhasil dicacah dengan waktu operasi. Namun, karena pengukuran kapasitas aktual belum dilakukan secara kuantitatif dalam kegiatan ini, kapasitas sekitar 50 kg/jam digunakan sebagai target kapasitas desain, bukan sebagai hasil pengujian. Evaluasi lanjutan dapat dilakukan dengan mencatat massa bahan, waktu pencacahan, dan ukuran hasil cacahan pada beberapa kali pengujian sehingga diperoleh data kinerja mesin yang lebih terukur.

Evaluasi kegiatan dilakukan terhadap aspek penerapan teknologi dan kemampuan mitra dalam menggunakan mesin serta melaksanakan budidaya BSF. Evaluasi dilakukan melalui observasi praktik, diskusi, dan umpan balik dari mitra selama kegiatan. Aspek yang diamati

meliputi kemampuan mengoperasikan mesin sesuai SOP, penerapan keselamatan kerja, pemilahan dan pengolahan sampah organik, serta penerapan tahapan dasar budidaya BSF. Pendekatan evaluasi tersebut digunakan untuk melihat keterterapan teknologi dalam kegiatan sehari-hari tanpa menyatakan adanya peningkatan keterampilan secara kuantitatif apabila belum didukung data pengukuran. Hasil pengamatan dan masukan dari mitra digunakan sebagai bahan untuk mengetahui kendala selama penerapan serta menentukan kebutuhan pendampingan berikutnya.

Tahap akhir berupa pendampingan dilakukan untuk memastikan mesin dapat digunakan dan kegiatan budidaya BSF dapat dilanjutkan oleh mitra. Monitoring mencakup penggunaan mesin, pengelolaan sampah organik, penyediaan media pakan, serta penerapan SOP. Evaluasi terhadap pengurangan sampah, produksi biomassa maggot, dan manfaat ekonomi dapat dilakukan pada tahap lanjutan melalui pencatatan secara berkala. Dengan demikian, metode pelaksanaan tidak hanya berfokus pada penyediaan mesin, tetapi juga pada penerapan teknologi, peningkatan kapasitas pengguna, dan pembentukan sistem pengelolaan sampah organik berbasis BSF yang dapat berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Mesin Pencacah Sampah Organik

Kegiatan pengabdian di Pondok Pesantren Hubbul Khoir menghasilkan satu unit mesin pencacah sampah organik yang digunakan sebagai teknologi pendukung budidaya *Black Soldier Fly* (BSF). Mesin dirancang untuk membantu proses pengecilan ukuran sampah organik sebelum digunakan sebagai media pakan larva BSF. Implementasi mesin dilakukan sebagai respons terhadap kondisi awal mitra yang masih melakukan pencacahan secara manual menggunakan peralatan sederhana. Proses manual tersebut membutuhkan tenaga yang relatif besar, melibatkan sekitar 2–3 orang, memiliki kapasitas pengolahan sekitar 15–20 kg/jam, dan menghasilkan ukuran cacahan yang belum seragam.

Berdasarkan kondisi tersebut, mesin pencacah dikembangkan dengan target kapasitas sekitar 50 kg/jam. Target tersebut merupakan kapasitas yang ditetapkan dalam perancangan mesin dan belum dapat disebut sebagai kapasitas aktual karena pengukuran berdasarkan massa bahan dan waktu operasi secara terukur belum dilakukan. Oleh karena itu, capaian kegiatan pada tahap ini difokuskan pada keberhasilan implementasi dan fungsi mesin dalam membantu proses pencacahan, sedangkan pengujian kapasitas aktual dapat dilakukan pada tahap evaluasi berikutnya.

Pengoperasian mesin dilakukan menggunakan sampah organik yang tersedia di lingkungan pesantren. Pengamatan menunjukkan bahwa mesin dapat digunakan untuk memperkecil ukuran bahan organik sehingga proses persiapan media pakan menjadi lebih praktis dibandingkan pencacahan secara manual. Hasil cacahan juga terlihat lebih kecil dan relatif seragam sehingga lebih mudah dipersiapkan sebelum diberikan kepada larva BSF. Dengan demikian, keberadaan mesin memberikan perubahan terutama pada cara dan kemudahan proses pengolahan, bukan pada peningkatan produksi maggot yang belum diukur secara kuantitatif.

