

GREEN MAGGOT: ECO-INOVASI SISTEM EKONOMI SIRKULAR BERBASIS BLACK SOLDIER FLY HASIL COMMUNITY DEVELOPMENT PADA TIGA KAWASAN DI CILACAP

GREEN MAGGOT: A BLACK SOLDIER FLY-BASED CIRCULAR ECONOMY SYSTEM ECO-INNOVATION GENERATED FROM COMMUNITY DEVELOPMENT ACROSS THREE AREAS IN CILACAP

Dian Prabowo¹, Nur Indah Wardhani², Dewi Hestyani³, Andika Prastya⁴, Mohamad Fauzi⁵,
Budi Nurochman⁶, Neni Damayanti Suryaningrum⁷, Ali Basroh⁸

^{1,2}Politeknik Negeri Cilacap,

³⁻⁸PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap

²nurindahwardani@pnc.ac.id

Abstrak

Green Maggot merupakan eco-inovasi berbasis Black Soldier Fly (BSF) yang dihasilkan dari kegiatan Community Development dan telah diterapkan pada tiga simpul dengan karakter berbeda, yaitu Kawasan Kuliner Damarjati, Kawasan Konservasi Mangrove dan Ekowisata Demangkarta, serta TPST Bank Sampah Gemrusik di Kelurahan Cilacap. Penelitian ini telah dilaksanakan untuk mengevaluasi perubahan sistem yang terbentuk melalui pengelolaan sampah organik, pembentukan closed-loop value chain, dan dampaknya pada dimensi Nature, Economy, Society, dan Wellbeing. Penelitian menggunakan studi kasus multisitus evaluatif-deskriptif dengan pemisahan antara data operasional, rasio desain internal, benchmark literatur, dan skenario kelayakan. Data operasional menunjukkan rata-rata satu ton sampah organik per bulan pada masing-masing lokasi atau sekitar 36ton per tahun pada tiga lokasi, dengan ekosistem sosial sekitar 130 orang. Hasil penelitian menunjukkan dua jalur utama dalam closed-loop system: maggot dimanfaatkan oleh unit peternak lele dan hasil lele masuk ke salah satu lapak kuliner Damarjati, sedangkan kasgot dimanfaatkan untuk penghijauan dan budidaya cabai yang hasilnya diserap lapak kuliner Damarjati dan Demangkarta. Berdasarkan rasio desain internal, kapasitas input 36ton setara dengan proyeksi 1,8ton maggot dan 7,2ton kasgot per tahun. Hasil perhitungan base-case konservatif menghasilkan nilai produk primer Rp30,60 juta per tahun, cash revenue pada simpul BSF Rp15,30 juta per tahun, dan gross transaction circulation lintas simpul sekitar Rp108,36 juta per tahun. Angka tersebut merepresentasikan perputaran transaksi pada beberapa tahap rantai nilai, bukan laba bersih. Benchmark literatur menunjukkan reduksi food waste BSF sekitar 62-75%, yang setara dengan potensi teoritis 22,32-27,00ton per tahun pada kapasitas program. Karena dataset penelitian belum memuat penimbangan residu dan kadar air per batch secara lengkap, rentang tersebut dilaporkan sebagai

Article History

Received: October 2026

Reviewed: October 2026

Published: October 2026

Plagirism Checker No.:

234.KK.44.893484

Copyright : Author

Publish by : Krepa



This work is licensed under
a [Creative Commons
Attribution-NonCommercial
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

benchmark dan tidak diklaim sebagai reduksi aktual program. Hasil analisis menunjukkan bahwa kebaruan Green Maggot terletak pada perubahan dari pengolahan sampah sebagai kegiatan komponen menjadi sistem sirkular yang menghubungkan sumber sampah, biokonversi, perikanan, pertanian, kuliner, pasar, dan pemanfaatan lingkungan dalam satu aliran yang dapat ditelusuri.

Kata kunci: *Black Soldier Fly*; *eco-inovasi*; *Community Development*; *closed-loop system*; ekonomi sirkular; *Sustainability Compass*; sampah organik.

Abstract

Green Maggot is a Black Soldier Fly (BSF)-based eco-innovation generated from Community Development activities and implemented across three different community nodes: the Damarjati Culinary Area, the Demangkarta Mangrove Conservation and Ecotourism Area, and the Gemrusik Community Waste Management Facility in Cilacap. This study was conducted to evaluate the systemic changes formed through organic-waste management, closed-loop value-chain development, and their effects across Nature, Economy, Society, and Wellbeing. An evaluative-descriptive multi-site case study was applied, distinguishing operational data, internal design ratios, literature benchmarks, and feasibility scenarios. Operational records showed an average organic-waste input of one tonne per month at each site, equivalent to approximately 36tonnes per year across the three locations, within a social ecosystem of approximately 130 people. The findings identified two major closed-loop pathways: BSF larvae were utilized by a catfish farming unit whose output was marketed through a Damarjati culinary stall, while BSF residue (kasgot) was used for greening and chili cultivation, with chili supplied to culinary stalls in Damarjati and Demangkarta. Based on the internal design ratio, an annual feedstock capacity of 36tonnes corresponded to projected outputs of 1.8tonnes of fresh larvae and 7.2tonnes of kasgot. The conservative base-case calculation produced an estimated primary product value of IDR 30.60 million per year, cash revenue at the BSF node of IDR 15.30 million per year, and gross connected transaction circulation of approximately IDR 108.36 million per year. These figures represent gross transaction flows rather than net economic benefits. Literature benchmarks indicate BSF food-waste reduction of approximately 62-75%, corresponding to a theoretical range of 22.32-27.00 tonnes per year at the program scale. Because the study dataset did not contain complete batch-level residual mass and moisture-content records, this range was reported as a benchmark and was not

claimed as actual program reduction. The study found that Green Maggot's novelty lies in transforming waste processing from a stand-alone component into a traceable circular system connecting waste generation, bioconversion, aquaculture, horticulture, culinary markets, and environmental utilization.

