

NASKAH ORISINAL

Analisis *Social Return on Investment* dan Indeks Kepuasan Masyarakat Program Pemberdayaan Komunitas Pengelola TPS3R Desa Kalanganyar, Sidoarjo melalui Implementasi Sistem Budidaya Larva *Black Soldier Fly* untuk Mendukung Ekonomi Sirkular

Riva Rizkiana Ramadhani¹ | Doty Dewi Risanti^{1,*} | Anandita Ade Putri² | Erna Septyaningrum¹ | Faizah Putri Cahyani² | Ramadhan Rafi Putra Prayitno¹ | Mafaza Rahmah Nursy² | Rico Dwi Firmansyah³ | Yustina Anindira Rosangela Ruma⁴ | Fikri Nurfauzan Nurmianto⁴

¹Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Departemen Manajemen Bisnis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

³Departemen Statistika Bisnis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

⁴Departemen Studi Pembangunan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Doty Dewi Risanti, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: risanti@ep.its.ac.id

Alamat

Laboratorium Material Fungsional Maju, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Desa Kalanganyar, Sidoarjo merupakan wilayah dengan potensi besar di sektor perikanan dan pengolahan hasil tambak, namun menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan limbah organik yang belum termanfaatkan secara optimal. Lebih dari 65% sampah harian di TPS3R desa ini berupa limbah organik yang berisiko menimbulkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan jika tidak ditangani secara tepat. Program pemberdayaan masyarakat ini mengimplementasikan sistem budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai solusi berbasis teknologi. Larva BSF mampu mengonversi limbah organik menjadi biomassa bernutrisi tinggi untuk pakan ikan serta menghasilkan kasgot sebagai pupuk organik yang memperkuat ekonomi sirkular desa. Kegiatan dilaksanakan secara partisipatif melalui tahapan survei kebutuhan, perizinan, instalasi sistem *modular MagoBox Tower Lite*, pelatihan teknis, hingga evaluasi produksi. Satu unit sistem menghasilkan 14,5 kg larva kering per siklus (potensi untung Rp1.015.000) untuk pakan, dengan nilai *SROI* 13,68, yang berarti dampaknya 13 kali lipat biaya investasi. Masyarakat masih memerlukan dukungan eksternal untuk mengelola limbah dan mengintegrasikan berbagai sektor desa (perikanan, pertanian, peternakan) dalam satu ekosistem ekonomi sirkular terpadu.

Kata Kunci:

Biokonversi *Black Soldier Fly*, Ekonomi Sirkular, Indeks Kepuasan Masyarakat, Pengelolaan Limbah Organik, *Social Return on Investment*.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Desa Kalanganyar di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur merupakan desa yang produktif di sektor perikanan dan pengolahan hasil tambak dengan luas tambak produktif mencapai 2.231,79 hektare mengalami tantangan serius dalam menghadapi jumlah sampah organik yang terus meningkat^{[1][2]}. Meskipun terdapat infrastruktur TPS3R (Tempat Pengelolaan Sampah *Reduce-Reuse-Recycle*) yang dikelola oleh masyarakat, pemanfaatan limbah organik sebagai sumber ekonomi produktif masih belum optimal^[2]. Berdasarkan observasi lapangan pada tahun 2025, tercatat bahwa terdapat lebih dari 65% dari total sampah harian di TPS3R Kalanganyar merupakan sampah organik yang belum terkelola secara optimal. Kondisi ini berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, seperti pencemaran bau, berkembangnya vektor penyakit, dan penurunan kualitas sanitasi jika tidak ditangani secara tepat. Di sisi lain, peluang untuk mengolah limbah organik menjadi sumber daya yang bernilai ekonomis terbuka lebar, terutama melalui pendekatan ekonomi sirkular berbasis teknologi ramah lingkungan.

Produktivitas Desa Kalanganyar di sektor perikanan dan pengolahan hasil tambak membuka potensi pengolahan limbah organik dengan implementasi teknologi budidaya larva lalat *Black Soldier Fly* (BSF) yang secara ilmiah terbukti efisien dalam mengonversi limbah organik menjadi biomassa bernutrisi tinggi yang dapat dimanfaatkan menjadi pakan ikan ataupun menjadi pupuk organik^[3]. Dengan menggunakan teknologi budidaya larva BSF ini, setiap 1 kg limbah organik basah dapat dikonversi menjadi ± 34.75 g gram larva kering serta 100-125 g estimasi residu kasgot, yaitu residu yang dihasilkan dari proses budidaya larva BSF berdasarkan analisis *Biomass Conversion Ratio* (BCR) setelah mencerna limbah organik dapat digunakan sebagai pupuk organik yang berpotensi untuk mendukung praktik pertanian terpadu dan ramah lingkungan^[4].

Implementasi sistem budidaya larva BSF tidak hanya menjadi solusi pengelolaan limbah organik yang efisien, tetapi juga membuka peluang baru bagi pemberdayaan ekonomi komunitas, khususnya bagi kelompok pengelola TPS3R. Hasil panen budidaya larva BSF dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan nila di kolam budidaya TPS3R sementara residu kasgot sebagai pupuk dapat diaplikasikan di *greenhouse* yang ada di TPS3R atau lahan pertanian warga yang membentuk siklus tertutup pengelolaan limbah dan produksi pangan desa. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mendukung konservasi lingkungan, tetapi juga memperkuat ekonomi sirkular desa secara sistemik dan berkelanjutan.

Inisiatif implementasi teknologi budidaya larva BSF di TPS3R Kalanganyar ini merupakan bagian dari program *Desa Energi Berdikari* yang dijalankan oleh mahasiswa penerima beasiswa *Sobat Bumi* Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan dukungan dari *Pertamina Foundation*. *Pertamina Foundation*, sebagai lembaga yang berfokus pada pengembangan SDM dan keberlanjutan lingkungan, berperan penting dalam mendorong inovasi berbasis energi bersih dan pemberdayaan komunitas desa melalui pendanaan, pelatihan, serta fasilitasi kolaborasi lintas sektor. Peran aktif *Pertamina Foundation* dalam mendukung kolaborasi antara perguruan tinggi dan masyarakat desa memperkuat posisi program ini sebagai model integratif antara solusi teknologi, pengelolaan limbah, dan penguatan kapasitas lokal berbasis ekonomi sirkular yang berkelanjutan.