Hasil tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian Wang et al. (2024) yang menunjukkan bahwa karakteristik ukuran partikel substrat berhubungan dengan proses biokonversi dan pertumbuhan larva BSF. Namun, penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa ukuran partikel tidak dapat dipahami hanya dengan prinsip semakin kecil semakin baik. Oleh karena itu, penggunaan mesin pada kegiatan ini tidak semata-mata ditujukan untuk menghasilkan cacahan sekecil mungkin, tetapi untuk memperoleh bahan yang lebih mudah ditangani dan sesuai dengan kebutuhan budidaya. Penentuan ukuran cacahan yang paling optimal untuk sampah organik pesantren masih dapat menjadi bagian dari pengembangan dan pengujian selanjutnya.

Penggunaan mesin juga dapat dipahami sebagai tahap *pretreatment* atau pra-pengolahan sebelum sampah organik masuk ke proses biokonversi BSF. Lindberg et al. (2022) menunjukkan bahwa perlakuan awal terhadap substrat dapat memengaruhi efisiensi proses pengolahan menggunakan larva BSF. Sementara itu, Peguero et al. (2024) menunjukkan bahwa *pretreatment*

fisik pada biowaste dapat mendukung proses biokonversi pada kondisi tertentu. Hasil penelitian tersebut mendukung penggunaan pencacahan sebagai bagian dari tahapan persiapan substrat. Meskipun demikian, hasil penelitian tersebut tidak dapat langsung digunakan untuk menyatakan peningkatan efisiensi pada program ini karena karakteristik bahan, kondisi mesin, dan kondisi budidaya yang digunakan berbeda.

Dengan demikian, hasil utama implementasi mesin pada kegiatan ini adalah tersedianya sarana mekanis untuk membantu proses pencacahan sampah organik yang sebelumnya dilakukan secara manual. Mesin menjadi penghubung antara tahap pengumpulan dan pemilahan sampah dengan tahap penyediaan media pakan BSF. Keberadaan sarana tersebut kemudian dilanjutkan dengan pelatihan agar teknologi dapat digunakan oleh mitra secara mandiri.



Gambar 3. Pembuatan tempat budidaya BSF



Gambar 4. Mesin pencacah sampah organik yang diimplementasikan

3.2 Pelatihan dan Implementasi Budidaya *Black Soldier Fly*

Implementasi mesin tidak dilakukan secara terpisah dari kegiatan budidaya BSF. Setelah mesin tersedia, kegiatan dilanjutkan dengan pelatihan kepada pengelola pesantren dan santri yang terlibat dalam pengelolaan sampah organik dan budidaya BSF. Pelatihan diperlukan karena keberhasilan penerapan teknologi tidak hanya bergantung pada tersedianya mesin, tetapi juga pada kemampuan pengguna dalam mengoperasikan, merawat, dan mengintegrasikan mesin dengan kegiatan pengelolaan sampah.

Materi pelatihan meliputi pengoperasian mesin pencacah, keselamatan kerja, pemeliharaan sederhana, pemilahan sampah organik, serta tahapan dasar budidaya BSF. Penyampaian materi dilakukan melalui penjelasan, demonstrasi, dan praktik langsung. Peserta diperkenalkan pada alur pengolahan mulai dari pemilahan sampah, pencacahan, hingga pemanfaatan hasil cacahan sebagai media pakan larva BSF. Dengan cara tersebut, peserta tidak hanya mengenal fungsi mesin, tetapi juga memahami hubungan antara proses pencacahan dengan tahapan budidaya.

Hasil pelaksanaan menunjukkan bahwa mesin dapat membantu proses penyediaan media pakan menjadi lebih praktis dibandingkan metode manual. Bahan yang telah dicacah menjadi lebih kecil dan relatif seragam sehingga lebih mudah digunakan dalam tahap berikutnya. Namun,

kondisi tersebut belum dapat digunakan untuk menyatakan bahwa produksi maggot meningkat. Produktivitas BSF dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis dan komposisi substrat, kondisi pemeliharaan, serta pola pemberian pakan. El Deen et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan jenis limbah yang berbeda dapat menghasilkan perbedaan pada pertumbuhan larva dan efisiensi konversi. Oleh sebab itu, pengaruh penggunaan mesin terhadap produktivitas maggot memerlukan pengukuran tersendiri dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan mesin.