Keywords: Black Soldier Fly; eco-innovation; Community Development; closed-loop system; circular economy; Sustainability Compass; organic waste.

PENDAHULUAN

Sampah organik dari aktivitas pangan, usaha kuliner, kawasan wisata, dan permukiman memiliki kadar air tinggi serta mudah terdegradasi sehingga memerlukan penanganan dekat dengan sumber timbulan. Apabila aliran organik tidak dipisahkan, sebagian nilai material hilang karena sampah bercampur dengan residu lain dan harus ditangani melalui sistem pengumpulan dan pembuangan. Pendekatan ekonomi sirkular menempatkan fraksi organik bukan sebagai akhir dari rantai konsumsi, melainkan sebagai sumber daya yang dapat dikembalikan ke proses produksi (Diener et al., 2011; Lalander et al., 2019).

Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) telah banyak diteliti sebagai agen biokonversi bahan organik. Diener et al. (2011) dan Lalander et al. (2019) menunjukkan bahwa efisiensi pengolahan sangat dipengaruhi jenis substrat, feeding rate, kadar air, waktu proses, dan basis pengukuran. Pada konteks food waste Indonesia, Ibadurrohman et al. (2020) melaporkan reduksi 75% dan Waste Reduction Index 6,25% per hari pada kondisi penelitian tertentu. Variabilitas temuan tersebut menjadi dasar penelitian ini untuk tidak mengadopsi angka reduksi literatur sebagai capaian program, melainkan menempatkannya sebagai benchmark terhadap kondisi sistem lokal dengan basis neraca massa yang konsisten (Diener et al., 2011; Lalander et al., 2019).

Green Maggot dikembangkan sebagai eco-inovasi yang lahir dari kegiatan Community Development PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap. Inovasi ini diterapkan pada Kawasan Kuliner Damarjati, Kawasan Konservasi Mangrove dan Ekowisata Demangkarta, serta TPST Bank Sampah Gemrusik. Ketiga lokasi mempunyai sumber sampah dan tata kelola berbeda, tetapi dihubungkan oleh fungsi yang sama, yaitu pemilahan organik dan biokonversi BSF.

Kebaruan Green Maggot tidak diletakkan pada penggunaan BSF sebagai teknologi tunggal. Kebaruan berada pada rekonstruksi rantai nilai. Maggot tidak berhenti sebagai produk budidaya, melainkan masuk ke unit peternakan lele; sebagian hasil lele diserap salah satu lapak kuliner Damarjati. Kasgot digunakan untuk penghijauan dan budidaya cabai; cabai selanjutnya diserap lapak kuliner Damarjati dan Demangkarta. Aktivitas kuliner kembali menghasilkan sisa organik yang dapat menjadi input BSF. Surplus maggot dan kasgot dipasarkan sehingga sistem menghasilkan nilai ekonomi. Pola tersebut membentuk closed-loop yang menghubungkan limbah, sumber daya, produksi pangan, pasar, konsumsi, dan limbah kembali.

Penelitian ini dilaksanakan dengan lima tujuan, yaitu: (1) mendeskripsikan teknis Green Maggot dan unsur kebaruannya pada tingkat sistem, subsistem, dan komponen; (2) menyajikan hasil absolut program beserta jejak perhitungannya; (3) menganalisis perubahan rantai nilai, kualitas layanan, dan perilaku; (4) menganalisis kelayakan ekonomi berdasarkan input satu ton sampah organik per bulan per lokasi melalui base-case konservatif; serta (5) mengevaluasi dampak menggunakan Sustainability Compass pada dimensi Nature, Economy, Society, dan Wellbeing.

METODE PENELITIAN

2.1 Desain dan Klasifikasi Data

Penelitian dilaksanakan menggunakan desain studi kasus multisitus evaluatif-deskriptif. Selama analisis, data dikelompokkan menjadi empat kelas untuk menjaga keterlacakan klaim. Kelas A terdiri atas data operasional program, meliputi lokasi, volume input organik, jumlah pelaku dalam ekosistem, dan hubungan pemanfaatan aktual antarsimpul. Kelas B terdiri atas rasio desain internal Green Maggot, termasuk proyeksi 50 kg maggot dan 200 kg kasgot per satu ton input organik. Kelas C terdiri atas benchmark ilmiah dari literatur BSF mengenai reduksi bahan organik, pemanfaatan maggot pada ikan, dan pemanfaatan kasgot pada hortikultura. Kelas D terdiri atas hasil perhitungan skenario kelayakan untuk menguji kewajaran perputaran nilai ekonomi. Hasil Kelas D dianalisis sebagai skenario dan tidak diposisikan sebagai realisasi program.

2.2 Lokasi, Aktor, dan Batas Sistem

Lokasi	Karakter utama	Sumber organik	Ekosistem sosial	Fungsi dalam sistem
Damarjati	Kawasan kuliner	Sisa bahan pangan dan makanan	30 lapak; ± 90 orang	Sumber organik; pasar lele dan cabai; simpul konsumsi yang menghasilkan sisa organik kembali
Demangkarta	Konservasi mangrove + ekowisata + kuliner	Sisa organik aktivitas kuliner/wisata	± 25 pengelola	Sumber organik; pasar cabai; pengelolaan organik untuk mendukung kualitas kawasan konservasi-ekowisata
TPST Bank Sampah Gemrusik	Pengelolaan sampah berbasis masyarakat	Fraksi organik sampah masyarakat	± 15 anggota	Pengolahan organik; pemanfaatan kasgot untuk penghijauan; pemasaran surplus
Unit peternak lele	Usaha hilir penerima maggot	Maggot sebagai bagian pakan	1 unit usaha	Off-taker maggot; menghasilkan lele untuk pasar lokal dan salah satu lapak Damarjati

Batas sistem penelitian dimulai dari sampah organik yang dipilah pada ketiga lokasi, proses BSF, pemanfaatan maggot dan kasgot, produksi lele dan cabai, pemasaran ke lapak kuliner, serta aliran sisa organik kembali ke proses biokonversi. Penjualan surplus maggot dan kasgot diperlakukan sebagai cabang pasar eksternal yang menghasilkan nilai ekonomi tanpa menghilangkan core loop sistem.



