

***Smart Circular Farming 4.0: Integrasi Maggot, Ayam Petelur,
Bioflok, dan Hidroponik Berbasis IoT–Solar Cell
untuk Ketahanan Pangan Desa***

***Smart Circular Farming 4.0: IoT-and Solar Cell-Based Integration of Maggot
Farming, Laying Hens, Biofloc Aquaculture, and Hydroponics
for Village Food Security***

**Mastur^{1*}, Catur Nugroho², YB Praharto³, Nuning Artati⁴, Famila Dwi Winati⁵,
Nabila Noor Qisthani⁶, Miftahol Arifin⁶**

¹ Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto,
Purwokerto, Indonesia

² Program Studi Ilmu Komunikasi Universitas Telkom Purwokerto, Purwokerto, Indonesia

³ Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto,
Purwokerto, Indonesia

⁴ Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto,
Purwokerto, Indonesia

⁵ Program Studi Teknik Industri, Universitas Telkom Purwokerto, Purwokerto, Indonesia

⁶ Program Studi Teknik Logistik, Universitas Telkom Purwokerto, Purwokerto, Indonesia

Abstract

Located in a hilly area of Banyumas with high stunting and poverty rates, Windujaya Village faces significant geographical and infrastructural challenges. This community service program implements an integrated farming system based on Appropriate Technology (TTG) and a closed-loop production model. Key innovations include maggot cultivation, biofloc catfish farming, hydroponics, and an IoT-integrated smart chicken coop powered by solar energy. Through training and mentoring, the program successfully improved residents' skills, reduced feed and energy costs, and diversified income sources. The integration of IoT and sustainable farming models proved effective in enhancing food security and fostering adaptive community empowerment in marginalized areas.

Keywords: biofloc, hydroponics, maggot, sensor

Article history:

PUBLISHED BY:

Sarana Ilmu Indonesia (salnesia)

Address:

Jl. Dr. Ratulangi No. 75A, Baju Bodoa, Maros Baru,
Kab. Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia

Email:

info@salnesia.id, jagri@salnesia.id

Phone:

+62 85255155883

Submitted 15 Desember 2025

Revised 22 Desember 2025

Accepted 23 Desember 2025



Abstrak

Terletak di kawasan berbukit Kabupaten Banyumas dengan tingkat kemiskinan ekstrem dan *stunting* yang tinggi, Desa Windujaya menghadapi tantangan geografis serta infrastruktur yang signifikan. Program pengabdian masyarakat ini menerapkan sistem pertanian terpadu berbasis Teknologi Tepat Guna (TTG) dengan model produksi *closed-loop*. Inovasi utama meliputi budidaya maggot, ternak lele bioflok, hidroponik, serta kandang ayam pintar terintegrasi IoT yang bertenaga surya. Melalui pelatihan dan pendampingan, program ini berhasil meningkatkan keterampilan warga, menekan biaya pakan dan energi, serta mendiversifikasi sumber pendapatan. Integrasi IoT dan model pertanian berkelanjutan ini terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan pangan dan mendorong pemberdayaan masyarakat yang adaptif di wilayah marjinal.

Kata Kunci: bioflok, hidroponik, maggot, sensor

*Penulis Korespondensi:

Mastur, email: masturpwt@gmail.com



This is an open access article under the **CC-BY** license

Highlight:

- Sistem *smart circular farming* berbasis maggot, bioflok, hidroponik, dan kandang ayam IoT–*solar cell* meningkatkan efisiensi produksi dan menurunkan biaya pakan mitra hingga 28–40%.
- Penerapan TTG, IoT, dan energi terbarukan meningkatkan kapasitas SDM mitra, dengan mayoritas anggota mampu mengoperasikan teknologi dan pencatatan digital secara mandiri.
- Model *closed-loop system* terbukti meningkatkan diversifikasi produk, pendapatan kelompok, dan ketahanan pangan rumah tangga desa.

PENDAHULUAN

Desa Windujaya merupakan salah satu desa di Kecamatan Kedungbanteng, Kabupaten Banyumas, dengan karakteristik geografi datar hingga berbukit dan ketinggian rata-rata 150–350 mdpl. Kondisi ini tergolong sesuai untuk kegiatan pertanian, peternakan, dan perikanan air tawar (BPS, 2023). Desa ini memiliki luas wilayah sekitar 550 hektare yang didominasi oleh lahan kering, pekarangan rumah tangga, dan sawah tadah hujan, sehingga memberikan peluang besar bagi pengembangan model budidaya terpadu berbasis sumber daya lokal (Kementan, 2022). Desa ini termasuk dalam wilayah prioritas percepatan pengentasan kemiskinan ekstrem, sebagaimana tercantum dalam peta prioritas penanggulangan kemiskinan ekstrem nasional (TNP2K, 2023). Tantangan yang dihadapi desa ini meliputi keterbatasan akses terhadap teknologi modern, rendahnya produktivitas sektor pertanian dan peternakan, serta fluktuasi pendapatan rumah tangga (BPS, 2022).

Secara kelembagaan, desa memiliki dua kelompok mitra yang bernaung di bawah BUMDes, yaitu Kelompok Minadadi dan Kelompok Kemuning. Kelompok Minadadi (Mitra 1), dengan 21 anggota, bergerak di bidang budidaya ikan dan sayuran.

Permasalahan utama mitra ini meliputi belum optimalnya pengelolaan kualitas air dan tingginya biaya pakan komersial, padahal teknologi bioflok dan pakan alternatif berbasis maggot telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi produksi (Kar et al., 2021; Wikurendra dan Herdiani, 2020). Selain itu, limbah air kolam yang kaya nutrisi belum dimanfaatkan optimal untuk sistem hidroponik yang ramah lingkungan. Kelompok Kemuning (Mitra 2), dengan 32 anggota, bergerak dalam bidang peternakan ayam petelur. Tantangan yang dihadapi berkaitan dengan rendahnya efisiensi manajemen kandang, ketergantungan pada tenaga manual, dan keterbatasan teknologi untuk mengatur suhu, pencahayaan, dan pemberian pakan (Chen et al., 2020; D'Angelo dan Chong, 2018).

Penerapan kandang otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) terbukti mampu meningkatkan performa produksi dan kesehatan ternak (Komdigi, 2023; Arifin et al., 2022; Syifa et al., 2024). Untuk menjawab masalah tersebut, diinisiasi pendekatan budidaya terintegrasi yang menggabungkan budidaya maggot, ayam petelur, ikan lele berbasis bioflok, serta hidroponik pekarangan. Model berbasis *closed-loop system* ini memungkinkan pemanfaatan limbah dari satu sektor sebagai input bagi sektor lainnya, sehingga meningkatkan efisiensi, mengurangi limbah, dan memperkuat ketahanan pangan lokal (FAO, 2021).