Pada kegiatan ini, hasil yang dapat diamati lebih diarahkan pada terbentuknya alur pengolahan yang menghubungkan sampah organik dengan budidaya BSF. Sampah yang telah dipilah dapat dicacah menggunakan mesin dan selanjutnya dipersiapkan sebagai media pakan. Alur tersebut membuat fungsi mesin menjadi lebih jelas karena mesin tidak digunakan sebagai alat pencacah yang berdiri sendiri, tetapi sebagai bagian dari sistem pengelolaan sampah organik.

Pendekatan tersebut memiliki kesamaan dengan kegiatan pengabdian Manurung et al. (2023) yang memanfaatkan budidaya maggot BSF sebagai salah satu alternatif pengolahan sampah organik melalui kegiatan sosialisasi dan pelatihan. Perbedaannya, program di Pondok Pesantren Hubbul Khoir menambahkan teknologi mesin pencacah pada tahap pra-pengolahan. Dengan demikian, program tidak hanya memberikan pengetahuan mengenai budidaya BSF, tetapi juga menyediakan sarana untuk membantu proses persiapan bahan sebelum diberikan kepada larva. Perbedaan ini menjadi salah satu unsur yang memperkuat penerapan teknologi tepat guna dalam kegiatan pengabdian.

Untuk menjaga keberlanjutan penggunaan teknologi, kegiatan juga menghasilkan SOP yang menjadi pedoman dalam pengoperasian dan pemeliharaan mesin serta pengelolaan budidaya BSF. Penyusunan SOP penting karena keberlanjutan program tidak hanya ditentukan oleh keberadaan alat, tetapi juga oleh konsistensi pengguna dalam menjalankan tahapan pengelolaan. Dengan adanya SOP, kegiatan pengoperasian mesin, penanganan bahan, dan budidaya dapat dilakukan dengan acuan yang lebih jelas.

3.3 Dampak Program terhadap Pengelolaan Sampah dan Ekonomi Hijau

Integrasi mesin pencacah dengan budidaya BSF memberikan alternatif pengelolaan sampah organik di lingkungan Pondok Pesantren Hubbul Khoir. Sebelum implementasi, tahap pencacahan masih bergantung pada tenaga manusia dan peralatan sederhana. Setelah mesin diterapkan, proses pengecilan ukuran bahan dapat dilakukan secara mekanis dan kemudian dihubungkan dengan penyediaan media pakan BSF. Dengan demikian, teknologi yang diterapkan membantu membentuk alur pengelolaan sampah organik mulai dari proses pencacahan, kemudian dimanfaatkan sebagai media pakan, hingga mendukung budidaya BSF.

Alur tersebut sejalan dengan konsep pemanfaatan kembali sumber daya dari sampah organik. Liu et al. (2022) menjelaskan bahwa larva BSF memiliki potensi dalam pemulihan sumber daya dari limbah organik melalui produksi biomassa larva dan residu. Dalam konteks kegiatan ini, biomassa larva atau maggot dapat diarahkan sebagai pakan alternatif, sedangkan residu budidaya berupa kasgot berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Lopes et al. (2022) dan Manan et al. (2024) juga menunjukkan bahwa frass BSF memiliki potensi pemanfaatan sebagai pupuk.

Potensi tersebut memberikan peluang untuk mengembangkan sistem ekonomi sirkular di lingkungan pesantren. Sampah organik yang sebelumnya menjadi beban pengelolaan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam budidaya BSF, kemudian menghasilkan produk yang memiliki fungsi lanjutan. Namun, pada kegiatan ini peluang tersebut masih berada pada tahap potensi pemanfaatan. Program belum melakukan pengukuran terhadap jumlah sampah yang berhasil dialihkan, jumlah maggot yang dihasilkan, nilai kasgot, penghematan biaya pakan, maupun pendapatan dari penjualan produk. Oleh karena itu, belum tepat apabila implementasi program dinyatakan telah meningkatkan pendapatan atau memberikan keuntungan ekonomi secara kuantitatif.