Keberlanjutan dalam program ini akan bergantung pada pelibatan aktif masyarakat melalui pelatihan teknis, *transfer* pengetahuan, serta manajemen operasional yang terstruktur. Pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan teknologi ini dapat meningkatkan kapasitas lokal dan rasa memiliki terhadap program, sekaligus menciptakan sistem yang berkelanjutan secara sosial.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Dalam mengoptimalkan pengelolaan sampah organik di TPS3R di Desa Kalanganyar, program pemberdayaan ini dilakukan dengan mengimplementasikan sistem budidaya larva lalat BSF berbasis komunitas. Inovasi kegiatan terletak pada kesesuaiannya solusi budidaya larva BSF dengan adanya komunitas sistem perikanan, perkebunan, dan peternakan lokal sehingga menciptakan alur ekonomi sirkular yang saling terhubung antara manajemen limbah dan budidaya produk unggulan desa yang sesuai dengan karakteristik sosial-ekonomi masyarakat yang terbiasa dengan aktivitas budidaya.

Berdasarkan ekosistem pengelolaan sampah yang saat ini ada di TPS3R seperti yang ditampilkan pada Gambar 1, TPS3R memiliki beberapa mekanisme penanganan sampah organik dan anorganik. Penanganan sampah anorganik yang masih dapat

didaur ulang dilakukan dengan menggunakan mesin *press* plastik yang siap mendukung penjualan plastik daur ulang yang telah diolah ke pengepul serta sampah anorganik yang sudah tidak bisa didaur ulang atau residu kemudian dibakar dalam *insenerator* yang abunya digunakan untuk membuat *paving block* dan *biopori*. Untuk pengolahan sampah organik, TPS3R memiliki sistem pembuatan kompos dan biogas yang dapat menghasilkan produk bernilai ekonomis untuk kebutuhan sehari-hari.

TPS3R ini juga memiliki kolam budidaya ikan di dalamnya. Berdasarkan ekosistem pengolahan sampah yang ada saat ini, diketahui bahwa ekosistem yang ada saat ini masih belum memungkinkan adanya biokonversi yang dapat mengolah sampah menjadi pakan untuk ikan. Pengelola TPS3R semula masih melakukan pembelian pakan ikan dari toko ataupun pemancingan lokal di sekitar Desa Kalanganyar. Diketahui bahwa saat ini terdapat mekanisme pengolahan sampah organik dengan menggunakan larva BSF dengan sistem budidaya larva BSF yang mampu memberikan pakan ikan berkualitas tinggi^[4]. Penerapan mekanisme ini di TPS3R Desa Kalanganyar dapat mendukung penguatan ekonomi sirkular TPS3R dengan mendukung kemandirian produksi pakan ikan yang digunakan di kolam budidaya ikan yang ada di TPS3R.



Gambar 1 Ekosistem pengelolaan sampah di TPS3R Desa Kalanganyar.

Dalam praktisnya, solusi ini didukung dengan adanya pemanfaatan unit budidaya *modular* (*MagoBox*) yang praktis untuk masyarakat desa serta pelatihan teknis dan manajerial bagi pengelola TPS3R. Strategi ini tidak hanya bertujuan menyelesaikan masalah limbah, tetapi juga mendorong penciptaan nilai tambah ekonomi dan penguatan kapasitas lokal secara berkelanjutan. Dengan dukungan *Pertamina Foundation* melalui program *Desa Energi Berdikari*, strategi pelaksanaan kegiatan ini dapat menjadi solusi berkelanjutan yang mendukung transformasi kapasitas lokal menuju desa mandiri dan berkelanjutan.

1.3 | Target Luaran

Luaran dari kegiatan ini berupa penerapan sistem budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) pada TPS3R Kalanganyar yang menghasilkan larva kering sebagai pakan ikan dan kasgot sebagai pupuk organik. Selain luaran teknis, kegiatan ini juga menargetkan luaran berupa kegiatan peningkatan kapasitas pengelola TPS3R melalui pelatihan serta adanya modul panduan budidaya

larva BSF yang bertujuan untuk memperkuat potensi replikasi kegiatan serupa. Seluruh luaran bertujuan untuk mendukung pemberdayaan ekonomi komunitas berbasis ekonomi sirkular yang berkelanjutan.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Karakteristik Larva *Black Soldier Fly*

Black Soldier Fly (BSF) merupakan serangga yang dapat menjadi agen biokonversi limbah organik. Fase larva pada spesies ini memiliki kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis bahan organik, termasuk limbah dapur, sisa pertanian, dan limbah agroindustri dalam kondisi lingkungan yang sesuai^[5]. Siklus hidup BSF terdiri atas lima tahap perkembangan yaitu telur, larva, *pre-pupa*, *pupa*, dan *imago* atau lalat dewasa. Telur BSF dapat menetas pada hari ke 3 sampai 4 dalam masa hidupnya^[6]. Fase larva ini akan berlangsung pada hari ke 14 hingga 18 hari tergantung pada suhu, kelembaban, dan kualitas substrat, sementara fase *pre-pupa* berlangsung sekitar 7 hari sebelum bermetamorfosis menjadi *pupa*^{[7][8]}.