TPST Bank Sampah Gemrusik sebagai pengelola Green Maggot



*Demangkarta
(Kawasan Eduwisata Mangrove)*



*Demangkarta & Damarjati sebagai
penghasil sampah organik dan pemanfaatan
maggot.*



*Budidaya Lele di Kelurahan Cilacap sebagai
pemanfaat maggot.*



*Lapak Damarjati sebagai pasar produk
yang menggunakan maggpt*

2.3 Perhitungan Hasil Absolut dan Material Flow

Volume input tahunan dihitung dengan $Q = q \times n \times 12$, dengan q sebesar 1ton per lokasi per bulan dan n sebanyak tiga lokasi. Dengan demikian, hasil absolut input organik adalah 36ton per tahun. Proyeksi output berdasarkan rasio desain internal dihitung dengan $Q_m = 0,05Q$ untuk maggot dan $Q_k = 0,20Q$ untuk kasgot. Rasio tersebut digunakan untuk menyusun skenario material flow, bukan untuk menyatakan reduksi lingkungan aktual.

Metode penghitungan reduksi substrat dalam penelitian mengacu pada neraca massa input dan residu. Fresh matter reduction dirumuskan sebagai $WR_{FM} = ((M_0 - MR)/M_0) \times 100\%$, sedangkan dry matter reduction menggunakan $DM_0 = M_0(1-KA_0)$, $DMR = MR(1-KAR)$, dan $WR_{DM} = ((DM_0 - DMR)/DM_0) \times 100\%$. M_0 adalah massa input, MR massa residu akhir, KA_0 kadar air input, dan KAR kadar air residu. Pada dataset yang dianalisis, seri penimbangan residu dan kadar air per batch belum tersedia secara lengkap untuk seluruh periode, sehingga WR_{FM} dan WR_{DM} tidak disajikan sebagai capaian aktual program.

2.4 Model Kelayakan Ekonomi

Analisis ekonomi menggunakan base-case konservatif agar aliran nilai dapat ditelusuri tanpa menyamakan skenario dengan realisasi. Harga maggot ditetapkan Rp5.000/kg, sesuai harga dalam blueprint internal dan masih berada pada kisaran yang dilaporkan dalam praktik budidaya. Harga kasgot base-case ditetapkan Rp3.000/kg, lebih rendah dari harga yang dilaporkan Ulya dan Dewi (2022), untuk menghindari overestimasi. Alokasi maggot adalah 50% untuk peternak lele dan 50% dijual. Alokasi kasgot adalah 25% untuk budidaya cabai, 25% untuk penghijauan Gemrusik, dan 50% dijual.

Pada jalur lele digunakan skenario campuran pakan 50% maggot segar dan 50% pakan komersial dengan FCR perencanaan 1,5. Nilai tersebut lebih konservatif daripada FCR $1,2 \pm 0,08$ yang dilaporkan Tanti (2023) pada perlakuan substitusi 50% tepung ikan dengan maggot segar pada lele. Harga produsen lele digunakan Rp22.000/kg sebagai asumsi kelayakan. Separuh produksi lele diasumsikan masuk ke satu lapak Damarjati, dengan lima porsi per kilogram dan harga menu Rp18.000/porsi. Nilai menu merupakan gross culinary sales, bukan laba bersih (Tanti, 2023; Rachmawati et al., 2013).

Pada jalur cabai, alokasi 1,8ton kasgot dikonversi ke luas tanam menggunakan dosis referensi hortikultura 30ton/ha yang dilaporkan pada aplikasi kasgot. Dengan demikian, luas skenario adalah 0,06 ha. Produktivitas konservatif menggunakan 5,6ton/ha dan harga produsen Rp37.670/kg berdasarkan Survei Ekonomi Pertanian 2024 BPS. Hasil cabai dibagi sama untuk lapak Damarjati dan Demangkarta. Karena penggunaan dosis kasgot pada cabai di lapangan dapat berbeda, seluruh perhitungan ini diposisikan sebagai skenario kelayakan (Adiningrum et al., 2023; Anugrah & Sulistyani, 2025).

2.5 Analisis Perubahan Sistem dan Sustainability Compass

Perubahan sistem dianalisis melalui tiga tingkat. Tingkat komponen mencakup kandang, biopond, penetasan, feeding, dan panen. Tingkat subsistem mencakup layanan pemilahan dan pengolahan organik pada masing-masing kawasan. Tingkat sistem dinilai apabila aliran material, produk, aktor, pasar, dan konsumsi terhubung kembali membentuk siklus berulang. Dampak kemudian disintesis dengan Sustainability Compass: Nature untuk sumber daya dan dampak lingkungan; Economy untuk nilai produk dan transaksi; Society untuk aktor, kelembagaan, dan perubahan peran; serta Wellbeing untuk kualitas lingkungan hidup, akses pangan lokal, kenyamanan kawasan, dan manfaat yang dirasakan.

