

NASKAH ORISINAL

Penguatan Ketahanan Pangan Berbasis Ekonomi Sirkular Pengelola TPS3R Desa Kalanganyar Melalui Sistem Budidaya Dan Pemasaran Ikan Nila Serta Budidaya Maggot

Riva Rizkiana Ramadhani¹ | Gusfatul Mukhairiq^{2,*} | Luna Arafatul Nikmah² | Raditia Damar Prasetyo³ | Steven Alvin Christian⁴ | Jeremy Mattahias Mboe⁵ | Mochammad Henry Alifian⁵ | Ahmad Naufal Farras⁵ | Hakan Maulana Yazid Zidane⁷ | Muhammad Raihan Akbar³ | Satrio Adji Purwito⁶

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

²Program Studi Teknologi Kedokteran, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

³Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁴Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁵Departemen Rekayasa Kecerdasan Artificial, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁶Departemen Teknologi Rekayasa Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*Gusfatul Mukhairiq, Program Studi Teknologi Kedokteran, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
Alamat e-mail: gusfatul.mukhairiq@its.ac.id

Alamat

Program Studi Teknologi Kedokteran,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya, Indonesia.

Abstrak

TPS3R Desa Kalanganyar memiliki potensi dalam pengelolaan sampah dan budidaya ikan nila, namun kapasitas budidaya, tingginya biaya pakan, serta keterbatasan pemasaran menyebabkan potensi ekonomi belum dimanfaatkan secara optimal. Program pengabdian ini bertujuan meningkatkan ketahanan pangan melalui penerapan model pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular. Kegiatan dilaksanakan melalui pengembangan infrastruktur budidaya ikan dan maggot, implementasi teknologi digital, serta pelatihan dan pendampingan masyarakat. Hasil program meliputi pembangunan dua unit kolam budidaya ikan nila sistem *bioflok*, satu unit rak budidaya maggot modular, sistem *monitoring* kualitas air, platform pemasaran digital, dan pusat pembelajaran akuakultur. Pelatihan kepada 15 pengelola TPS3R meningkatkan pengetahuan peserta sebesar 58,5% dengan tingkat kepuasan 87,5%. Analisis menunjukkan potensi pendapatan budidaya mencapai Rp4.320.000 per siklus, sedangkan budidaya maggot mampu mensubstitusi sekitar 4,3% kebutuhan pakan komersial. Program ini menunjukkan bahwa penerapan ekonomi sirkular yang didukung teknologi digital mampu meningkatkan kapasitas budidaya dan memperkuat ketahanan pangan masyarakat.

Kata Kunci:

Ekonomi Sirkular, Ketahanan Pangan, Budidaya Ikan Nila, Maggot, TPS3R.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Ketahanan pangan merupakan salah satu aspek penting dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan karena tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan pangan, tetapi juga kemampuan masyarakat dalam memproduksi, mengakses, dan mengelola sumber daya pangan secara mandiri^[1]. Dalam konteks pemberdayaan masyarakat, penguatan ketahanan pangan perlu didukung oleh pemanfaatan potensi lokal yang mampu meningkatkan nilai tambah ekonomi sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan^[2]. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah penerapan konsep ekonomi sirkular melalui optimalisasi pemanfaatan limbah sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali dalam suatu sistem produksi yang berkelanjutan.

Desa Kalanganyar di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur merupakan desa pesisir yang produktif di sektor perikanan dan pengolahan hasil tambak serta memiliki Tempat Pengolahan Sampah *Reduce-Reuse-Recycle* (TPS3R) yang dikelola secara mandiri oleh kelompok masyarakat^[3]. TPS3R Desa Kalanganyar telah mengembangkan sistem pengelolaan sampah terpadu yang mencakup pemilahan sampah anorganik serta pengolahan sampah organik menjadi produk yang bernilai ekonomi. Sebagai bentuk diversifikasi usaha, TPS3R juga telah mengembangkan fasilitas budidaya ikan nila menggunakan sistem *bioflok* sebagai salah satu sumber pendapatan alternatif bagi para pengelolanya^[3]. Meskipun telah memiliki infrastruktur dan potensi sumber daya yang memadai, pemanfaatan fasilitas budidaya tersebut belum memberikan manfaat ekonomi yang optimal^[3].