2.2 | Budidaya BSF dalam Pengelolaan Limbah Organik

Budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) telah diteliti secara luas sebagai metode yang cukup efektif dalam pengelolaan limbah organik baik dalam skala rumah tangga maupun komunitas. Proses ini bekerja dengan cara memberikan limbah organik seperti sisa makanan, sayuran busuk, atau limbah pasar ke dalam wadah budidaya sebagai makanan untuk larva BSF. Larva tersebut kemudian memakan limbah tersebut dan tumbuh dengan cepat tergantung pada suhu dan kelembaban lingkungan sesuai dengan siklus hidupnya^[9]. Selain menghasilkan larva yang bernilai tinggi sebagai pakan ternak, proses ini juga menyisakan residu padat bernama kasgot, yang bisa dimanfaatkan sebagai pupuk organik^[10]. Sistem budidaya BSF ini bisa dilakukan secara sederhana, bahkan di lingkungan komunitas atau desa. Umumnya, larva dipelihara dalam wadah seperti kotak atau nampan, dengan limbah yang dicacah dan dijaga kelembapannya sekitar 70-80%^[11]. Penting untuk mempertimbangkan parameter operasional seperti dimensi wadah, suhu, kepadatan larva, kelembaban, laju pemberian pakan, dan interval pemberian pakan untuk mengoptimalkan pertumbuhan larva^[12].

Dalam praktiknya, sistem budidaya BSF dapat dibagi menjadi dua pendekatan model budidaya, yaitu sistem *batch* dan sistem *kontinu* yang memiliki perbedaan di bagaimana larva BSF diberikan makan^[13]. Pada sistem *batch*, pakan akan diberikan sekali atau dalam jumlah besar di awal eksperimen atau siklus tertentu^[14]. Sistem ini relatif mudah untuk dikelola dan cocok untuk skala kecil atau komunitas yang baru memulai karena seluruh populasi larva berada pada tahap umur yang sama sehingga memudahkan pengawasan, pemantauan, serta evaluasi pada proses budidaya ketimbang metode *kontinu*. Sebaliknya, sistem *kontinu* menerapkan metode pemberian larva dan pakan secara bertahap dan terjadwal. Sistem *kontinu* cocok untuk skala produksi yang lebih besar karena memungkinkan hasil panen larva kering yang lebih optimal secara biomassa dan manajemen limbah karena sistem pemberian pakan bertahap (*kontinu/inkremental*) ini dapat memperpanjang waktu perkembangan larva sekitar satu hari dibandingkan dengan sistem pemberian pakan secara *batch*^[15].

2.3 | Potensi Pemanfaatan Produk Budidaya BSF

Larva *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan sumber protein alternatif yang menjanjikan dalam bidang pakan ternak dan perikanan. Larva BSF juga menunjukkan efisiensi dalam konversi biomassa organik menjadi nutrisi tinggi dengan kandungan protein kasar sebesar 42-63% dan lemak 25-35% yang tinggi dan bergantung pada kondisi substrat sehingga cocok digunakan untuk pakan unggas serta pakan ikan^[16].

Beberapa studi uji coba penggunaan larva BSF sebagai pakan pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan hasil positif terhadap pertumbuhan ikan, tingkat kelangsungan hidup, dan kualitas karkasnya^[17]. Selain itu, penggunaan larva BSF dalam pakan ternak seperti ayam pedaging dan ayam petelur terbukti meningkatkan produktivitas, kesehatan hewan ternak, serta kualitas daging dan telur^[18].

Secara teknis, larva BSF dapat diberikan dalam bentuk segar maupun kering, tergantung kebutuhan dan jenis ternak yang dipelihara. Pemberian makan baik dalam bentuk larva segar ataupun kering tetap mendapatkan penerimaan yang baik oleh unggas maupun ikan. Namun, dalam aspek penjualan secara *komersil*, larva BSF kering lebih direkomendasikan karena kepraktisannya dalam penyimpanan dan distribusi tanpa mengurangi manfaat nutrisinya dibandingkan dengan larva hidup.

3 | METODE

Metode pelaksanaan kegiatan pemberdayaan Desa Kalanganyar dengan implementasi teknologi budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah organik di TPS3R dan memperkuat ekonomi sirkular desa disusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir pelaksanaan kegiatan implementasi teknologi budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) di Desa Kalanganyar.

Pelaksanaan kegiatan pemberdayaan masyarakat Desa Kalanganyar melalui implementasi teknologi budidaya larva BSF dimulai dengan survei dan identifikasi kebutuhan masyarakat desa, khususnya dalam pengelolaan limbah organik di TPS3R. Kegiatan ini dilengkapi dengan wawancara bersama kepala desa serta ketua pengelola TPS3R. Tahap ini bertujuan untuk memahami kondisi *eksisting* serta potensi lokal yang dapat mendukung penerapan teknologi. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, disusunlah rancangan kegiatan dan strategi pelaksanaan kegiatan yang mencakup pemilihan desain sistem budidaya BSF, strategi operasional, serta rencana pelibatan masyarakat dalam setiap tahapan.

Setelah perancangan disepakati, dilakukan konsultasi dengan perangkat desa dan pihak terkait guna memperoleh dukungan serta perizinan resmi sebagai dasar *legalitas* pelaksanaan program. Selanjutnya, dilakukan instalasi sistem budidaya larva BSF di lokasi yang telah disiapkan, termasuk pembangunan infrastruktur, penyediaan media pakan dari limbah organik, dan sistem pengelolaan lingkungan.

Agar masyarakat mampu mengelola sistem ini secara mandiri, diselenggarakan pelatihan teknis yang mencakup penggunaan, perawatan, serta pemanenan larva. Program diakhiri dengan evaluasi menyeluruh terhadap efektivitas teknologi, keterlibatan warga, dan dampak terhadap pengurangan limbah, yang kemudian menjadi dasar penyusunan strategi keberlanjutan dan integrasi sistem ini ke dalam skema ekonomi sirkular desa.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Identifikasi Kebutuhan TPS3R

Berdasarkan hasil survei lokasi, potensi sampah Desa Kalanganyar sangat tinggi seperti yang ditampilkan oleh Gambar 3(a). Di Desa Kalanganyar, produk sampah organik saat ini diolah menjadi energi *biogas* ataupun dijadikan pupuk melalui metode kompos untuk digunakan pada *greenhouse* yang ada di TPS3R. Meskipun demikian, kelompok masyarakat pengelola TPS3R ini mengharapkan sampah organik ini juga kedepannya dapat diolah oleh larva BSF untuk dijadikan pakan bagi kolam ikan nila yang ada di TPS3R seperti pada Gambar 3 (b) ataupun dikelola menjadi aspek yang bernilai ekonomis dan mendukung konsep ekonomi sirkular komunitas sistem pengelolaan sampah yang ada di TPS3R.