Penguatan kapasitas dilakukan melalui forum diskusi, *workshop*, serta pendampingan lapangan. Implementasi Teknologi Tepat Guna (TTG) dan IoT diterapkan pada kandang ayam otomatis berbasis energi surya untuk menjamin keberlanjutan operasional di wilayah yang memiliki keterbatasan jaringan listrik (Kar et al., 2021). Selain itu, kegiatan mitra didukung oleh *website* terintegrasi sebagai *platform* pencatatan dan pemasaran produk, guna meningkatkan literasi digital dan akses pasar (Arifin et al., 2025; Junita et al., 2022). Pendekatan teknologi terintegrasi ini diharapkan menjadi model inovatif yang dapat direplikasi pada wilayah pedesaan lain, sekaligus memperkuat ketahanan pangan rumah tangga dan pemberdayaan ekonomi masyarakat secara berkelanjutan (BPS, 2023; FAO, 2021).

Penerapan teknologi dalam program Integrasi Maggot, Ayam Petelur, Bioflok, dan Hidroponik Berbasis IoT diarahkan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan kemandirian pangan masyarakat Desa Windujaya melalui pemanfaatan Teknologi Tepat Guna dan inovasi digital yang relevan dengan konteks pedesaan (Johan et al., 2021; Qisthani et al., 2023). Program ini berfokus pada peningkatan kapasitas produksi sektor budidaya ikan, ayam petelur, dan hortikultura dengan mengadopsi teknologi bioflok, kandang ayam otomatis berbasis IoT, serta sistem hidroponik yang memanfaatkan kembali limbah nutrisi (Nugroho, 2021). Efisiensi biaya operasional dicapai melalui penggunaan maggot sebagai pakan alternatif berprotein tinggi dan pemanfaatan energi surya untuk menopang operasional kandang serta perangkat IoT (Barusman et al., 2023).

Seiring dengan penerapan teknologi tersebut, program ini juga menekankan peningkatan keterampilan dan literasi teknologi masyarakat, khususnya dalam pengoperasian Teknologi Tepat Guna, pengelolaan kandang otomatis, pemantauan kualitas air pada sistem bioflok, serta pemanfaatan platform digital untuk pencatatan produksi dan pemasaran hasil budidaya (Anita, 2022; Sari et al., 2023). Seluruh komponen dirancang dalam satu kesatuan sistem budidaya terintegrasi berbasis *closed-loop system* yang efisien, ramah lingkungan, dan memiliki potensi replikasi di wilayah pedesaan lain dengan karakteristik serupa. Melalui pendekatan ini, program diharapkan mampu memperkuat ketahanan pangan desa sekaligus meningkatkan pendapatan rumah tangga melalui diversifikasi produk budidaya yang berkelanjutan.

Urgensi penerapan teknologi ini didasarkan pada kebutuhan mendesak untuk

mengatasi permasalahan rendahnya produktivitas, tingginya biaya pakan, serta keterbatasan akses masyarakat terhadap teknologi modern. Integrasi IoT, TTG, dan energi terbarukan menjadi solusi strategis untuk menciptakan sistem produksi yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan di desa dengan infrastruktur terbatas (Pratama et al., 2020).

METODE

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini dirancang menggunakan pendekatan partisipatif dan berbasis penerapan teknologi tepat guna (TTG) yang terintegrasi dengan IoT dan energi terbarukan, guna meningkatkan kapasitas produksi, keberdayaan sumber daya manusia, serta tata kelola usaha pada mitra sasaran. Metode pelaksanaan disusun secara bertahap, meliputi perencanaan, implementasi teknologi, pendampingan, dan evaluasi, sebagaimana dirangkum dalam tahapan kegiatan pada Tabel 1 dan kerangka aspek sasaran pada Tabel 2.

Tabel 1. Tahapan metode pelaksanaan program pengabdian

Tahap	Kegiatan Utama	Output yang Dihasilkan
FGD dan identifikasi kebutuhan	FGD, asesmen kebutuhan teknologi, pemetaan masalah mitra	Dokumen kebutuhan mitra, prioritas permasalahan
Pelatihan dan penyampaian materi	<i>Workshop</i> bioflok, maggot, hidroponik, IoT kandang ayam, manajemen usaha.	Peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra.
Penerapan teknologi TTG dan IoT	Instalasi bioflok, kandang otomatis, panel surya, sensor IoT, dan <i>website</i> .	Teknologi berfungsi dan dioperasikan oleh mitra.
Pendampingan manajemen	Penyusunan SOP, pencatatan produksi, pelatihan pemasaran, penguatan struktur kelompok.	Manajemen usaha tertata, alur produksi efisien.
<i>Monitoring</i> dan evaluasi	Evaluasi produksi, biaya pakan, kualitas operasional IoT, survei kompetensi mitra.	Data capaian hasil dan rekomendasi pengembangan.
Strategi keberlanjutan	Operator lokal, integrasi <i>website</i> BUMDes, rencana ekspansi unit TTG.	Program berkelanjutan yang siap direplikasi.

Tabel 2. Aspek mitra yang akan ditingkatkan

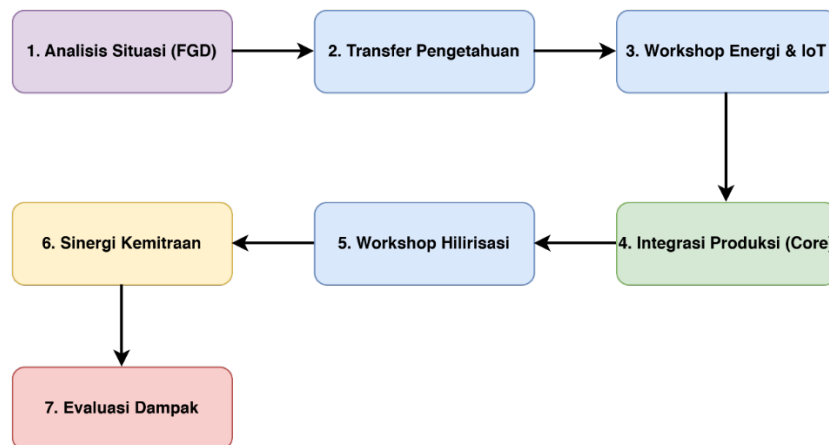
Aspek	Mitra Minadadi (Ikan dan Hidroponik)	Mitra Kemuning (Ayam Petelur)
SDM	Pelatihan bioflok, maggot, hidroponik, sensor air, literasi digital.	Pelatihan kandang IoT, kesehatan ayam, energi surya, <i>digital marketing</i> .
Produksi	Instalasi bioflok, budidaya maggot, hidroponik, integrasi <i>closed-loop system</i> .	Pembangunan kandang otomatis, integrasi maggot, manajemen limbah ayam.

Aspek	Mitra Minadadi (Ikan dan Hidroponik)	Mitra Kemuning (Ayam Petelur)
Manajemen	SOP bioflok-hidroponik, pencatatan digital, pemasaran BUMDes.	SOP kandang IoT, manajemen biaya, pemasaran telur <i>online</i> .