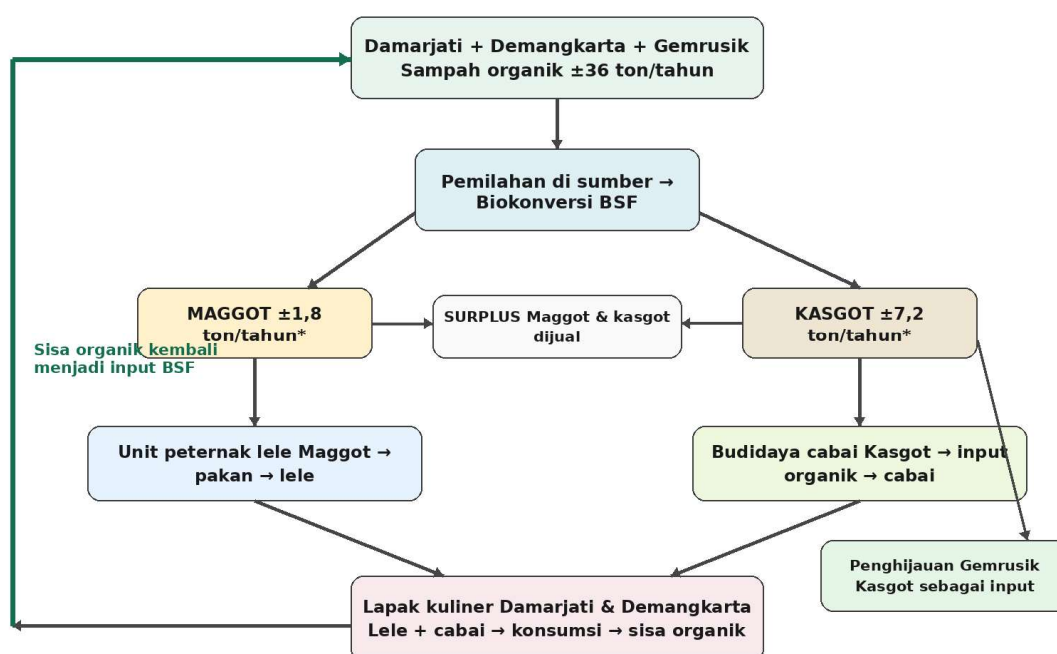
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Green Maggot sebagai Eco-Inovasi pada Tingkat Sistem

Green Maggot membentuk dua closed-loop utama. Loop protein dimulai dari sampah organik yang diproses BSF menjadi maggot, maggot dimanfaatkan oleh unit peternak lele, lele dijual ke pasar lokal dan salah satu lapak kuliner Damarjati, kemudian aktivitas pengolahan dan konsumsi kembali menghasilkan sisa organik. Loop nutrisi dimulai dari sampah organik, BSF, kasgot, budidaya cabai, penjualan cabai ke lapak Damarjati dan Demangkarta, kemudian sisa organik kuliner kembali menjadi feedstock. Di luar core loop, kasgot juga digunakan untuk penghijauan Gemrusik dan surplus maggot/kasgot dijual. Hubungan ini mengubah Green Maggot dari inovasi komponen menjadi sistem karena output satu simpul menjadi input simpul berikutnya dan sebagian aliran kembali ke simpul awal.

GREEN MAGGOT: CLOSED-LOOP CIRCULAR SYSTEM

Aliran material, pangan, pasar, dan manfaat pada ekosistem Community Development



*Output maggot/kasgot menggunakan rasio desain internal; belum diposisikan sebagai realisasi aktual.

Gambar 1. Arsitektur closed-loop Green Maggot pada tiga simpul Community Development.

3.2 Hasil Absolut dan Skala Sosial

Indikator	Damarjati	Demangkarta	Gemrusik	Total
Input organik rata-rata	1ton/bulan	1ton/bulan	1ton/bulan	3ton/bulan
Input organik tahunan	12ton	12ton	12ton	36ton/tahun
Ekosistem sosial	30 lapak; ±90 orang	±25 orang	±15 orang	±130 orang
Peran pasar/pemanfaatan	Lele + cabai	Cabai	Penghijauan + kasgot	Closed-loop multi-node

Berdasarkan definisi operasional penelitian, sekitar 130 orang dikategorikan sebagai populasi sosial pada tiga lokasi, bukan seluruhnya sebagai penerima manfaat langsung. Penerima manfaat langsung diidentifikasi dari keterlibatan dalam pemilahan, pengoperasian BSF, pemanfaatan hasil, transaksi, atau penerimaan manfaat lingkungan dan ekonomi. Skala 36ton per tahun merupakan hasil absolut program yang diturunkan langsung dari rerata satu ton sampah organik per bulan pada masing-masing lokasi.

3.3 Material Flow Hasil Perhitungan dan Alokasi Output

Aliran material	Rumus/basis	Volume/tahun	Status data
Sampah organik masuk BSF	3 lokasi $\times$ 1ton/bulan $\times$ 12	36.000 kg	Data operasional
Maggot	5% dari input	1.800 kg	Rasio desain internal
→ Peternak lele	50% maggot	900 kg	Skenario kelayakan
→ Dijual	50% maggot	900 kg	Skenario kelayakan
Kasgot	20% dari input	7.200 kg	Rasio desain internal
→ Budidaya cabai	25% kasgot	1.800 kg	Skenario kelayakan
→ Penghijauan Gemrusik	25% kasgot	1.800 kg	Skenario kelayakan
→ Dijual	50% kasgot	3.600 kg	Skenario kelayakan

Dalam penelitian ini, maggot dan kasgot diperlakukan sebagai dua output produk, sedangkan pengurangan substrat dianalisis sebagai indikator yang berbeda. Karena itu, selisih antara 36.000 kg input dengan 1.800 kg maggot dan 7.200 kg kasgot tidak dikategorikan secara otomatis sebagai reduksi lingkungan. Neraca reduksi didefinisikan berdasarkan massa residu akhir dan basis kadar air yang konsisten.

3.4 Dampak Lingkungan dan Benchmark Ilmiah

Dampak lingkungan yang dapat dinyatakan langsung adalah pengelolaan sekitar 36ton sampah organik per tahun melalui jalur BSF. Pada Demangkarta, jalur ini relevan karena aktivitas kuliner dan ekowisata berada di kawasan yang juga memiliki fungsi konservasi mangrove. Di Gemrusik, BSF memperluas layanan TPST dari dominasi pemilahan material anorganik menuju pengelolaan fraksi organik. Di Damarjati, pemilahan di sumber menghubungkan aktivitas kuliner dengan proses pemulihan sumber daya (Ibadurrohman et al., 2020).