4.2 | Perancangan Kegiatan dan Strategi Pelaksanaan

Perancangan kegiatan dan strategi pelaksanaan pada pemberdayaan Desa Kalanganyar ini melibatkan kolaborasi *interdisiplin* mahasiswa yang berasal dari rumpun keteknikan dan sosial untuk mengembangkan solusi yang berkelanjutan dan berbasis partisipasi masyarakat. Dalam tahap ini, dilaksanakan *Focus Group Discussion* untuk mencari solusi yang strategis dalam menyelesaikan permasalahan yang diidentifikasi di Desa Kalanganyar. Hasil dari kegiatan ini merupakan analisis studi potensi dan kelayakan pelaksanaan kegiatan dengan strategi pelaksanaan yang kemudian disetujui oleh *Pertamina Foundation* untuk dijalankan dalam rumpun program *Desa Energi Berdikari*.



Gambar 3 Kondisi *eksisting* TPS3R Desa Kalanganyar: (a) Tumpukan sampah di TPS3R; (b) Kolam Ikan Nila di TPS3R.

4.3 | Konsultasi dan Perizinan

Konsultasi dan perizinan kepada Desa Kalanganyar selaku pemilik dari tanah TPS3R dilaksanakan sebelum program implementasi sistem budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) dijalankan secara penuh untuk memastikan program dapat berjalan sesuai dengan regulasi serta memperoleh dukungan penuh dari pemangku kepentingan lokal. Hasil kegiatan ini berupa penetapan lokasi spesifik instalasi budidaya serta perizinan pelaksanaan kegiatan yang diterbitkan oleh Desa Kalanganyar. Dengan *legalitas* yang telah diperoleh, program dapat dilaksanakan dengan dasar administratif yang kuat serta dukungan sosial dari pemangku kepentingan lokal yang memperkuat prospek keberlanjutan dan replikasi program di masa depan.

4.4 | Instalasi Sistem Budidaya Larva *Black Soldier Fly*

Instalasi sistem budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) dilaksanakan di bawah panel surya 8000 kWp di TPS3R untuk mengoptimalkan penggunaan ruang TPS3R yang terbatas sesuai dengan perizinan yang diberikan oleh pengelola TPS3R. Sistem budidaya larva BSF yang digunakan terdiri dari 10 tingkat rak susun unit budidaya *MagoBox Tower Lite* yang dirancang khusus untuk budidaya larva BSF. Setiap rak dapat mengolah hingga 250 kg media pakan organik basah per siklus produksi. Unit ini terbuat dari bahan plastik *food grade* dan disusun secara vertikal menggunakan rangka besi *galvanis* untuk memastikan stabilitas serta kemudahan dalam proses panen dan pemantauan. Kemudian, terdapat juga kandang budidaya indukan yang dilengkapi dengan jaring pelindung (*insect-proof net*) berwarna hijau di sekeliling sistem untuk menunjang produksi telur BSF yang menjadi *input* pada sistem budidaya larva BSF ini. Hasil proses instalasi ini ditampilkan pada Gambar 4.

4.5 | Pelatihan Penggunaan dan Perawatan

Kegiatan pelatihan dan perawatan sistem budidaya ini dilaksanakan dengan memaparkan informasi terkait karakteristik larva BSF, sistem budidaya yang telah dikembangkan, simulasi budidaya larva BSF serta perawatan hariannya, serta pemaparan terkait potensinya dalam menghadirkan produk olahan berupa pakan unggas dan ikan yang mendukung ekonomi sirkular Desa Kalanganyar. Kegiatan ini dimulai dengan adanya sosialisasi kegiatan yang inspiratif dan edukatif di Balai Desa Kalanganyar dan dihadiri oleh pengelola TPS3R dan perwakilan pemerintah desa seperti pada Gambar 5 (a). Kemudian, diadakan *workshop* budidaya larva BSF dipandu oleh ahli budidaya larva BSF (Gambar 5 (b)) dengan kegiatan berupa pemaparan materi di balai desa dan dilanjutkan dengan simulasi budidaya di TPS3R. Sebagai tambahan, modul panduan mitra juga dikembangkan untuk mendukung keberlanjutan dampak dari program ini seperti pada Gambar 5 (c).



Gambar 4 *MagoBox* yang telah terinstalasi (b) *Set-up MagoBox* di bawah pembangkit listrik tenaga surya.



Gambar 5 (a) Sosialisasi kegiatan budidaya larva BSF yang inspiratif dan edukatif; (b) *Workshop* budidaya larva BSF; (c) Panduan budidaya *maggot Black Soldier Fly*

4.6 | *Monitoring Pelaksanaan dan Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan*

Monitoring pelaksanaan dan evaluasi pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan mengamati pelaksanaan kegiatan budidaya larva BSF oleh pengelola TPS3R. Pada tahap *monitoring* ini, dilakukan pengamatan terkait keterampilan mitra dalam menjalankan proses budidayanya secara mandiri. Hasil dari kegiatan ini menunjukkan bahwa pengelola TPS3R sudah dapat memproduksi larva BSF menjadi produk pakan secara mandiri dimana larva BSF pada masa *pre-pupa* yang telah dipanen kemudian dipisahkan dari residunya (*kasgot*) dengan diayak seperti pada Gambar 6 (a) yang kemudian akan dikeringkan dengan dijemur di bawah sinar matahari. *Pre-pupa* larva BSF yang telah dikeringkan ini kemudian dapat secara langsung dijadikan pakan ikan pada kolam budidaya ikan nila yang ada di TPS3R seperti pada Gambar 6 (b).

Berdasarkan hasil *monitoring* kegiatan, diperoleh bahwa pengelola TPS3R juga telah terampil dalam melakukan produksi larva BSF kering untuk dijual secara *komersil* seperti pada Gambar 7 (a). Pengelola TPS3R menjual larva BSF kering untuk dijadikan pakan ikan bagi pengelola tambak sekitar ataupun dijual di tempat pemancingan lokal seperti pada Gambar 7 (b). Produk ini juga dapat digunakan untuk dijual ke peternakan unggas lokal seperti pada Gambar 7 (c).