Tahapan pelaksanaan kegiatan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang saling terintegrasi untuk memastikan efektivitas transfer teknologi, peningkatan kapasitas mitra, serta keberlanjutan usaha dalam jangka panjang. Metode yang digunakan dirancang secara partisipatif untuk menjawab permasalahan utama yang dihadapi oleh dua kelompok mitra, yaitu Kelompok Minadadi dan Kelompok Kemuning, yang meliputi rendahnya produktivitas, keterbatasan manajemen usaha, serta minimnya akses terhadap teknologi tepat guna dan digital.

Tahap pertama diawali dengan pelaksanaan Focus Group Discussion (FGD) yang melibatkan pemerintah desa, pengurus BUMDes, perwakilan mitra, narasumber teknis, serta tim pelaksana pengabdian. Kegiatan FGD bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi awal mitra, kebutuhan teknologi, kendala teknis yang dihadapi dalam kegiatan budidaya, serta peluang pengembangan usaha berbasis potensi lokal. Selain itu, FGD juga digunakan sebagai sarana penyamaan persepsi dan penguatan komitmen seluruh pemangku kepentingan terhadap implementasi program. Hasil FGD menjadi dasar dalam perumusan solusi Teknologi Tepat Guna (TTG) dan IoT yang sesuai dengan kondisi sosial, ekonomi, dan sumber daya yang dimiliki mitra. Alur implementasi kegiatan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan penerapan teknologi terintegrasi *smart farming* berbasis IoT dan *solar cell*

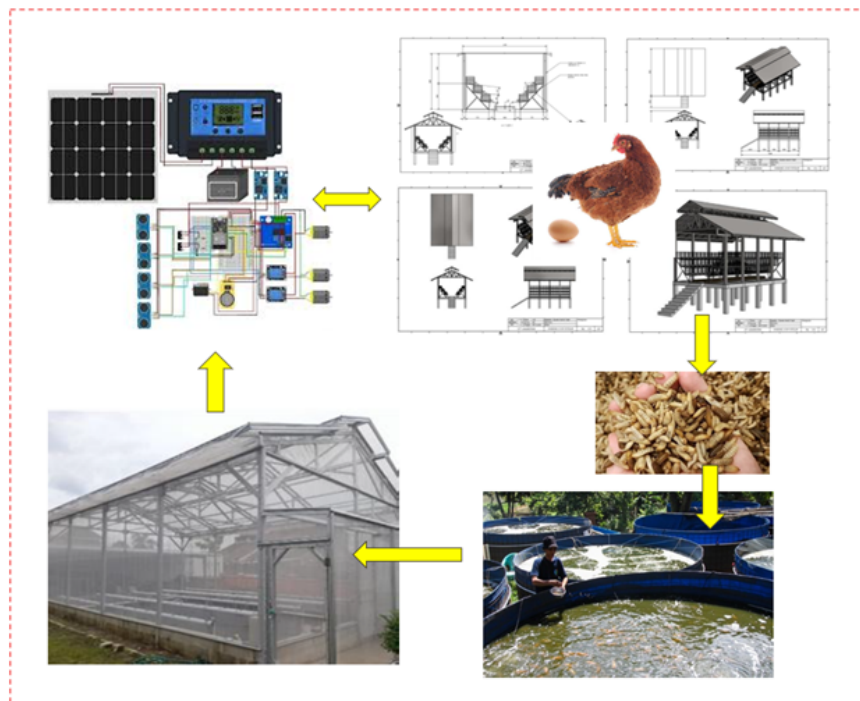
Tahap kedua berupa pelaksanaan pelatihan, *workshop*, dan penyampaian materi teknis. Materi yang diberikan mencakup konsep dan praktik budidaya ikan lele berbasis bioflok, budidaya maggot sebagai pakan alternatif dari limbah organik, sistem hidroponik yang memanfaatkan air limbah kolam ikan, serta penguatan manajemen kandang ayam petelur otomatis berbasis IoT dan energi surya.

Metode pelatihan dilakukan secara *hands-on practice* agar mitra memperoleh pengalaman langsung dalam pengoperasian teknologi, sehingga peningkatan

pengetahuan dan keterampilan dapat dicapai secara optimal. Konfigurasi sistem terintegrasi PanGgoji disajikan pada Gambar 2.

Tahap ketiga adalah penerapan teknologi tepat guna dan IoT secara langsung di lapangan. Kegiatan ini meliputi instalasi kolam bioflok, pembangunan kandang ayam otomatis, pemasangan sensor suhu dan kelembapan, sistem *auto-feeder* dan *auto-drinker*, instalasi panel surya berkapasitas 450 Wp, serta integrasi *website* sebagai sarana pencatatan dan pemasaran produk. Pada tahap ini, mitra dilibatkan secara aktif dalam proses pemasangan, pengujian, dan pengoperasian sistem untuk memperkuat kemampuan teknis dan kemandirian.

Selanjutnya, dilakukan pendampingan berkelanjutan pada aspek manajemen usaha, meliputi penyusunan SOP budidaya, pencatatan biaya dan produksi, penguatan struktur organisasi kelompok, serta optimalisasi alur produksi berbasis *closed-loop system* antara ayam–maggot–ikan–hidroponik guna memastikan keberlanjutan dan replikasi program.



Gambar 2. Penerapan integrasi kandang ayam, maggot, kolam ikan dan hidroponik berbasis IoT dan solar cell

Monitoring dan evaluasi program pengabdian masyarakat dilaksanakan secara berkelanjutan untuk memastikan keberfungsian teknologi, pencapaian target luaran, serta keberlanjutan usaha mitra. Kegiatan *monitoring* mencakup evaluasi teknis operasional sistem IoT yang diterapkan pada kandang ayam otomatis, kolam bioflok, dan sistem pendukung lainnya, termasuk sensor suhu–kelembapan, sistem *auto-feeder*, *auto-drinker*, serta kinerja panel surya sebagai sumber energi utama. Evaluasi teknis dilakukan melalui observasi langsung, pengujian fungsional perangkat, dan pencatatan data operasional harian oleh mitra.

Selain aspek teknis, evaluasi juga difokuskan pada penilaian peningkatan produksi dan efisiensi pakan. Indikator yang diamati meliputi tingkat kelangsungan kehidupan ikan, stabilitas produksi telur ayam, pertumbuhan tanaman hidroponik, serta penurunan

biaya pakan melalui pemanfaatan maggot sebagai pakan alternatif. Hasil *monitoring* menunjukkan bahwa integrasi sistem budidaya berbasis *closed-loop system* memberikan dampak positif terhadap efisiensi produksi dan pengurangan ketergantungan pada input komersial.

Evaluasi kompetensi mitra dilakukan untuk mengukur peningkatan kapasitas sumber daya manusia, meliputi kemampuan pengoperasian teknologi, pemahaman SOP budidaya, serta keterampilan pencatatan produksi dan keuangan secara digital. Penilaian ini menunjukkan bahwa sebagian besar anggota mitra mampu mengelola sistem secara mandiri, yang menjadi indikator penting bagi ketahanan dan kemandirian usaha.