Literatur digunakan sebagai benchmark untuk membandingkan kapasitas program dengan temuan ilmiah terdahulu. Pada food waste, Ibadurrohman et al. (2020) melaporkan reduksi 75%, sedangkan studi lain menunjukkan kinerja yang bervariasi sesuai karakter feedstock dan sistem operasi. Ketika rentang konservatif 62-75% diterapkan sebagai analisis sensitivitas terhadap kapasitas 36ton/tahun, diperoleh potensi reduksi teoritis sebesar 22,32-27,00ton/tahun. Dalam penelitian ini, angka tersebut tidak dikategorikan sebagai hasil aktual Green Maggot karena dataset operasional belum memuat penimbangan input-residu, kadar air,

durasi proses, dan biomassa larva secara lengkap pada setiap batch (Ibadurrohman et al., 2020; Lalander et al., 2019).

Indikator lingkungan	Nilai	Status klaim
Sampah organik masuk sistem	±36ton/tahun	Hasil absolut program
Potensi reduksi teoritis pada benchmark 62%	22,32ton/tahun	Benchmark/sensitivitas
Potensi reduksi teoritis pada benchmark 75%	27,00ton/tahun	Benchmark/sensitivitas
Kasgot untuk penghijauan Gemrusik	±1,8ton/tahun	Skenario alokasi
Reduksi aktual Green Maggot	Tidak dihitung sebagai capaian aktual	Data per batch belum lengkap dalam dataset penelitian

3.5 Kelayakan Ekonomi Produk Primer BSF

Pada base-case, nilai ekonomi produk primer dihitung dari volume output desain dan harga kelayakan. Total nilai maggot adalah $1.800 \text{ kg} \times \text{Rp}5.000 = \text{Rp}9.000.000$ per tahun. Total nilai kasgot adalah $7.200 \text{ kg} \times \text{Rp}3.000 = \text{Rp}21.600.000$ per tahun. Dengan demikian, nilai produk primer sistem mencapai $\text{Rp}30.600.000$ per tahun. Dari alokasi tersebut, transaksi tunai langsung pada simpul BSF berasal dari penjualan 900 kg maggot dan 3.600 kg kasgot, yaitu $\text{Rp}15.300.000$ per tahun; sisanya $\text{Rp}15.300.000$ merupakan nilai pemanfaatan internal untuk peternak lele, budidaya cabai, dan penghijauan.

Komponen	Volume	Harga basis	Nilai/tahun	Jenis nilai
Maggot dijual	900 kg	Rp5.000/kg	Rp4.500.000	Cash revenue
Maggot ke peternak lele	900 kg	Rp5.000/kg	Rp4.500.000	Internal transfer value
Kasgot dijual	3.600 kg	Rp3.000/kg	Rp10.800.000	Cash revenue
Kasgot untuk cabai	1.800 kg	Rp3.000/kg	Rp5.400.000	Internal transfer value
Kasgot untuk penghijauan	1.800 kg	Rp3.000/kg	Rp5.400.000	Environmental use value
TOTAL PRODUK PRIMER	—	—	Rp30.600.000	Rp15,30 juta cash + Rp15,30 juta internal

3.6 Perputaran Nilai pada Closed-Loop Value Chain

Nilai ekonomi sistem tidak berhenti pada penjualan maggot dan kasgot. Dalam skenario kelayakan, 900 kg maggot dialirkan ke peternak lele dan dipakai sebagai 50% campuran pakan. Dengan total pakan 1.800 kg/tahun dan FCR perencanaan 1,5, produksi yang didukung oleh

skenario tersebut sekitar 1.200 kg lele/tahun. Pada harga produsen Rp22.000/kg, omzet tingkat peternak sekitar Rp26.400.000 per tahun. Separuh produksi, yaitu sekitar 600 kg, diasumsikan diserap satu lapak Damarjati. Dengan lima porsi per kilogram, volume tersebut setara sekitar 3.000 porsi per tahun atau 8-9 porsi per hari. Pada harga menu Rp18.000/porsi, gross culinary sales mencapai sekitar Rp54.000.000 per tahun. Nilai ini bukan laba bersih dan tidak seluruhnya dapat diatribusikan kepada maggot karena produksi lele tetap menggunakan input lain.

Pada jalur cabai, 1.800 kg kasgot setara 1,8ton. Dengan dosis referensi 30ton/ha, luas skenario sekitar 0,06 ha. Menggunakan produktivitas konservatif 5,6ton/ha, produksi cabai diperkirakan 336 kg/tahun. Dengan harga produsen Rp37.670/kg, omzet tingkat produsen sekitar Rp12.657.120 per tahun. Jika dibagi sama, sekitar 168 kg/tahun dapat diserap Damarjati dan 168 kg/tahun Demangkarta. Nilai ini adalah skenario agribisnis yang digunakan untuk membaca kelayakan loop nutrien, bukan realisasi panen (Adiningrum et al., 2023; Anugrah & Sulistyani, 2025).

Tahap transaksi	Basis skenario	Gross value/tahun	Catatan
Penjualan produk BSF	900 kg maggot + 3.600 kg kasgot	Rp15.300.000	Cash revenue simpul BSF
Penjualan lele tingkat peternak	$\pm 1.200 \text{ kg} \times \text{Rp}22.000$	Rp26.400.000	Omzet produsen; biaya pakan/operasional belum dikurangkan
Penjualan menu lele Damarjati	$\pm 3.000 \text{ porsi} \times \text{Rp}18.000$	Rp54.000.000	Gross culinary sales; 50% output lele masuk satu lapak
Penjualan cabai	$\pm 336 \text{ kg} \times \text{Rp}37.670$	Rp12.657.120	Omzet produsen; hasil dibagi ke Damarjati dan Demangkarta
GROSS TRANSACTION CIRCULATION	Jumlah transaksi lintas tahap	Rp108.357.120	Bukan laba bersih; mengandung transaksi berulang pada komoditas yang sama