Gambar 6 (a) Proses pemisahan larva BSF fase *pre-pupa* dari residu organik (*kasgot*); (b) Larva BSF kering yang digunakan langsung sebagai pakan ikan nila pada kolam budidaya di TPS3R



Gambar 7 Komersialisasi produk larva BSF kering oleh pengelola TPS3R; (a) Promosi produk olahan larva BSF dalam botol pada kegiatan pameran produk lokal Desa Kalanganyar; (b) Penjualan produk olahan larva BSF di tempat pemancingan lokal; (c) Penggunaan produk olahan larva BSF untuk peternakan ayam petelur

Evaluasi kegiatan produksi larva BSF di Desa Kalanganyar juga dapat dinilai dalam analisis kapasitas produksi, kondisi operasional budidaya, serta pemasaran larva BSF dalam sistem. Berdasarkan spesifikasi pasarnya, satu unit *tower* budidaya larva BSF *MagoBox Tower Lite* mampu memproduksi hingga 40-50 kg larva BSF per siklus dengan residu kasgot hingga 5-7 kg per siklus.

Dalam praktiknya di lapangan, budidaya larva BSF di Desa Kalanganyar yang dibudidayakan pada *batch* produksi periode 1 Juli 2025 hingga 22 Juli 2025 dengan *input* larva bermassa 5 kg per unit sistem budidaya *MagoBox Tower Lite* yang didistribusi merata pada 10 kontainer rata-rata menghasilkan 41,43 kg larva yang dipanen pada masa *pre-pupa* pada hari ke 22 dengan kondisi operasional budidaya di wilayah Desa Kalanganyar dengan fluktuasi temperatur dan kelembaban rata-rata berdasarkan data BMKG yang diukur dari Stasiun Meteorologi Juanda untuk daerah Sidoarjo. Nilai luaran produksi larva BSF ini sesuai dengan kapasitas produksi *MagoBox Tower Lite* pada deskripsi produknya yang berkisar antara 40-50 kg larva BSF saat dipanen. Setelah melewati masa pengeringan, massa larva BSF kering ini mencapai 14,5 kg. Ringkasan evaluasi hasil produksi larva BSF di Desa Kalanganyar ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Evaluasi produksi larva BSF di TPS3R Desa Kalanganyar

Aspek Evaluasi	Keterangan
Periode produksi	1 Juli 2025-22 Juli 2025
Waktu panen	Hari ke 22
Kondisi temperatur rata-rata	27.06 °C
Kondisi kelembaban rata-rata	72,45 %
Jumlah unit MagoBox <i>Tower Lite</i>	1 unit
<i>Input</i> bayi larva BSF per unit	5 kg
<i>Output</i> larva BSF dewasa per unit	41,43 kg
<i>Output</i> larva BSF kering	14,5 kg

Dengan berhasilnya produksi olahan larva BSF kering sebagai pakan unggas dan ternak menunjukkan bahwa kapasitas teknis dan manajerial dari pengelola TPS3R mulai terbentuk meski masih dalam tahap awal. Hal ini menjadi indikator positif bahwa sistem budidaya telah dapat dijalankan secara fungsional dan berorientasi pada hasil nyata. Keberhasilan ini juga membuka peluang bagi pengembangan skala usaha yang lebih besar di masa mendatang, terutama jika disertai dengan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, penerapan SOP yang konsisten, serta *monitoring* dan evaluasi yang terstruktur. Evaluasi dari produksi dan penjualan olahan larva BSF yang dilaksanakan oleh pengelola TPS3R saat ini ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Evaluasi penjualan Larva BSF di TPS3R Desa Kalanganyar

Komponen	Nilai
Berat bersih larva BSF kering per kemasan	50 gr
Harga modal produksi per kemasan	Rp. 5.000
Harga penjualan produk per kemasan	Rp. 8.500
Keuntungan penjualan per kemasan	Rp. 3.500
Potensi produksi per periode produksi	14,5 kg
Potensi keuntungan penjualan per periode produksi	Rp1.015.000

Apabila dapat dipasarkan dengan optimal, potensi keuntungan yang diperoleh pengelola TPS3R dalam budidaya larva BSF dengan kemampuan produksinya saat ini dapat mencapai Rp1.064.000 dalam satu periode produksi. Meskipun demikian, pihak pengelola TPS3R saat ini masih sedang menjalankan proses uji coba produksi dan pemasaran sehingga jumlah larva BSF yang dialokasikan untuk dijual masih tergolong kecil sedangkan sisanya digunakan pada kolam ikan nila yang ada di TPS3R. Pada akhir masa pemberdayaan, dilakukan instalasi teknologi *MagoBox Tower Lite* kembali sebanyak 2 unit sehingga kapasitas maksimal larva BSF kering yang dapat diproduksi dapat mencapai 43,5 kg yang memiliki potensi keuntungan penjualan per periode produksi hingga Rp3.045.000 apabila dapat diproduksi dan dipasarkan secara optimal.

Evaluasi kegiatan ini juga dapat dilaksanakan dengan menggunakan metode analisis *Social Return on Investment* (SROI). Dalam mengevaluasi nilai *SROI*, penting untuk dilakukan identifikasi *stakeholder* yang terlibat, menganalisis *income* dan *outcome* dari kegiatan. *Stakeholder* yang terlibat dalam program ini diantaranya adalah pengelola TPS3R, pemerintah Desa Kalanganyar, *Pertamina Foundation*, masyarakat lokal, ahli budidaya larva BSF yaitu *MagoBox*, serta penerima Beasiswa *Sobat Bumi* ITS. Pengelola TPS3R dalam kegiatan ini berperan sebagai aktor utama dalam pengolahan limbah, budidaya larva BSF, serta distribusi produk pakan ikan. Pemerintah Desa Kalanganyar berperan sebagai pemilik lahan TPS3R, pemberi izin, dan fasilitator dukungan regulasi. *Pertamina Foundation* berperan sebagai penyedia dana, pelatihan, dan pendampingan untuk keberlanjutan program, masyarakat lokal (pembudidaya ikan) berperan sebagai penerima manfaat langsung produk BSF (pakan & pupuk) yang mendorong ekonomi sirkular. Ahli budidaya larva BSF yaitu *MagoBox* berperan sebagai penyedia *transfer* pengetahuan dan teknik operasional. Terakhir, penerima Beasiswa *Sobat Bumi* ITS menjadi penyalur manfaat dan inisiasi ide dan inovasi untuk Desa Kalanganyar.