Strategi keberlanjutan program dirancang melalui beberapa pendekatan, antara lain pembentukan operator lokal yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan teknologi dan perawatan fasilitas, pemanfaatan modul pelatihan sebagai panduan operasional jangka panjang, serta integrasi pemasaran digital melalui platform BUMDes. Selain itu, disusun rencana ekspansi unit produksi secara bertahap berbasis keuntungan usaha, sehingga program pengabdian tidak berhenti pada tahap implementasi, tetapi berkembang menjadi model usaha produktif yang berkelanjutan dan dapat direplikasi di wilayah lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi program bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan usaha pangan masyarakat melalui penerapan model usaha terintegrasi berbasis teknologi tepat guna. Ruang lingkup kegiatan mencakup pengembangan sistem budidaya ikan lele berbasis bioflok, budidaya ayam petelur dengan kandang otomatis, produksi sayuran hidroponik, serta budidaya maggot sebagai sumber pakan alternatif. Seluruh unit usaha tersebut dikelola dalam satu lokasi terpadu dengan pendekatan hulu–hilir, sehingga memungkinkan pengendalian proses produksi secara lebih efisien dan terstruktur.

Model PanGgoji dirancang sebagai *closed-loop system*, di mana limbah dan output samping dari satu unit usaha dimanfaatkan kembali sebagai input bagi unit lainnya. Maggot berperan sebagai pengolah limbah organik sekaligus sumber pakan berprotein tinggi untuk ikan dan ayam, sementara residu produksi dimanfaatkan untuk mendukung sistem pertanian hidroponik. Pendekatan ini tidak hanya menekan biaya produksi, tetapi juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan.

Penerapan teknologi tepat guna diperkuat dengan integrasi IoT untuk pemantauan dan pengendalian parameter produksi utama, seperti kualitas air kolam, suhu dan kelembapan kandang, serta kondisi nutrisi tanaman hidroponik. Sistem ini memungkinkan pengelolaan usaha secara *real-time* dan berbasis data. Untuk mendukung keberlanjutan energi, seluruh sistem didukung oleh pemanfaatan energi terbarukan berbasis panel surya, sehingga mengurangi ketergantungan pada sumber listrik konvensional dan menekan biaya operasional.

Focus Group Discussion (FGD) dan penetapan solusi teknologi

Focus Group Discussion (FGD) dilaksanakan sebagai tahap awal untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi mitra sasaran serta menentukan solusi teknologi yang paling sesuai dengan kondisi lokal Desa Windujaya. FGD seperti dalam Gambar 3. melibatkan pengurus mitra Minadadi dan Kemuning, perwakilan pemerintah desa, tim pelaksana, dan tim pendamping. Proses diskusi difokuskan pada evaluasi kondisi usaha sebelum program, kendala teknis dan manajerial, serta kesiapan

mitra dalam mengadopsi teknologi baru.

Hasil FGD menunjukkan bahwa permasalahan prioritas yang disepakati meliputi rendahnya produktivitas usaha akibat sistem budidaya tradisional, tingginya biaya pakan dan energi, keterbatasan keterampilan teknis dan manajerial, serta belum terintegrasinya rantai produksi dari hulu hingga hilir. Selain itu, mitra juga mengidentifikasi lemahnya pencatatan usaha dan akses pasar sebagai faktor penghambat pengembangan usaha secara berkelanjutan.

Berdasarkan kesepakatan FGD, ditetapkan penerapan model PanGgoji berbasis *closed-loop system* sebagai solusi utama. Model ini dipilih karena dinilai mampu menjawab permasalahan produksi, efisiensi biaya, dan keberlanjutan secara simultan. Solusi yang disepakati meliputi penerapan budidaya bioflok, pemanfaatan maggot sebagai pakan alternatif, pengembangan hidroponik, penggunaan kandang ayam otomatis berbasis IoT, serta penerapan SOP dan manajemen usaha sederhana. Kesepakatan hasil FGD tersebut menjadi dasar perancangan kegiatan, implementasi teknologi, dan penyusunan indikator evaluasi yang selanjutnya dibahas pada bagian hasil dan pembahasan berikutnya.



Gambar 3. Kegiatan *focus group discussion* terkait penerapan teknologi pada

Workshop implementasi teknologi

Workshop implementasi teknologi dilaksanakan sebagai tahapan kunci dalam memastikan transfer pengetahuan dan keterampilan kepada mitra sasaran. Kegiatan ini dirancang untuk meningkatkan pemahaman praktis mitra terhadap penerapan teknologi tepat guna dan sistem IoT yang digunakan dalam model PanGgoji. *Workshop* melibatkan seluruh anggota mitra Minadadi dan Kemuning, tim pelaksana, tim pendamping, serta mahasiswa pendukung.

Materi *workshop* difokuskan pada instalasi, pengoperasian, dan pemeliharaan unit produksi utama, meliputi sistem bioflok, kandang ayam otomatis, unit hidroponik, dan budidaya maggot. Peserta memperoleh pelatihan langsung mengenai pengaturan parameter produksi, pemantauan berbasis sensor, serta prosedur operasional standar (SOP) yang telah disusun. Pendekatan praktik langsung (*hands-on*) diterapkan untuk memastikan mitra mampu mengoperasikan sistem secara mandiri setelah kegiatan *workshop* selesai.

Hasil *workshop* menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman dan keterampilan teknis mitra dalam mengadopsi teknologi yang diperkenalkan. Mitra mampu melakukan pemantauan kondisi produksi secara *real-time* melalui perangkat digital serta memahami mekanisme pengendalian berbasis IoT. Aktivitas dan suasana pelaksanaan *workshop* implementasi teknologi ditunjukkan pada Gambar 4, yang

menggambarkan keterlibatan aktif mitra dalam proses pembelajaran dan pendampingan teknis.



Gambar 4. Workshop teknologi yang akan diterapkan pada kedua mitra

Pendampingan difokuskan pada peningkatan kinerja produksi dan efisiensi budidaya. Pada unit bioflok, pendampingan dilakukan untuk mengoptimalkan manajemen kualitas air sehingga tingkat kelangsungan kehidupan ikan lele meningkat hingga mencapai sekitar 90%. Produksi maggot sebagai pakan alternatif distabilkan melalui pengaturan media, siklus panen, dan manajemen pakan, sehingga mampu mendukung efisiensi biaya produksi. Pada sistem hidroponik, mitra dibimbing dalam teknik penanaman dan pengelolaan nutrisi yang bersumber dari limbah air kolam ikan agar pertumbuhan tanaman berlangsung optimal. Sementara itu, pemeliharaan ayam petelur didukung oleh keterlibatan praktisi peternakan dari penyuluh pertanian dan peternakan setempat untuk memastikan penerapan praktik budidaya yang baik.

Selain aspek teknis, mitra mendapatkan pelatihan terkait kalibrasi sensor IoT, penjadwalan pemberian pakan maggot, serta penyesuaian dosis probiotik pada kolam bioflok. Pelatihan manajemen usaha juga diberikan, meliputi digitalisasi pencatatan produksi dan keuangan, penyusunan SOP budidaya, serta strategi pemasaran produk. *website* BUMDes diintegrasikan sebagai media pemasaran, sementara pembentukan tim teknis operator untuk IoT, panel surya, bioflok, dan maggot memperkuat kemandirian mitra. Pelatihan aplikasi TTG, termasuk pembuatan pellet berbahan baku maggot BSF dan pemanfaatan sistem pakan alami pada hidroponik, ditunjukkan pada Gambar 5.