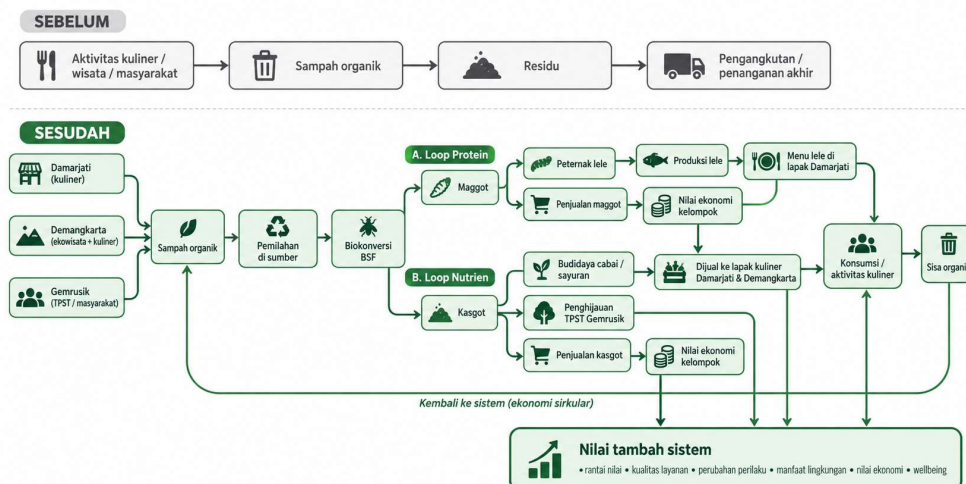
Gross transaction circulation digunakan untuk menggambarkan besarnya aktivitas ekonomi yang terhubung oleh sistem, bukan untuk menyatakan manfaat ekonomi bersih. Satu komoditas dapat tercatat pada lebih dari satu tahap transaksi, misalnya lele pada tingkat peternak dan menu lele pada tingkat kuliner. Karena itu, indikator utama yang tidak mengalami double counting adalah nilai produk primer Rp30,60 juta/tahun dan cash revenue langsung simpul BSF Rp15,30 juta/tahun. Sementara itu, Rp108,36 juta/tahun menggambarkan perputaran transaksi antarsimpul dalam base-case.

3.7 Perubahan Rantai Nilai, Kualitas Layanan, dan Perilaku

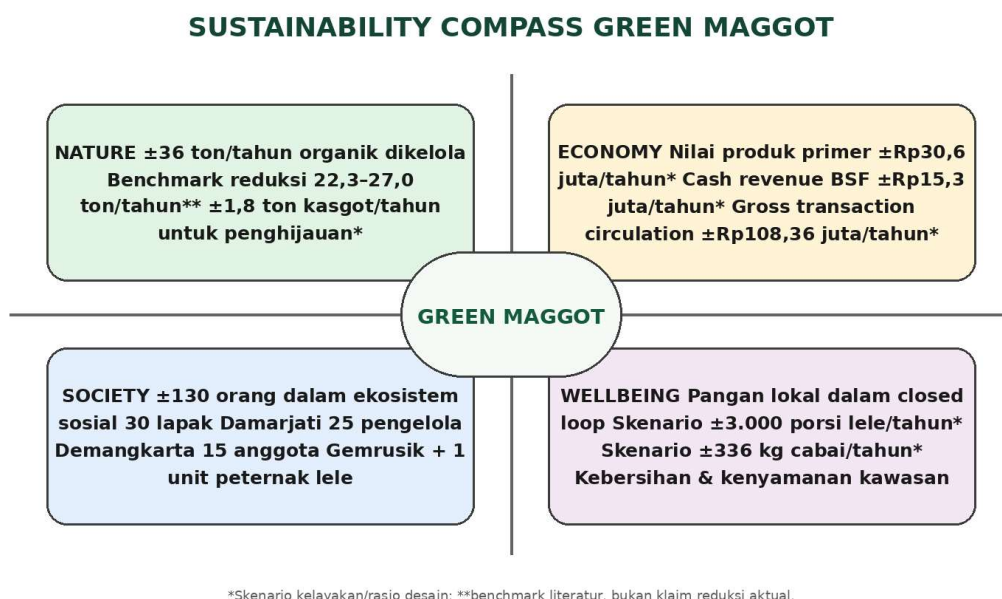
Aspek	Sebelum	Sesudah Green Maggot	Nilai tambah
Rantai nilai	Sampah organik → residu → penanganan akhir	Sampah → BSF → maggot/kasgot → lele/cabai/penghijauan → kuliner/pasar → sisa organik kembali	Closed-loop lintas sektor
Kualitas layanan	Pengelolaan organik belum terhubung dengan pemanfaatan hilir	Pemilahan, biokonversi, off-taker, pasar, dan pemanfaatan lingkungan berada dalam satu alur	Layanan berubah dari collect/dispose menjadi sort/convert/reuse/market
Produk/jasa	Sampah tidak mempunyai produk turunan terstruktur	Maggot, kasgot, dukungan pakan lele, pupuk organik, pangan lokal	Diversifikasi produk dan fungsi
Perilaku	Organik dipandang sebagai residu	Organik dipilah sebagai feedstock; output dipakai lintas usaha	Perubahan praktik operasional
Kelembagaan	Kawasan dan kelompok berjalan relatif terpisah	Damarjati, Demangkarta, Gemrusik, peternak lele, dan budidaya cabai terhubung oleh aliran material/pasar	Interdependensi antarsimpul

Pada level komponen, inovasi berada pada fasilitas dan teknik BSF. Pada level subsistem, inovasi mengubah layanan pengelolaan organik di masing-masing lokasi. Pada level sistem, nilai tambah muncul ketika material hasil BSF masuk ke sektor produksi lain, produk produksi tersebut kembali ke pasar kuliner di dalam ekosistem, dan sisa organik dapat kembali menjadi input. Dengan struktur tersebut, kebaruan Green Maggot berada pada perubahan hubungan antar komponen, bukan pada teknologi BSF secara terpisah.

Transformasi Rantai Nilai Green Maggot



3.8 Sustainability Compass: Nature, Economy, Society, Wellbeing



Gambar 2. Sustainability Compass Green Maggot dan indikator yang dapat ditelusuri.