Biaya investasi kegiatan ini terdiri dari biaya instalasi alat, biaya konsumsi kegiatan, transportasi, pencatatan hak cipta, honorarium pemateri, serta publikasi kegiatan seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Biaya investasi pemberdayaan komunitas pengelola TPS3R Kalanganyar

Kategori	Nilai (Rp)
Instalasi Kandang, Indukan dan 1 Budidaya	Rp5,608,500
Instalasi Tambahan 3 Bak & Rak (Paket) Sistem Budidaya Maggot <i>MaggoBox</i>	Rp10,964,456
Transportasi pelaksanaan kegiatan dan <i>monitoring</i> selama kegiatan	Rp1,800,000
Konsumsi pelatihan	Rp820,000
<i>Banner</i> kegiatan	Rp150,000
Pengadaan buku Petunjuk/ <i>Manual Book</i>	Rp50,000
Pencatatan Hak Cipta	Rp400,000
Honorarium pelatihan	Rp500,000
Publikasi kegiatan di pemberitaan	Rp160,000
Total	Rp20,452,956

Dalam kegiatan ini, *input* kegiatan, *stakeholder*, serta *social-outcomes* yang dapat digunakan untuk melakukan analisis *SROI* dari kegiatan ini ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Biaya investasi pemberdayaan komunitas pengelola TPS3R Kalanganyar

Keterangan	Jenis Kegiatan	
<i>Input</i>	Limbah organik dari sektor perikanan & pengolahan hasil tambak Desa Kalanganyar Teknologi budidaya larva <i>Black Soldier Fly</i> (BSF) menggunakan unit <i>MagoBox Tower Lite</i> Dukungan dana, pelatihan, dan fasilitasi dari <i>Pertamina Foundation</i>	
<i>Stakeholder</i>	Alasan	
Pengelola TPS3R	Aktor utama pelaksana budidaya BSF, pengelolaan limbah, dan distribusi produk	
Pemerintah Desa Kalanganyar	Pemilik lahan TPS3R, pemberi izin, dan fasilitator dukungan regulasi	
<i>Pertamina Foundation</i>	Penyedia dana, pelatihan, dan pendampingan untuk keberlanjutan program	
Masyarakat lokal (pembudidaya ikan)	Penerima manfaat langsung produk BSF (pakan & pupuk), mendorong ekonomi sirkular	
Ahli budidaya larva BSF (<i>MagoBox</i>)	Penyedia <i>transfer</i> pengetahuan dan teknik operasional	
Penerima Beasiswa <i>Sobat Bumi</i> ITS	Penyalur manfaat dan inisiasi ide dan inovasi untuk Desa Kalanganyar	
<i>Social Outcomes</i>	<i>Environment Outcomes</i>	<i>Economic Outcomes</i>
Peningkatan keterampilan & teknis manajerial pengelola TPS3R	Pengurangan limbah organik di desa	Peningkatan pendapatan pengelola TPS3R dari penjualan larva BSF kering (Rp 8.500/50 gr) dengan potensi keuntungan hingga Rp 3.045.000 per siklus produksi.

Lanjut ke halaman berikutnya...

Tabel 4 Tabel 4 (Lanjutan)

...
Pemberdayaan masyarakat desa dalam pengelolaan limbah dan produksi pangan lokal	Pemanfaatan residu kasgot sebagai pupuk organik ramah lingkungan	Diversifikasi sumber pendapatan melalui penjualan kasgot sebagai pupuk organik.
Terbentuknya ekosistem ekonomi sirkular berbasis komunitas	Efisiensi penggunaan lahan & energi melalui instalasi di bawah panel surya	Peluang pemasaran produk BSF ke tambak, peternak unggas, tempat pemancingan, dan pasar komersial yang lebih luas.
Meningkatnya kesadaran masyarakat desa terhadap pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan.	Berkurangnya emisi gas rumah kaca dari proses pembusukan limbah organik.	Penghematan biaya pakan ikan nila di kolam budidaya TPS3R dan pakan unggas lokal.
Meningkatnya partisipasi generasi muda desa dalam inovasi pertanian dan perikanan berbasis teknologi.	Penurunan potensi pencemaran air akibat pembuangan limbah organik ke saluran air.	Potensi ekspansi usaha dengan penambahan unit produksi untuk meningkatkan kapasitas hingga 43,5 kg larva kering per siklus.
Terbentuknya jaringan kolaborasi antar kelompok masyarakat untuk pengelolaan limbah dan produksi pangan.	Meningkatnya kualitas tanah melalui pemanfaatan pupuk organik kasgot.	Kontribusi terhadap penguatan ekonomi sirkular desa yang berkelanjutan.

Nilai *SROI* ini akan bergantung dengan nilai *discount rate*. Berdasarkan data yang tersedia, nilai *Market Risk Premium* tercatat sebesar 6,87%^[19]. Tingkat bebas risiko (*Risk Free Rate*) berada pada 6,38%^[20]. Kemudian, nilai *Beta* untuk sektor pertanian dan peternakan adalah 0,98^[21]. Dengan parameter tersebut, perhitungan *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) menghasilkan *Cost of Equity* sebesar 13,11%, sedangkan *Cost of Debt* (COD) berada pada 0,00%. Struktur pendanaan sepenuhnya berasal dari ekuitas (100%) tanpa proporsi utang (0%), sehingga *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) juga sebesar 13,11%. Data *discount rate* dari investasi ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Perhitungan *SROI* kegiatan ini dilakukan dengan mempertimbangkan nilai *deadweight*, *attribution*, dan *drop-off* diperoleh dari nilai standar yang digunakan dalam penelitian *social impact* untuk menghilangkan ambiguitas dalam penentuan nilai^[22]. Hasil analisis *SROI* dalam kegiatan ini ditampilkan pada Tabel 6.