Gambar 5. Pelatihan meliputi pembuatan pellet maggot dan uji coba pellet maggot pada kolam lele dan sistem hidropnik dengan pakan alami dari kotoran pemeliharaan lele

Peningkatan keberdayaan mitra

Pelatihan dan pendampingan intensif yang diberikan kepada mitra Minadadi dan Kemuning memberikan dampak nyata terhadap peningkatan keberdayaan mitra, khususnya pada aspek pengetahuan, keterampilan teknis, dan kemandirian operasional. Pendekatan pelatihan berbasis praktik langsung (*hands-on practice*) memungkinkan mitra tidak hanya memahami konsep teknologi, tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara mandiri dalam kegiatan produksi sehari-hari.

Pada Mitra Minadadi, peningkatan kapasitas terlihat pada pengelolaan sistem bioflok, pemanfaatan probiotik untuk menjaga kualitas air, produksi pakan alternatif berbasis maggot, serta penerapan hidropnik berbasis limbah kolam ikan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sekitar 95% anggota Mitra Minadadi telah mampu mengoperasikan sistem bioflok, budidaya maggot, dan instalasi hidropnik sesuai SOP yang ditetapkan (Tabel 3). Peningkatan kompetensi ini berkontribusi pada berkurangnya kesalahan operasional dan meningkatnya efisiensi produksi.

Sementara itu, pada Mitra Kemuning, peningkatan keberdayaan ditunjukkan oleh kemampuan anggota dalam mengoperasikan kandang ayam petelur otomatis berbasis IoT, termasuk pengendalian suhu dan kelembapan, pengoperasian *auto-feeder* dan *auto-drinker*, serta pemantauan sistem melalui perangkat digital. Sekitar 90% anggota Mitra Kemuning mampu mengoperasikan sistem otomasi dan melakukan perawatan panel surya 450 Wp secara rutin (Tabel 3). Selain itu, pengetahuan mitra terkait kesehatan ternak dan vaksinasi juga mengalami peningkatan.

Secara keseluruhan, capaian peningkatan aspek pengetahuan dan keterampilan pada kedua mitra sebagaimana disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pendekatan pendampingan partisipatif efektif dalam mendorong adopsi teknologi tepat guna, meningkatkan kepercayaan diri mitra, serta memperkuat keberlanjutan usaha berbasis teknologi di tingkat desa.

Tabel 3. Capaian aspek SDM (Sumber Daya Manusia)

Komponen SDM	Capaian Mitra Minadadi (Bioflok–Maggot–Hidropnik)	Capaian Mitra Kemuning (Ayam Petelur–IoT)
Peningkatan pengetahuan	<ul style="list-style-type: none"> 95% anggota memahami bioflok, probiotik, dan manajemen kualitas air. Anggota memahami konsep nutrisi hidropnik berbasis limbah ikan. 	<ul style="list-style-type: none"> 90% anggota memahami cara kerja sensor suhu–kelembapan, blower, dan sistem otomatis. Pengetahuan meningkat terkait kesehatan ayam dan

		vaksinasi.
Peningkatan keterampilan	<ul style="list-style-type: none"> • Anggota mampu membuat, memanen, dan mengeringkan maggot secara mandiri. • Mampu merakit sistem hidroponik dasar dan mengelola nutrisi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anggota mampu mengoperasikan <i>auto-feeder</i>, <i>auto-drinker</i>, dan <i>monitoring</i> IoT. • Mampu merawat panel surya 450 Wp dalam operasi harian.
Literasi digital	<ul style="list-style-type: none"> • Mampu mencatat pertumbuhan ikan, penggunaan pakan, dan panen melalui aplikasi sederhana. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mampu mencatat produksi telur harian secara digital dan mengakses dashboard IoT.
Kelembagaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pembentukan tim teknis bioflok–maggot–hidroponik. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembentukan operator kandang otomatis dan tim pencatat produksi.

Peningkatan produksi dan efisiensi biaya

Pemanfaatan maggot sebagai pakan alternatif memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi biaya dan kinerja produksi pada usaha budidaya mitra. Sebelum implementasi program, biaya pakan merupakan komponen terbesar dalam struktur biaya produksi, dengan proporsi sekitar 60–70% dari total biaya operasional. Ketergantungan pada pakan komersial menyebabkan tingginya biaya produksi dan menurunkan margin keuntungan, terutama pada kondisi fluktuasi harga pakan.

Tabel 4. Capaian aspek produksi

Komponen Produksi	Capaian Mitra Minadadi	Capaian Mitra Kemuning
Efisiensi dan produktivitas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Survival rate</i> ikan meningkat hingga 90–95%. • Waktu panen lebih cepat berkat bioflok. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi telur naik 10–15% pasca penggunaan kandang IoT. • Tingkat stres ayam menurun karena kontrol suhu otomatis.
Efisiensi pakan	<ul style="list-style-type: none"> • Maggot menurunkan biaya pakan 28–40%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pakan tambahan maggot menurunkan biaya pakan komersial.
Pengembangan budidaya	<ul style="list-style-type: none"> • Hidroponik panen dalam 25–30 hari dengan kualitas stabil. • Integrasi <i>closed-loop system</i>, Ayam- hidroponik- maggot- ikan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kandang IoT berjalan optimal: <i>auto-feeder</i>, <i>auto-drinker</i>, sensor, dan blower otomatis.
Lingkungan dan limbah	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah organik berkurang karena dimanfaatkan sebagai media maggot. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kotoran ayam dimanfaatkan sebagai media maggot dan kompos.

Melalui penerapan teknologi budidaya maggot berbasis pemanfaatan limbah organik, mitra mampu memproduksi pakan alternatif secara mandiri dan berkelanjutan. Maggot digunakan sebagai substitusi parsial pakan komersial pada budidaya ikan lele dan ayam petelur tanpa menurunkan performa produksi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa

penggunaan maggot mampu menurunkan biaya pakan sebesar 28–40%, bergantung pada skala produksi dan intensitas substitusi yang diterapkan (Tabel 4).

Pada aspek produksi, penerapan sistem bioflok pada Mitra Minadadi berkontribusi terhadap peningkatan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) ikan hingga 90–95%, serta mempercepat waktu panen dibandingkan sistem konvensional (Tabel 4). Sementara itu, pada Mitra Kemuning, penerapan kandang ayam petelur berbasis IoT menghasilkan peningkatan produksi telur sebesar 10–15% dan penurunan tingkat stres ayam melalui pengendalian suhu dan kelembapan secara otomatis (Tabel 4).