Dimensi	Indikator utama	Nilai/temuan	Interpretasi
Nature	Organik masuk sistem; benchmark reduksi; penghijauan	36ton/tahun; benchmark 22,32-27,00ton/tahun; 1,8ton kasgot/tahun untuk penghijauan*	Sumber daya organik dialihkan ke biokonversi dan sebagian hasil kembali ke fungsi lingkungan
Economy	Nilai produk primer; cash revenue; perputaran transaksi	Rp30,60 juta; Rp15,30 juta; gross circulation Rp108,36 juta/tahun*	Sampah bertransformasi menjadi produk dan transaksi lintas sektor
Society	Jumlah pelaku dan simpul	± 130 orang; 30 lapak; ± 25 pengelola; ± 15 anggota; 1 unit peternak lele	Ekosistem sosial dan unit usaha terhubung oleh peran yang saling melengkapi
Wellbeing	Pangan lokal; lingkungan kawasan; penghijauan	Skenario ± 3.000 porsi lele dan ± 336 kg cabai/tahun; kasgot untuk penghijauan*	Mendukung akses produk lokal, kenyamanan kawasan, dan fungsi ruang hijau

*Nilai bertanda skenario merupakan hasil perhitungan berbasis asumsi kelayakan karena data realisasi rinci untuk variabel tersebut belum tersedia dalam dataset penelitian. Wellbeing subjektif, seperti kepuasan, kenyamanan, rasa memiliki, dan persepsi manfaat, tidak

dilaporkan sebagai skor karena penelitian ini tidak memiliki dataset IKM atau survei wellbeing yang terdokumentasi.

3.9 Logic Model Hasil Analisis dan Keterlacakan Dampak

Tahap	Temuan Green Maggot	Bukti/indikator analisis
Input	36ton/tahun sampah organik; sarana BSF; pengelola komunitas; jaringan kuliner/peternak/pertanian	kg input per lokasi; jumlah aktor; sarana
Aktivitas	Pemilahan, feeding, panen, penyaluran maggot/kasgot, budidaya lele/cabai, penghijauan, pemasaran	logbook batch; kg output; dokumen distribusi/transaksi
Output	Maggot, kasgot, lele, cabai, layanan penghijauan, produk kuliner	kg produk; transaksi; volume pemanfaatan
Outcome	Rantai nilai organik tertutup; kualitas layanan meningkat; perilaku pemilahan dan pemanfaatan terbentuk	persentase organik terpilah; jumlah off-taker; frekuensi transaksi
Impact	Perbaikan pengelolaan lingkungan, sirkulasi ekonomi lokal, penguatan hubungan antarunit, wellbeing kawasan	WR aktual; nilai ekonomi; IKM; replikasi dan keberlanjutan

3.10 Evaluasi Bukti Kuantitatif Perbaikan Lingkungan

Penelitian mengevaluasi kecukupan bukti kuantitatif perbaikan lingkungan dengan menelaah parameter yang diperlukan untuk neraca massa, yaitu kode lokasi, tanggal, massa input M_0 , kadar air awal KA_0 , massa residu MR , kadar air residu KAR , biomassa maggot ML , lama proses t , dan kondisi substrat. Fresh matter reduction dan dry matter reduction mengacu pada rumus pada Bagian 2.3, sedangkan biomass yield dirumuskan sebagai $ML/M_0 \times 100\%$ dan WRI sebagai WR/t . Hasil telaah menunjukkan bahwa seri data per batch yang mencakup seluruh parameter tersebut belum tersedia secara lengkap untuk seluruh periode penelitian. Oleh karena itu, WR_{FM} , WR_{DM} , biomass yield, dan WRI tidak disajikan sebagai capaian aktual Green Maggot dalam penelitian ini.

Parameter analitis	Satuan	Basis pengukuran	Peran dalam analisis
Massa input (M_0)	kg/batch	Penimbangan sebelum feeding	Basis hasil absolut dan neraca massa
Kadar air input (KA_0)	%	Pengukuran gravimetri/laboratorium	Konversi ke dry matter
Massa residu (MR)	kg/batch	Penimbangan residu akhir	Menghitung waste reduction
Kadar air residu (KAR)	%	Pengukuran gravimetri/laboratorium	Membedakan reduksi material dari kehilangan air

Parameter analitis	Satuan	Basis pengukuran	Peran dalam analisis
Biomassa maggot (ML)	kg/batch	Penimbangan saat panen	Menghitung biomass yield
Waktu proses (t)	hari	Logbook batch	Menghitung Waste Reduction Index
Tujuan pemanfaatan	kg + penerima	Bukti distribusi/transaksi	Menelusuri closed-loop dan nilai ekonomi

Berdasarkan kondisi data tersebut, klaim kuantitatif perbaikan lingkungan dalam penelitian dibatasi pada volume sampah organik yang masuk ke sistem, yaitu sekitar 36ton per tahun. Nilai reduksi 22,32-27,00ton per tahun ditempatkan sebagai benchmark sensitivitas berbasis literatur, sedangkan hubungan closed-loop ditelusuri dari data operasional dan hubungan pemanfaatan antarsimpul yang tersedia.

KETERBATASAN PENELITIAN

Dataset operasional yang dianalisis tersedia dalam bentuk rerata bulanan per lokasi dan belum berupa seri penimbangan per batch untuk seluruh periode. Rasio 5% maggot dan 20% kasgot berasal dari desain internal sehingga dianalisis sebagai dasar proyeksi, bukan realisasi output aktual. Perhitungan lele, cabai, harga, dan gross transaction circulation merupakan base-case kelayakan konservatif yang digunakan untuk membaca mekanisme perputaran nilai dalam sistem, bukan laporan laba, pendapatan aktual, atau hasil panen aktual. Data kepuasan masyarakat dan wellbeing subjektif juga tidak tersedia sebagai skor dalam dataset penelitian. Keterbatasan tersebut tidak mengurangi temuan mengenai arsitektur closed-loop Green Maggot, tetapi membatasi klaim kuantitatif pada indikator yang memiliki basis data operasional.