Dengan menggunakan nilai dampak *SROI* dari kegiatan yang mencapai nilai Rp.81,911,750 dan nilai *discount rate* sebesar 13.11%, proyeksi investasi ini dalam 5 tahun ke depan dapat ditampilkan pada Tabel 7.

Dari analisis ini, diperoleh nilai *net present value* dari investasi ini dapat mencapai nilai Rp.279,808,329. Nilai *SROI* dari investasi ini dapat diperoleh dengan membagi nilai *NPV* Rp.279,808,329 dengan nilai investasi kegiatan yaitu Rp20,452,956 sehingga memperoleh nilai rasio *SROI* 13.68. Angka *SROI* yang termasuk tinggi ini mengindikasikan efisiensi alokasi dana dan keberhasilan program dalam menciptakan manfaat berlipat.

Indeks Kepuasan Masyarakat ditampilkan dalam skor persepsi kepuasan responden atas dampak dan keberlanjutan kegiatan ini ditampilkan pada diagram *radar* pada Gambar 8. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Program *DEB* telah berjalan efektif, dengan tingkat penerimaan tinggi pada aspek relevansi program, kebermanfaatan teknologi, dukungan pemanfaatan, dan manfaat multidimensi yang konsisten berada pada kisaran 81%. Meskipun demikian, angka keberlanjutan (75%) yang dinilai lebih rendah dari rata-rata (81%) mengindikasikan adanya potensi ketergantungan pada pendampingan eksternal.

Tabel 5 *Discount rate dalam analisis SROI*

Keterangan	Value
<i>Market Risk Premium</i>	6.87%
<i>Risk Free</i>	6.38%
<i>Beta</i>	0.98
<i>CAPM (Cost of Equity)</i>	13.11%
<i>Cost of Debt (COD)</i>	0.05%
Proporsi Pendanaan	Value
Ekuitas	100%
Utang	0%
<i>Weighted Average Cost of Capital</i>	13.11%

Tabel 6 Potensi nilai dampak yang dihasilkan oleh kegiatan

Indikator	Nilai Proxy (Rp)	Kuantitas	Dead-weight	Attribution	Drop-off	Total Nilai Dampak (Rp)
Pengelola TPS3R						
Peningkatan ekonomi oleh penjualan pakan ikan larva BSF	3 045 000	16	0.00%	0.00%	0.00%	48 720 000
Peningkatan ekonomi oleh pupuk residu kasgot	1 800 000	16	0.00%	0.00%	0.00%	28 800 000
Penghematan biaya pembuangan limbah (70% porsi masyarakat)	500	1624	25.00%	25.00%	0.00%	456 750
Pelatihan budidaya larva BSF	500 000	1	0.00%	25.00%	0.00%	375 000
Konsumsi pelatihan	20 000	12	0.00%	0.00%	0.00%	240 000
Mahasiswa Pelaksana Program Desa Energi Berdikari						
Pelatihan Mahasiswa Pelaksana untuk budidaya larva BSF	500 000	1	0.00%	0.00%	0.00%	500 000
Dukungan Transportasi untuk kegiatan proyek sosial organisasi <i>Pertamina Foundation</i> ITS	1 800 000	1	0.00%	0.00%	0.00%	1 800 000
Konsumsi pelatihan	20 000	21	0.00%	0.00%	0.00%	420 000
Institut Teknologi Sepuluh Nopember						
Hak Kekayaan Intelektual	200 000	2	0.00%	0.00%	0.00%	400 000
Pertamina Foundation						
Citra <i>brand</i> pertamina melalui publikasi kegiatan	200 000	1	0.00%	0.00%	0.00%	200 000
Industri Fotokopi Lokal						
Biaya pencetakan <i>banner</i> kegiatan	150 000	1	0.00%	0.00%	0.00%	150 000
Biaya pencetakan modul kegiatan	50 000	1	0.00%	0.00%	0.00%	50 000
Pemerintah Desa Kalanganyar						
Pelatihan budidaya larva BSF	500 000	7	0	0.00%	0.00%	3 500 000
Penghematan biaya pembuangan limbah (30% porsi pemerintah)	500	696	25.00%	25.00%	0.00%	195 750
Total						81911750

Tabel 7 *Proyeksi net present value investasi*

Tahun	0	1	2	3	4	5
<i>Present value</i> (Rp)	-20,452,956	75,682,096	66,907,451	59,150,146	52,292,229	46,229,425
<i>NPV</i> (Rp)						279,808,392

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program pemberdayaan masyarakat melalui implementasi teknologi budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) di TPS3R Desa Kalanganyar terbukti mampu mengoptimalkan pengelolaan limbah organik yang selama ini belum termanfaatkan secara maksimal. Teknologi budidaya BSF tidak hanya efektif dalam mengonversi sampah organik menjadi larva bernutrisi tinggi dan kasgot