Efisiensi biaya pakan dan peningkatan produktivitas tersebut berdampak langsung pada peningkatan margin keuntungan dan perbaikan arus kas usaha mitra. Selain itu, berkurangnya ketergantungan terhadap pakan komersial meningkatkan ketahanan usaha terhadap fluktuasi harga pasar. Secara keseluruhan, capaian produksi dan efisiensi biaya sebagaimana disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa integrasi budidaya maggot dan penerapan teknologi tepat guna mendukung prinsip ekonomi sirkular serta memperkuat keberlanjutan usaha pangan berbasis masyarakat.

Penguatan manajemen dan kelembagaan kelompok

Pelaksanaan program memberikan dampak signifikan terhadap penguatan manajemen dan kelembagaan kelompok pada Mitra Minadadi dan Mitra Kemuning. Kedua mitra berhasil menyusun dan menerapkan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang mencakup proses produksi, perawatan fasilitas, dan pemasaran. Penyusunan SOP ini meningkatkan keteraturan operasional dan menjadi dasar pengelolaan usaha yang lebih terstandar dan berkelanjutan.

Digitalisasi pencatatan produksi dan keuangan turut meningkatkan transparansi dan akuntabilitas manajemen kelompok. Pada Mitra Minadadi, pencatatan digital mencakup pertumbuhan ikan, dosis probiotik, dan hasil panen, sedangkan pada Mitra Kemuning pencatatan produksi telur dilakukan secara harian menggunakan aplikasi sederhana. Perbandingan capaian aspek pencatatan dan tata kelola pada kedua mitra disajikan pada Tabel 5.

Selain itu, penguatan kelembagaan ditunjukkan melalui pembagian struktur dan tugas yang lebih jelas dalam kelompok. Mitra Minadadi membentuk pembagian tugas teknis untuk unit bioflok, maggot, dan hidroponik, sementara Mitra Kemuning menetapkan operator khusus untuk pengelolaan sistem IoT dan distribusi telur. Penguatan struktur ini meningkatkan efisiensi kerja dan kesinambungan operasional kelompok (Tabel 5).

Pada aspek pemasaran, kedua mitra telah terintegrasi dalam sistem pemasaran digital BUMDes melalui satu platform daring yang menampilkan produk ikan, maggot, sayuran hidroponik, dan telur ayam. Integrasi ini memperluas akses pasar dan meningkatkan keteraturan distribusi produk. Secara keseluruhan, capaian manajemen dan kelembagaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5 mengindikasikan bahwa program tidak hanya meningkatkan kapasitas teknis produksi, tetapi juga memperkuat tata kelola dan keberlanjutan usaha kelompok mitra.

Tabel 5. Capaian aspek manajemen

Komponen Manajemen	Capaian Mitra Minadadi	Capaian Mitra Kemuning
SOP dan tata kelola	SOP bioflok, maggot, dan hidroponik tersusun.	SOP kandang IoT, pakan otomatis, dan kesehatan ayam tersusun.

Pencatatan keuangan dan produksi	Pencatatan produksi digital: pertumbuhan ikan, dosis probiotik, panen.	Pencatatan produksi telur harian dengan aplikasi sederhana.
Penguatan struktur kelompok	Pembagian tugas teknis (bioflok–hidroponik–maggot).	Pembagian tugas operator IoT & pengelola distribusi telur.
Pemasaran dan digitalisasi	Produk ikan, maggot, dan sayuran masuk <i>website</i> BUMDes.	Penjualan telur terintegrasi melalui <i>website</i> BUMDes.
Efisiensi operasional	Produksi lebih terjadwal dan transparan.	Penghematan waktu dan tenaga berkat otomatisasi kandang.

Dampak keberdayaan dan ketahanan pangan

Program ini meningkatkan keberdayaan masyarakat melalui peningkatan pendapatan, ketersediaan pangan segar, dan pemanfaatan limbah rumah tangga sebagai inputs produksi bernilai ekonomi. TTG berhasil diterapkan, sehingga terjadi siklus integratif antara Ayam–Maggot–ikan–sayuran. Selain dampak ekonomi, terjadi peningkatan ketahanan pangan rumah tangga melalui ketersediaan telur, ikan, dan sayur yang berkelanjutan. Peningkatan literasi teknologi, keterampilan teknis, dan kemandirian operasional ini dirangkum pada Tabel 6, sementara proses dan capaian pemberdayaan mitra secara visual ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 6. Perbandingan sebelum dan sesudah pada aspek SDM

Indikator SDM	Sebelum Program	Sesudah Program
Pengetahuan teknologi (Bioflok, Maggot, IoT)	Tidak memahami teknologi; praktik tradisional	85–95% anggota memahami prinsip bioflok, maggot, hidroponik, dan IoT
Keterampilan budidaya	Hanya mengandalkan pengalaman dasar	Mampu mengoperasikan teknologi: sensor IoT, panel surya, probiotik, maggot
Literasi digital	Tidak melakukan pencatatan digital	70–90% anggota mampu mencatat produksi digital
Kemandirian teknis	Ketergantungan pada penyuluh/ahli	Operator teknis terbentuk dan mampu melakukan perawatan alat

Pelatihan penggunaan TTG dilaksanakan melalui metode pendekatan partisipatif yang melibatkan kelompok mitra Minadadi dan mitra Kemuning. Metode ini mencakup pelatihan langsung di lapangan tentang proses kerja dari sistem inovasi PanGgoji agar optimal. Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah program menunjukkan peningkatan efisiensi produksi dan ketahanan sistem usaha terhadap fluktuasi input, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan sebelum dan sesudah pada aspek produksi

Indikator Produksi	Sebelum Program	Sesudah Program
Efisiensi budidaya	Mortalitas ikan tinggi, ayam sering stres karena suhu	<i>Survival rate</i> ikan naik 90–95%, ayam stabil dengan kontrol suhu otomatis
Biaya pakan	Pakan komersial tinggi,	Maggot menekan biaya pakan 28–

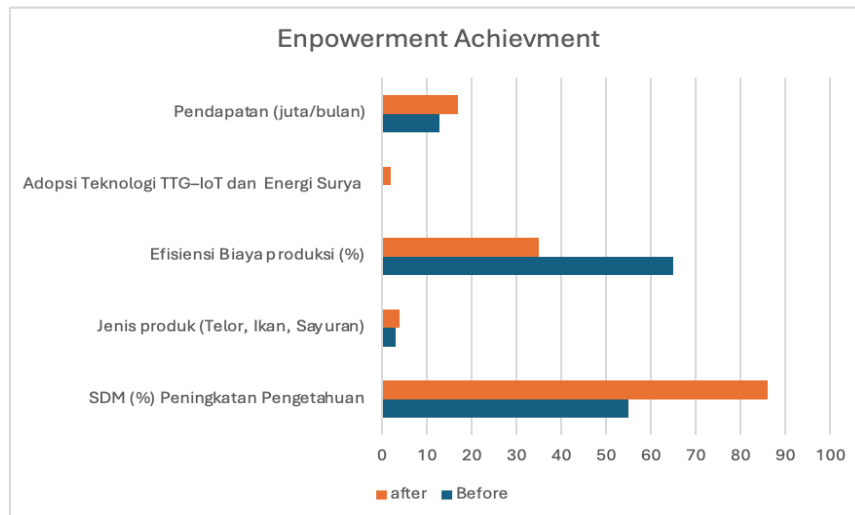
Teknologi yang digunakan	tidak ada alternatif Kolam tradisional, kandang manual, tanpa sensor	40% Bioflok aktif, hidroponik, maggot unit, kandang IoT dengan solar panel
Produksi harian	Telur tidak stabil, ikan sering panen terlambat	Produksi telur meningkat 10–15%, panen ikan lebih cepat dan stabil
Lingkungan dan limbah	Limbah tidak dimanfaatkan, bau tinggi	Limbah ayam menjadi pakan maggot, limbah ikan menjadi pupuk alami hidroponik (sirkular)