Berdasarkan hasil survei lapangan, pendapatan utama pengelola TPS3R masih bergantung pada iuran masyarakat dan hasil penjualan sampah yang bersifat fluktuatif. Di sisi lain, kapasitas budidaya ikan yang masih terbatas menyebabkan volume produksi belum mampu memberikan keuntungan yang optimal. Biaya operasional budidaya juga masih didominasi oleh penggunaan pakan komersial, sementara kemampuan masyarakat dalam pengelolaan budidaya dan pemasaran hasil panen masih relatif terbatas. Hasil identifikasi awal menunjukkan bahwa kegiatan budidaya masih mengalami kerugian operasional sekitar Rp250.000 per siklus.

Selain itu, TPS3R Desa Kalanganyar memiliki potensi sampah organik sekitar 7 ton per bulan yang sebagian telah dimanfaatkan menjadi kompos, biogas, dan budidaya maggot, namun pemanfaatannya sebagai pakan alternatif dalam budidaya ikan masih belum optimal. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa biaya pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam budidaya ikan dari total biaya produksi, sehingga pemanfaatan sumber pakan alternatif seperti maggot *Black Soldier Fly* (BSF) berpotensi meningkatkan efisiensi usaha sekaligus mengurangi beban limbah organik^[4]. Masyarakat membutuhkan sistem yang mampu mengintegrasikan pengelolaan sampah organik, budidaya ikan, peningkatan kapasitas masyarakat, serta penguatan akses pasar. Oleh karena itu, diperlukan suatu model pemberdayaan yang meningkatkan kapasitas produksi, tetapi juga membangun ekosistem ekonomi sirkular yang mampu menghasilkan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan secara berkelanjutan.

Sebagai upaya menjawab permasalahan tersebut, Program Innovillage Telkomsel menginisiasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui penerapan model pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular pada TPS3R Desa Kalanganyar. Program dilaksanakan melalui penambahan dua unit kolam budidaya ikan nila untuk meningkatkan kapasitas produksi, penyediaan rak budidaya maggot modular sebagai pemanfaatan sampah organik menjadi pakan alternatif ikan, pelatihan budidaya dan penyusunan standar operasional prosedur (SOP), serta pendampingan pemasaran digital sebagai langkah awal membangun ekosistem pemasaran yang lebih luas dan berkelanjutan. Pendekatan ini diharapkan mampu memperkuat ketahanan pangan masyarakat sekaligus meningkatkan kemandirian ekonomi pengelola TPS3R melalui pemanfaatan sumber daya lokal secara optimal.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan pengelola TPS3R Desa Kalanganyar, serta diskusi bersama mitra, teridentifikasi beberapa permasalahan yang menghambat optimalisasi pengembangan ketahanan pangan berbasis masyarakat. Permasalahan tersebut meliputi keterbatasan kapasitas budidaya ikan akibat jumlah kolam yang belum memadai, tingginya biaya operasional karena masih bergantung pada pakan komersial, belum optimalnya pemanfaatan sampah organik sebagai sumber pakan alternatif, keterbatasan pengetahuan masyarakat dalam pengelolaan budidaya, serta masih terbatasnya akses pemasaran hasil panen ikan nila. Kondisi tersebut menyebabkan potensi ekonomi yang dimiliki TPS3R belum dapat dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, program pengabdian menerapkan model pemberdayaan masyarakat berbasis ekonomi sirkular yang mengintegrasikan peningkatan kapasitas budidaya ikan, pengembangan budidaya maggot sebagai pakan alternatif, peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan dan pendampingan, serta penguatan pemasaran melalui pemanfaatan media digital. Pendekatan ini diharapkan mampu membangun sistem budidaya yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan sehingga dapat mendukung ketahanan pangan sekaligus meningkatkan kemandirian ekonomi pengelola TPS3R. Ringkasan identifikasi permasalahan, dampak, kondisi yang diharapkan, dan solusi program disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Identifikasi Permasalahan, Kondisi yang Diharapkan, dan Solusi Program Pengabdian pada TPS3R Desa Kalanganyar