KESIMPULAN

Green Maggot merupakan eco-inovasi berbasis BSF yang dihasilkan dari kegiatan Community Development dan telah membentuk arsitektur ekonomi sirkular multi-lokasi. Hasil absolut program menunjukkan sekitar 36ton sampah organik per tahun masuk ke proses BSF pada Damarjati, Demangkarta, dan Gemrusik, dengan ekosistem sosial sekitar 130 orang. Kebaruan utama bukan terletak pada BSF sebagai teknologi, melainkan pada closed-loop system yang menghubungkan sampah organik dengan produksi maggot dan kasgot, peternakan lele, budidaya cabai, kegiatan penghijauan, lapak kuliner, pasar, konsumsi, dan aliran sisa organik kembali.

Berdasarkan rasio desain internal, kapasitas 36ton/tahun setara dengan proyeksi 1,8ton maggot dan 7,2ton kasgot. Base-case kelayakan menghasilkan nilai produk primer sekitar Rp30,60 juta/tahun, dengan cash revenue simpul BSF sekitar Rp15,30 juta/tahun. Ketika hubungan hilir lele, kuliner, dan cabai dimasukkan, gross transaction circulation diperkirakan Rp108,36 juta/tahun. Nilai ini menggambarkan perputaran transaksi lintas tahap dan tidak boleh dibaca sebagai laba bersih atau manfaat ekonomi neto.

Pada dimensi Nature, program menunjukkan hasil absolut berupa sekitar 36ton organik per tahun yang masuk ke jalur biokonversi; benchmark literatur 62-75% menghasilkan potensi reduksi teoritis 22,32-27,00ton per tahun, namun tidak diposisikan sebagai reduksi aktual. Pada Economy, hasil analisis menunjukkan terbentuknya nilai produk primer dan perputaran transaksi lintas sektor. Pada Society, tiga kawasan, 30 lapak, sekitar 130 pelaku, satu unit

peternak lele, serta aktivitas budidaya dan penghijauan membentuk jaringan fungsi yang saling terhubung. Pada Wellbeing, sistem berkontribusi pada kebersihan kawasan, penghijauan, dan keterhubungan pasokan pangan lokal melalui lele dan cabai. Dengan keterbatasan dataset per batch dan survei wellbeing, penelitian ini membatasi simpulan kuantitatif pada hasil yang memiliki basis operasional serta memisahkan secara tegas hasil aktual, rasio desain, benchmark literatur, dan skenario kelayakan.

IMPLIKASI PRAKTIS

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlacakan closed-loop Green Maggot sangat bergantung pada konsistensi data material dan transaksi antar-simpul. Variabel yang teridentifikasi paling relevan untuk audit sistem meliputi volume sampah organik masuk, hasil maggot dan kasgot, alokasi pemanfaatan internal dan penjualan, penerima maggot, penggunaan kasgot, produksi lele dan cabai, volume yang terserap lapak kuliner, serta sisa organik yang kembali ke proses BSF. Kelengkapan variabel tersebut menentukan kemampuan analisis untuk memisahkan output, outcome, dan impact sekaligus mengurangi risiko double counting pada perhitungan ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningrum, L., Kastono, D., & Syafriani, E. (2023). Respon pertumbuhan dan hasil pakcoi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.) dengan aplikasi pupuk organik bekas maggot (kasgot). *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 21(2).
- Anugrah, D., & Sulistyani, R. A. (2025). Pengaruh pupuk organik kasgot (bekas maggot) terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Riset dan Inovasi Pendidikan Sains*, 4(1), 26-36. <https://doi.org/10.36085/jrips.v4i1.7956>
- Badan Pusat Statistik. (2025). Statistik Harga Produsen Pertanian Subsektor Peternakan dan Perikanan 2024. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik. (2025). Survei Ekonomi Pertanian 2024: Rata-rata nilai produksi dan biaya produksi per hektar tanaman cabai rawit. Jakarta: BPS.
- Compass Education. (n.d.). The Compass Education Toolkit. <https://compasseducation.org/the-compass-education-toolkit/>
- Diener, S., Studt Solano, N. M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using Black Soldier Fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2, 357-363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Ibadurrohman, K., Gusniani, I., Hartono, D. M., & Suwartha, N. (2020). The potential analysis of food waste management using bioconversion of the organic waste by the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae in the cafeteria of the Faculty of Engineering, Universitas Indonesia. *Evergreen*, 7(1), 61-66. <https://doi.org/10.5109/2740946>
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., & Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211-219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
- Prabowo, D. (2026). Green Maggot: budidaya Black Soldier Fly sebagai solusi pengolahan sampah organik dan penciptaan nilai ekonomi skala UMKM [dokumen teknis program].
- Rachmawati, D., Samidjan, I., & Pinandoyo. (2013). Efektivitas substitusi tepung ikan dengan tepung maggot dalam pakan buatan terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan patin. *Saintek Perikanan*, 9(1), 62-67. <https://doi.org/10.14710/ijfst.9.1.62-67>

- Shodikin, K. A. H. A. H., Rahmawati, P., & Nugroho, A. A. D. (2024). Sustainability Compass pada program Corporate Social Responsibility PT Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap. *Jurnal Ilman: Jurnal Ilmu Manajemen*, 12(2), 9-18.
- Ulya, N. R., & Dewi, M. P. (2022). Analisis profitabilitas budidaya maggot di TPS 3R Barokah Nglanggeran Patuk Gunung Kidul Yogyakarta. *Surya Agritama*, 11(1), 165-178.
- Tanti, L. (2023). Pengaruh substitusi tepung ikan dengan maggot segar dalam formulasi pakan terhadap sintasan dan pertumbuhan lele (*Clarias sp.*) [Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada]. Repository Universitas Gadjah Mada.
- Widodo, W. E., Cholidah, S. N., Isnaeni, A. P., Wibowo, K. T., & Abriandi, E. (2019). Mengukur kepuasan masyarakat pada program CSR di Desa Kertajaya: Sebuah analisis menggunakan metode Sustainability Compass. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat: Media Pemikiran dan Dakwah Pembangunan*, 3(1), 31-54. <https://doi.org/10.14421/jpm.2019.031-02>