Dari sisi pemberdayaan, keterlibatan pengelola dan santri dalam praktik penggunaan mesin dan budidaya BSF menjadi bagian penting dari hasil kegiatan. Peserta memperoleh pengalaman dalam menghubungkan pengelolaan sampah dengan pemanfaatan teknologi dan

budidaya. Penyusunan SOP kemudian memberikan dasar bagi mitra untuk melanjutkan kegiatan setelah program selesai. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengabdian tidak hanya berupa satu unit mesin, tetapi juga mencakup terbentuknya alur kerja dan pengetahuan dasar untuk mengelola teknologi tersebut.

Keberlanjutan sistem tetap membutuhkan beberapa hal, terutama pemilahan sampah secara konsisten, penggunaan mesin sesuai prosedur, pemeliharaan alat, dan pengelolaan budidaya secara rutin. Ferronato et al. (2024) menunjukkan bahwa keberlanjutan pengolahan sampah organik berbasis BSF perlu dilihat sebagai suatu sistem yang mencakup pengolahan bahan, penggunaan energi, proses budidaya, dan pemanfaatan hasil. Oleh karena itu, keberadaan mesin pencacah merupakan salah satu komponen pendukung, sedangkan keberhasilan jangka panjang bergantung pada bagaimana seluruh tahapan tersebut dijalankan secara berkelanjutan oleh mitra.



Gambar 5. Demonstrasi penggunaan mesin kepada pihak Pondok Pesantren Hubbul Khoir



Gambar 6. Sosialisasi pengelolaan sampah organik dan budidaya BSF

Tabel 1. Evaluasi Ketercapaian Program

Indikator	Capaian	Keterangan
Pembuatan tempat budidaya BSF	1 unit terpasang	April-Mei 2026
Pembuatan Mesin pencacah sampah organik	1 unit terpasang	Mei-Juni 2026
Kapasitas mesin pencacah	Target ± 50 kg/jam	Pengujian dan implementasi mesin
Pelatihan pengoperasian mesin SOP pengelolaan sampah dan budidaya BSF	Terlaksana Tersusun	Juni 2026
Sistem pengelolaan sampah organik	Terimplementasi	Pengoperasian mesin dan budidaya BSF Diintegrasikan dengan budidaya BSF

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui penerapan mesin pencacah sampah organik berhasil dilaksanakan sebagai teknologi pendukung budidaya BSF di Pondok Pesantren Hubbul Khoir Sukoharjo. Program meliputi pembuatan dan implementasi mesin pencacah dengan target kapasitas sekitar 50 kg/jam, pembangunan tempat budidaya BSF, pelatihan pengoperasian mesin dan budidaya BSF, penyusunan SOP, serta pendampingan kepada pengelola dan santri yang terlibat. Penerapan mesin memberikan kemudahan dalam proses persiapan sampah organik sebagai media pakan BSF dengan hasil cacahan yang lebih sesuai dibandingkan pencacahan secara manual. Kegiatan ini juga memberikan pemahaman dan pengalaman kepada mitra dalam pengoperasian mesin, pengelolaan sampah organik, dan budidaya BSF. Integrasi antara teknologi pencacahan dan budidaya BSF menunjukkan bahwa pengelolaan sampah organik dapat dilakukan secara lebih terarah melalui pemanfaatan teknologi tepat guna yang disesuaikan dengan kebutuhan mitra.