Aspek	Akar Masalah	Dampak	Kondisi yang Diharapkan	Solusi
Kapasitas Budidaya Ikan	Kapasitas budidaya ikan nila masih terbatas karena jumlah kolam yang tersedia belum mampu mendukung peningkatan skala produksi.	Volume produksi ikan setiap siklus masih rendah sehingga keuntungan budidaya belum optimal.	Kapasitas produksi meningkat sehingga hasil panen dan potensi pendapatan pengelola TPS3R bertambah.	Penambahan unit kolam budidaya ikan nila sebagai perluasan kapasitas produksi.
Pemanfaatan Sampah Organik	Potensi sampah organik sekitar 7 ton/bulan belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber daya pendukung budidaya ikan.	Nilai tambah sampah organik masih rendah dan ketergantungan terhadap pakan komersial masih tinggi.	Terbentuk sistem ekonomi sirkular yang mampu mengonversi sampah organik menjadi pakan alternatif ikan.	Penyediaan rak budidaya maggot modular, pemanfaatan sampah organik sebagai media budidaya maggot, serta pelatihan budidaya maggot.
Kapasitas SDM	Pengelola TPS3R masih memiliki keterbatasan pengetahuan dan keterampilan dalam budidaya ikan, budidaya maggot, dan manajemen operasional.	Pengelolaan budidaya belum optimal serta keberlanjutan program berisiko rendah.	Pengelola mampu mengoperasikan, memelihara, dan mengembangkan sistem budidaya secara mandiri.	Pelatihan teknis, penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP), dan pendampingan operasional.
Pemasaran Hasil Budidaya	Pemasaran hasil panen ikan nila masih dilakukan secara konvensional dengan jangkauan pasar yang terbatas.	Nilai ekonomi hasil budidaya belum maksimal dan peluang peningkatan pendapatan belum dimanfaatkan secara optimal.	Terbukanya akses pasar yang lebih luas melalui pemanfaatan media digital dan peningkatan kemampuan pemasaran masyarakat.	Pelatihan pemasaran digital serta pendampingan penyusunan strategi promosi sebagai bagian dari pengembangan ekosistem digital Program Inovillage Telkom-sel.

1.3 | Target Luaran

Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menghasilkan luaran yang memberikan manfaat secara langsung bagi pengelola TPS3R Desa Kalanganyar sekaligus mendukung keberlanjutan program. Luaran yang diharapkan tidak hanya berupa peningkatan kapasitas infrastruktur budidaya, tetapi juga peningkatan kemampuan masyarakat dalam mengelola sistem budidaya ikan nila dan maggot berbasis ekonomi sirkular. Melalui kegiatan pelatihan, pendampingan, serta penyusunan standar operasional prosedur (SOP), mitra diharapkan mampu mengoperasikan, memelihara, dan mengembangkan sistem budidaya secara mandiri sehingga keberlanjutan program tetap terjaga setelah kegiatan pengabdian selesai.

Adapun target luaran yang diharapkan dari pelaksanaan program pengabdian ini meliputi:

1. Peningkatan kapasitas budidaya ikan nila melalui penambahan dua unit kolam budidaya sehingga mampu meningkatkan kapasitas produksi dan potensi hasil panen.
2. Optimalisasi pemanfaatan sampah organik melalui pengembangan budidaya maggot menggunakan rak modular sebagai sumber pakan alternatif yang mendukung penerapan ekonomi sirkular.
3. Peningkatan kapasitas sumber daya manusia (SDM) melalui pelatihan budidaya ikan nila, budidaya maggot, manajemen operasional, dan pendampingan teknis sehingga pengelola mampu mengoperasikan sistem secara mandiri.
4. Tersusunnya Standar Operasional Prosedur (SOP) sebagai pedoman pelaksanaan budidaya ikan nila dan budidaya maggot untuk mendukung keberlanjutan operasional.
5. Peningkatan kemampuan pemasaran hasil budidaya melalui pelatihan pemasaran digital dan pendampingan strategi promosi sebagai langkah awal memperluas akses pasar.
6. Terbentuknya model pemberdayaan masyarakat berbasis ekonomi sirkular yang mengintegrasikan pengelolaan sampah organik, budidaya maggot, budidaya ikan nila, serta penguatan kapasitas masyarakat sehingga dapat direplikasi pada TPS3R atau kelompok masyarakat lain dengan karakteristik serupa.
7. Publikasi hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk artikel ilmiah pada jurnal pengabdian sebagai media diseminasi model pemberdayaan dan praktik baik yang telah diterapkan.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Sistem Budidaya Ikan Nila Berbasis Bioflok