Efektivitas penguatan manajemen diukur melalui beberapa indikator kunci yang menunjukkan peningkatan kapasitas organisasi mitra. Pertama, keberadaan dan penerapan SOP budidaya serta operasional teknologi dievaluasi melalui kepatuhan harian anggota. Kedua, kualitas pencatatan produksi dan keuangan dinilai dari ketepatan, konsistensi, dan keteraturan input data digital. Ketiga, efektivitas pembagian tugas diamati melalui kejelasan peran operator bioflok, maggot, hidroponik, dan IoT. Keempat, peningkatan kemampuan pengambilan keputusan dinilai melalui rapat rutin dan tindak lanjut perbaikan. Perubahan ini memperkuat kapasitas pengambilan keputusan berbasis data dan mendukung keberlanjutan usaha pangan berbasis kelompok. Dampak penguatan manajemen dan kelembagaan tersebut ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan sebelum dan sesudah pada aspek manajemen

Indikator Manajemen	Sebelum Program	Sesudah Program
SOP budidaya	Tidak ada SOP tertulis	SOP bioflok, hidroponik, maggot, dan kandang IoT tersusun
Pencatatan keuangan	Manual, tidak rapi	Pencatatan digital teratur (produksi, pakan, panen)
Struktur organisasi	Tugas tidak jelas; kerja individu	Operator sensor, operator bioflok, dan tim produksi terbentuk
Pemasaran	Mengandalkan penjualan lokal tanpa branding	Produk dipasarkan melalui <i>website</i> BUMDes & katalog digital
Efisiensi operasional	Waktu dan tenaga banyak tersita	Waktu kerja lebih efisien dengan otomatisasi kandang

Penguatan manajemen merupakan aspek penting dalam keberlanjutan program. Penerapan SOP membuat proses produksi lebih terstandar dan mengurangi variabilitas hasil. Digitalisasi manajemen meningkatkan transparansi dan akuntabilitas, yang menjadi elemen kunci dalam manajemen usaha kelompok (BPS, 2023), sementara proses dan capaian pemberdayaan mitra secara visual ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pencapaian pemberdayaan

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat berbasis integrasi maggot, ayam petelur, bioflok, hidroponik, IoT, dan energi surya menunjukkan capaian yang signifikan terhadap lima indikator utama pemberdayaan masyarakat: SDM, diversifikasi produk, efisiensi produksi, adopsi teknologi, serta peningkatan pendapatan. Program pelatihan dan pendampingan teknologi tepat guna (TTG) menghasilkan peningkatan kompetensi SDM yang sangat signifikan. Tingkat pengetahuan anggota mitra meningkat dari sekitar 50% sebelum intervensi menjadi hampir 90% setelah program. Peningkatan ini mencakup penguasaan teknik budidaya maggot, manajemen kandang ayam IoT, pengoperasian sistem bioflok, serta pemanfaatan hidroponik berbasis limbah air ikan. Temuan tersebut sejalan dengan data BPS (2022) yang menunjukkan bahwa peningkatan literasi teknologi di pedesaan berkorelasi kuat dengan produktivitas dan efisiensi usaha masyarakat.

Intervensi program berhasil memperluas jenis komoditas yang dihasilkan oleh kedua mitra. Sebelum program, produksi mitra hanya berfokus pada ikan atau ayam, sedangkan setelah intervensi, jumlah produk meningkat hampir dua kali lipat. Jenis produk yang kini dihasilkan mencakup telur ayam, ikan lele bioflok, sayuran hidroponik, serta maggot sebagai pakan alternatif berprotein tinggi. Pendekatan integratif ini konsisten dengan konsep *circular agriculture* yang direkomendasikan oleh FAO (2021), yaitu pengoptimalan limbah untuk menghasilkan nilai ekonomi baru serta memperkuat ketahanan pangan rumah tangga.

Efisiensi biaya produksi meningkat dari sekitar 60% menjadi lebih dari 80% setelah program. Faktor utama peningkatan efisiensi adalah substitusi pakan ikan menggunakan maggot hasil budidaya sendiri, yang menurut Sari *et al.* (2023), mampu mengurangi biaya pakan hingga 30–40%. Selain itu, penerapan teknologi bioflok membantu mempertahankan kualitas air optimal sehingga mengurangi risiko kegagalan budidaya. Efisiensi ini memberikan dampak langsung terhadap penurunan biaya operasional serta peningkatan margin keuntungan mitra.

Adopsi teknologi mengalami lompatan signifikan. Sebelum program tidak terdapat pemanfaatan teknologi modern dalam kegiatan budidaya, namun setelah intervensi terdapat lebih dari 10 unit teknologi yang berfungsi aktif, termasuk kandang ayam cerdas berbasis IoT, sensor suhu–kelembapan, sensor kualitas air bioflok, sistem kontrol otomatis, dan panel surya. Pemanfaatan IoT terbukti meningkatkan kontrol lingkungan dan stabilitas produksi, sebagaimana dijelaskan Kominfo (2023) dalam kajian pemanfaatan IoT untuk sektor pertanian dan peternakan. Selain itu, penggunaan energi

surya memperkuat aspek keberlanjutan dan menurunkan biaya listrik, sesuai rekomendasi ESDM (2022) untuk usaha mikro berbasis energi terbarukan.

Peningkatan pada indikator pendapatan sangat terlihat, dengan kenaikan dari Rp10.000.000 per bulan menjadi hampir Rp15.000.000 per bulan setelah implementasi sistem budidaya terintegrasi. Peningkatan ini diperoleh dari diversifikasi komoditas, efisiensi biaya pakan, serta pemanfaatan teknologi yang menekan biaya produksi. BPS Banyumas (2023) mencatat bahwa integrasi sektor pertanian–peternakan merupakan strategi efektif dalam meningkatkan pendapatan rumah tangga desa prioritas kemiskinan ekstrem. Dengan demikian, program ini tidak hanya meningkatkan pendapatan, tetapi juga memberikan struktur ekonomi yang lebih resilien melalui sistem produksi *closed-loop system*.

KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat ini berhasil meningkatkan kapasitas produksi, kompetensi sumber daya manusia, dan manajemen usaha mitra secara signifikan melalui penerapan sistem budidaya terintegrasi berbasis teknologi tepat guna, *Internet of Things*, dan energi terbarukan. Peningkatan tersebut tercermin pada penguasaan teknis budidaya bioflok, maggot, hidroponik, dan kandang ayam otomatis, peningkatan efisiensi penggunaan pakan dan energi, serta penguatan manajemen usaha melalui penerapan standar operasional prosedur, pencatatan digital, dan pemasaran terintegrasi. Capaian program terbukti secara kuantitatif dan kualitatif, antara lain melalui penurunan biaya pakan sebesar 28–40% akibat pemanfaatan maggot sebagai pakan alternatif, peningkatan *survival rate* budidaya ikan hingga 90–95% dengan sistem bioflok, serta kenaikan produksi telur sebesar 10–15% melalui pengendalian suhu dan kelembapan kandang berbasis IoT. Selain itu, sebagian besar anggota mitra telah mampu mengoperasikan teknologi utama secara mandiri, yang menunjukkan peningkatan kapasitas dan kemandirian teknis. Secara keseluruhan, integrasi teknologi budidaya, otomasi, dan manajemen berbasis digital dalam satu pendekatan *closed-loop system* terbukti mampu meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas hasil usaha. Program ini menegaskan bahwa sinergi antara TTG, IoT, dan energi terbarukan merupakan solusi strategis dalam memperkuat ketahanan pangan desa sekaligus meningkatkan kemandirian ekonomi masyarakat lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DP2M) Kementerian Pendidikan Tinggi, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi Republik Indonesia tahun 2025, atas dukungan pendanaan dan fasilitasi yang memungkinkan keberhasilan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat Skema Kosabangsa dan kepada semua pihak yang aktif berpartisipasi dalam mendukung kelancaran program ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anita, L., 2022. Risk Management Strategy and Pricing Cost of Sales of The Production Process. Safari. Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.56910/safari.v2i1.498>

- Arifin, M., Pratama, A.Y., Hikmaturokhman, A., Utami, G.P., Fauziah, E., 2025. Implementasi Dapur Bersih untuk Meningkatkan Higienitas Produk Gula Semut pada Sentra Produksi Tradisional. *Community Service Engagement Seminar Proceeding* 5(1), 169–174. <https://doi.org/10.25124/cosecant.v5i1.9393>
- Arifin, M., Qisthani, N.N., Winati, F.D., 2022. Green Supply Chain Pengelolaan Sampah: Studi Kasus Penggunaan Maggot BSF dalam Pengolahan Sampah Organik. *Jurnal Informasi Sains dan Teknologi* 5(2), 78-84.
- (BPS) Badan Pusat Statistik., 2023. Kabupaten Banyumas dalam Angka Tahun 2023. Badan Pusat Statistik, Banyumas.
- (BPS) Badan Pusat Statistik., 2022. Statistik Kesejahteraan Rakyat Indonesia 2022. Badan Pusat Statistik RI, Jakarta.
- Barusman, A.R.P., Barusman, T.M., Redaputri, A.P., Hakim, L., Poyo, M.D., 2023. Upgrading Packaging UMKM Produsen Gula Semut di Desa Sendang Baru Lampung Tengah. *Jurnal Pengabdian UMKM* 2(1), 8-14. <https://doi.org/10.36448/jpu.v2i1.26>
- Chen, J.H., Ha, N.T.T., Tai, H.-W., Chang, C.A., 2020. The Willingness to Adopt The Internet of Things (IoT) Conception in Taiwan's Construction Industry. *Journal of Civil Engineering and Management* 26(6), 534–550. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12639>
- D'Angelo, A., Chong, E.K.P., 2018. A Systems Engineering Approach to Incorporating The Internet of Things to Reliability-Risk Modeling for Ranking Conceptual Designs. *American Society of Mechanical Engineers* 13, 1-10. <https://doi.org/10.1115/IMECE2018-86711>
- (FAO) Food and Agriculture Organization., 2021. Circular Agriculture: Reducing Waste through Integrated Farming Systems. Food and Agriculture Organization, Italia.
- Johan, T.I., Fahrizal, A., Jabbar, F.M.A., 2021. Kombinasi Kotoran Ayam dan Kotoran Kerbau yang Difermentasi terhadap Pertumbuhan dan Produksi pada Maggot (*Hermetia illucens*). *Dinamika Pertanian* 37(3), 293-300. <https://journal.uir.ac.id/index.php/dinamikapertanian/article/view/8939>
- Junita, A., Meutia, R., Andiny, P., Wahyuningsih, P., 2022. Standarisasi Produk dan Penetapan Strategi Pemasaran Gula Semut sebagai Upaya Peningkatan Daya Saing Produk di Desa. *Jurnal Buletin Al-Ribaath* 19(1), 49-54. <https://doi.org/10.29406/br.v19i1.3552>
- Kar, S., Kar, A.K., Gupta, M.P., 2021. Industrial Internet of Things and Emerging Digital Technologies-Modeling Professionals' Learning Behavior. *IEEE Access* 9, 30017–30034. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3059407>
- (Komdigi) Kementerian Komunikasi dan Digital., 2023. IoT untuk Modernisasi Pertanian dan Peternakan. Kementerian Komunikasi dan Digital RI, Jakarta.
- (Kementan) Kementerian Pertanian., 2022. Statistik Pertanian Indonesia 2022. Kementerian Pertanian RI, Jakarta.
- Nugroho, C., 2021. Pelatihan Literasi Digital dan Produksi Konten Positif untuk Remaja Masjid Ba'abussalam, Taman Cibaduyut Indah, Kabupaten Bandung. *Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat dan Corporate Sosial Responsibility* 4, 136-142. <https://doi.org/10.37695/pkmcscr.v4i0.1105>
- Pratama, A.K.Y., Wisdaningrum, O., Nugrahani, M.P., 2020. Pendampingan dan Penerapan Teknologi untuk Peningkatan Produktivitas Usaha Mikro Gula Semut. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 4(2), 275-284. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v4i2.3490>
- Qisthani, N.N., Arifin, M., Faizah, F., 2023. Pengembangan Sistem Biokonversi Ampas

- Tahu menjadi Maggot sebagai Solusi Pengelolaan Limbah Berkelanjutan di Desa Kalisari. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 4(3), 435-446. <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v4i3.1372>
- Sari, W.P., Sholihah, Z., Masali, F., 2023. Digital Branding UMKM melalui Komunikasi Visual. *Jurnal Media Pengabdian Kepada Masyarakat* 8(2), 129-134. <https://doi.org/10.26740/abdi.v8i2.15923>
- Syifa, F.T., Hikmaturokhman, A., Qisthani, N.N., Fitriana, G.F., Arifin, M., 2024. Implementation of Sensor Node and ESP8266-Based Network in Black Soldier Fly (BSF) Cultivation to Support Circular Economy. *IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Mechatronics Systems*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/AIMS61812.2024.10513124>
- (TNP2K) Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan., 2023. Peta Prioritas Pengentasan Kemiskinan Ekstrem 2023. Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan, Jakarta.
- Wikurendra, E.A., Herdiani, N., 2020. Utilization of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) As A Problem Solve of Organic Waste. *Human Care Journal* 5(4), 966-972.