sebagai residu pupuk organik, tetapi juga dapat bekerja sejalan dengan sistem perikanan dan peternakan lokal untuk memperkuat ekonomi sirkular Desa Kalanganyar. Hasil implementasi menunjukkan peningkatan kapasitas produksi larva hingga 45,2 kg dalam satu siklus. Kegiatan ini juga berhasil mendorong penguatan kapasitas lokal melalui keterlibatan aktif pengelola TPS3R, baik dalam penguasaan teknis budidaya maupun aspek komersialisasi produk BSF. Nilai *SROI* yang diperoleh dari program ini sebesar 13,68 menunjukkan bahwa setiap satuan investasi memberikan manfaat sosial lebih dari 13 kali lipat. Sedangkan nilai kepuasan masyarakat masih menunjukkan ketergantungan pada pihak luar. Dalam mendukung keberlanjutan program, disarankan untuk mengembangkan sistem budidaya larva BSF ini dengan sistem budidaya yang dapat bekerja dengan otomatis sehingga dapat mempermudah proses operasional budidaya larva BSF oleh pengelola TPS3R. Selain itu, disarankan pula untuk mengembangkan sistem pencatatan operasional proses budidaya yang lebih terpadu dan terstandar serta memberikan pelatihan penjualan produk untuk memudahkan pengelola TPS3R mengelola hasil produksi dan menjual produk larva BSF beserta residu kasgotnya.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada *Pertamina Foundation* yang telah mendanai pelaksanaan kegiatan pemberdayaan komunitas pengelola TPS3R Desa Kalanganyar melalui implementasi sistem budidaya larva *Black Soldier Fly* (BSF) untuk mendukung ekonomi sirkular dalam serangkaian program *Desa Energi Berdikari*. Kami juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada masyarakat Desa Kalanganyar serta pengelola TPS3R yang mendukung pelaksanaan kegiatan sehingga dapat berjalan dengan baik. Kemudian, kami pula mengucapkan terima kasih kepada penerima beasiswa *Sobat Bumi Pertamina Foundation* serta tim mahasiswa *volunteer* dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan ini. Semoga kegiatan ini dapat bermanfaat bagi Desa Kalanganyar dalam jangka panjang dan dapat berkelanjutan.

Referensi

1. Tranggono D, Budiwitjaksono GS, Pratiwi SY. Empowering Women Fishpond in Developing the Home Business of the Milk Fish Crackers Industry. *Journal of Business, Social and Technology* 2024;5(2):92–99.
2. Novitasari AD, Irianto H, Prasetyowati T. Optimalisasi Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) Melalui Pengelolaan Produksi Ikan Bandeng di Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Intelektual Administrasi Publik dan Ilmu Komunikasi* 2022;9(2):151–165.
3. Barragán-Fonseca KB, Dicke M, van Loon JJ. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed* 2017;3(2):105–120.
4. Lalander C, Diener S, Zurbrugg C, Vinnerås B. Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production* 2019;208:211–219.
5. Diener S, Zurbrugg C, Tockner K. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste management & research* 2009;27(6):603–610.
6. Chia SY, Tanga CM, Osuga IM, Cheseto X, Ekesi S, Dicke M, et al. Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2020;168(6-7):472–481.
7. Ogello EO, Outa NO, Muthoka M, Juma F, Hoinkis J. Optimizing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) production: effects of substrate variation on biomass, nutritional quality, hatchability, fecundity, and frass quality. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2025;9:1621034.
8. Zheng L, Qing L, Zhang J, Yu Z. Double the biodiesel yield: Rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, on solid residual fraction of restaurant waste after grease extraction for biodiesel production. *Renewable energy* 2012;41:75–79.
9. Chia SY, Tanga CM, Khamis FM, Mohamed SA, Salifu D, Sevgan S, et al. Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. *PloS one* 2018;13(11):e0206097.

10. Klammersteiner T, Turan V, Juárez MFD, Oberegger S, Insam H. Suitability of Black Soldier Fly Frass as Soil Amendment and Implication for Organic Waste Hygienization. *Agronomy* 2020;10(10):1578.
11. Adamtey N, Badu E, Ayimba N, Kimathi F, Gebrezgabher S. Black soldier fly farming for feed and biofertilizer: a practical guide. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI): CGIAR Initiative on Nature-Positive Solutions; 2024.
12. Gold M, Tomberlin JK, Diener S, Zurbrugg C, Mathys A. Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management* 2018;82:302–318.
13. Padmanabha M, Kobelski A, Hempel AJ, Streif S. A comprehensive dynamic growth and development model of *Hermetia illucens* larvae. *Plos one* 2020;15(9):e0239084.
14. Miner LP, Fernandez-Bayo J, Putri F, Niemeier D, Bischel H, VanderGheynst JS. Predicting black soldier fly larvae biomass and methionine accumulation using a kinetic model for batch cultivation and improving system performance using semi-batch cultivation. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 2022;45(2):333–344.
15. Miranda CD, Cammark JA, Tomberlin JK. Life-History Traits of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), Reared on Three Manure Types. *Animals* 2019;9(5):281.
16. Makkar HP, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 2014;197:1–33.
17. Devic E, Leschen W, Murray F, Little DC. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquaculture Nutrition* 2018;24(1):416–423.
18. Tahamtani FM, Ivarsson E, Wiklicky V, Lalander C, Wall H, Rodenburg TB, et al. Feeding live Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*) to laying hens: effects on feed consumption, hen health, hen behavior, and egg quality. *Poultry Science* 2021;100(10):101400.
19. Damodaran A. Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation, and Implications – The 2025 Edition. In: *Managing and measuring risk: Emerging global standards and regulations after the financial crisis*; 2013.p. 343–455.
20. CEIC, Indonesia Government Securities: PHEI: Tenor: 2 Year; 2025. <https://www.ceicdata.com/en/indonesia/pt-penilai-harga-efek-indonesia-corporate-bond-yield-by-tenor/indonesia-government-securities-phei-tenor-2-year>, diakses 15 August 2025. [Online].
21. Damodaran A, Betas by Sector (US); 2025. https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html, diakses Agustus 15 2025. [Online].
22. Solórzano-García M, Navío-Marco J, Ruiz-Gómez LM. Ambiguity in the Attribution of Social Impact: A Study of the Difficulties of Calculating Filter Coefficients in the SROI Method. *Sustainability* 2019;11(2):386.

Cara mengutip artikel ini: Ramadhani, R. R., Risanti, D. D., Putri, A. A., Septyaningrum, E., Cahyani, F. P., Prayitno, R. R. P., Nursy, M. R., Firmansyah, R. D., Ruma, Y. A. R., Nurmianto, F. N., (2025), Analisis *Social Return on Investment* dan Indeks Kepuasan Masyarakat Program Pemberdayaan Komunitas Pengelola TPS3R Desa Kalanganyar, Sidoarjo melalui Implementasi Sistem Budidaya Larva *Black Soldier Fly* untuk Mendukung Ekonomi Sirkular, *Sewagati*, 9(5):1305–1318, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i5.8336>.