Peningkatan produksi maggot, persentase pengurangan sampah, dan manfaat ekonomi belum dapat dinyatakan secara kuantitatif karena belum dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah penerapan teknologi. Oleh karena itu, evaluasi lanjutan diperlukan melalui pencatatan kapasitas aktual mesin, jumlah sampah yang diolah, produksi maggot, pemanfaatan kasgot, serta manfaat ekonomi yang diperoleh. Secara keseluruhan, program telah menghasilkan sistem awal pengelolaan sampah organik berbasis BSF yang mengintegrasikan teknologi pencacahan, budidaya maggot, dan keterlibatan pengelola serta santri dalam pengoperasian dan pemeliharaan teknologi. Sistem tersebut berpotensi dikembangkan secara berkelanjutan sebagai model pengelolaan sampah organik berbasis ekonomi sirkular di lingkungan pesantren maupun lembaga pendidikan lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Sebelas Maret Surakarta atas hibah pengabdian kepada masyarakat tahun anggaran 2026 dengan nomor kontrak : 461/UN27.22/PT.01.03/2026. Terima kasih juga ditujukan ke tim asisten mahasiswa, Alfi dkk yang telah membantu pelaksanaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrul, N. F., Kabir Ahmad, I., Ahmad Basri, N. E., Suja, F., Abdul Jalil, N. A., & Azman, N. A. (2022). A review of organic waste treatment using black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 14(8), 4565. <https://doi.org/10.3390/su14084565>
- El Deen, S. N., van Rozen, K., Elissen, H., van Wikselaar, P., Fodor, I., van der Weide, R., Hoek-van den Hil, E. F., Rezaei Far, A., & Veldkamp, T. (2023). Bioconversion of different waste streams of animal and vegetal origin and manure by black soldier fly larvae *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, 14(2), 204. <https://doi.org/10.3390/insects14020204>
- Ferronato, N., Paoli, R., Romagnoli, F., Tettamanti, G., Bruno, D., & Torretta, V. (2024). Environmental impact scenarios of organic fraction municipal solid waste treatment with Black Soldier Fly larvae based on a life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(12), 17651–17669. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27140-9>
- Ganesan, A. R., Mohan, K., Kandasamy, S., Surendran, R. P., Kumar, R., Rajan, D. K., & Rajarajeswaran, J. (2024). Food waste-derived black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval resource recovery: A circular bioeconomy approach. *Process Safety and Environmental Protection*, 184, 170–189. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.01.084>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2024). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. <https://sipsn.menlhk.go.id/>
- Khan, A. H., López-Maldonado, E. A., Khan, N. A., Villarreal-Gómez, L. J., Munshi, F. M., Alsabhan, A. H., & Perveen, K. (2022). Current solid waste management strategies and energy recovery in developing countries: State of art review. *Chemosphere*, 291, 133088. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133088>
- Lindberg, L., Vinnerås, B., & Lalander, C. (2022). Process efficiency in relation to enzyme pre-treatment duration in black soldier fly larvae composting. *Waste Management*, 137, 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.033>
- Liu, T., Klammsteiner, T., Dregulo, A. M., Kumar, V., Zhou, Y., Zhang, Z., & Awasthi, M. K. (2022). Black soldier fly larvae for organic manure recycling and its potential for a circular bioeconomy: A review. *Science of the Total Environment*, 833, 155122. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155122>
- Lopes, I. G., Yong, J. W. H., & Lalander, C. (2022). Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes: A critical review and future perspectives. *Waste Management*, 142, 65–76.
- Manan, F. A., Yeoh, Y.-K., Chai, T.-T., & Wong, F.-C. (2024). Unlocking the potential of black soldier fly frass as a sustainable organic fertilizer: A review of recent studies. *Journal of Environmental Management*, 367, 121997. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121997>
- Manurung, N. E. P., Abdulah, A. A., Yuwarni, R., Indillah, J., Akbar, J. M., Igunza, A. D., Rizal, I., Tiyanah, A., Repaldi, D., Zunnia, E., & Pebriansya, P. (2023). Pengolahan sampah organik melalui maggot BSF di Desa Perambahan Kabupaten Banyuasin. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(5), 9868–9873. <https://doi.org/10.31004/cdj.v4i5.19932>
- Peguro, D. A., Gold, M., Velasquez, L., Niu, M., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2024). Physical pretreatment of three biowastes to improve black soldier fly larvae bioconversion efficiency. *Waste Management*, 178, 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.02.012>
- Setiawan, D., Ginantaka, A., & Miftahudin. (2022). Analisis teknoekonomi usaha pengolahan limbah cair organik menggunakan *black soldier fly* (*Hermetia illucens*). *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(2), 193–203. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i2.11403>
- Siddiqui, S. A., Gadge, A. S., Hasan, M., Rahayu, T., Povetkin, S. N., Fernando, I., & Castro-Muñoz, R. (2024). Future opportunities for products derived from black soldier fly (BSF) treatment as animal feed and fertilizer—A systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 30273–30354. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04673-8>
- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Yuwono, N. W., 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. *Waste Management*, 140, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.044>
- Wang, Y., Quan, J., Cheng, X., Li, C., & Yuan, Z. (2024). Relationship of black soldier fly larvae (BSFL) gut microbiota and bioconversion efficiency with properties of substrates. *Waste Management*, 180, 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.03.030>
- World Bank. (2022). *Solid waste management*. <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>