Perikanan budidaya merupakan sektor penting dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat^[5]. Sistem *bioflok* merupakan salah satu inovasi dalam budidaya ikan yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengonversi limbah organik dan senyawa nitrogen menjadi flok yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber nutrisi bagi ikan^[6]. Teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, memperbaiki kualitas lingkungan budidaya, serta meningkatkan produktivitas melalui kepadatan tebar yang lebih tinggi dibandingkan sistem budidaya konvensional. Oleh karena itu, *bioflok* banyak diterapkan pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) karena mampu mendukung pertumbuhan ikan sekaligus menekan biaya operasional akibat berkurangnya frekuensi pergantian air dan meningkatnya efisiensi pakan^[7].

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, keberhasilan sistem *bioflok* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kualitas air, aerasi, kepadatan tebar, serta kemampuan pembudidaya dalam mengelola sistem secara berkelanjutan^[8]. Oleh karena itu, penyediaan infrastruktur budidaya perlu diikuti dengan peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan dan pendampingan agar dapat dimanfaatkan secara optimal. Pada program pengabdian ini, sistem *bioflok* dimanfaatkan sebagai media budidaya ikan nila sehingga diharapkan mampu meningkatkan volume produksi dan potensi pendapatan masyarakat.

2.2 | Budidaya Maggot dan Ekonomi Sirkular

Program pemberdayaan masyarakat yang mengintegrasikan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, penyediaan sarana produksi, serta pendampingan berkelanjutan terbukti mampu meningkatkan kemandirian masyarakat dalam mengelola sistem

pangan lokal^[9, 10]. Pendekatan tersebut tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga memperkuat aspek sosial, ekonomi, dan kelembagaan sehingga mampu mendukung ketahanan pangan secara berkelanjutan.

Ekonomi sirkular merupakan konsep pengelolaan sumber daya yang menekankan pemanfaatan kembali material dan limbah sehingga mampu meminimalkan residu sekaligus menciptakan produk berdaya guna^[11]. Penerapan budidaya maggot tidak hanya mampu mengurangi volume sampah organik, tetapi juga memberikan nilai tambah ekonomi melalui pengurangan biaya pakan yang merupakan komponen terbesar dalam kegiatan budidaya ikan^[4]. Selain menghasilkan maggot sebagai sumber protein, residu budidaya (*frass*) juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik sehingga membentuk siklus pemanfaatan sumber daya yang lebih berkelanjutan. Integrasi budidaya maggot dengan budidaya ikan merupakan implementasi ekonomi sirkular yang mampu meningkatkan efisiensi produksi sekaligus memperkuat ketahanan pangan berbasis masyarakat^[12].

2.3 | Teknologi Digital Dalam Budidaya & Pemasaran Ikan

Transformasi digital pada sektor perikanan menjadi salah satu strategi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan budidaya dan memperkuat daya saing produk perikanan^[13]. Pemanfaatan teknologi digital tidak hanya terbatas pada sistem pemantauan kualitas air, tetapi juga mencakup pencatatan data budidaya, penyusunan standar operasional, penyediaan media pembelajaran, hingga pengembangan pemasaran digital. Integrasi teknologi digital memungkinkan proses budidaya dilakukan secara lebih terukur sehingga pengambilan keputusan dapat didasarkan pada data yang tersedia^[14].

Pada aspek pemasaran, teknologi digital berperan dalam memperluas akses pasar melalui media sosial, *marketplace*, dan platform digital lainnya sehingga mampu meningkatkan jangkauan konsumen serta nilai ekonomi hasil budidaya. Oleh karena itu, penerapan teknologi digital dalam program pemberdayaan masyarakat tidak hanya diarahkan pada peningkatan produktivitas, tetapi juga sebagai sarana peningkatan kapasitas masyarakat dalam mengelola usaha budidaya secara lebih efektif dan berkelanjutan. Dalam program ini, teknologi digital diterapkan sebagai pendukung kegiatan budidaya dan pemasaran sehingga mampu memperkuat keberlanjutan model pemberdayaan TPS3R.

3 | METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Tempat Pengolahan Sampah *Reduce-Reuse-Recycle* (TPS3R) Desa Kalanganyar, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Sasaran kegiatan adalah kelompok pengelola TPS3R yang memiliki unit pengelolaan sampah terpadu serta budidaya ikan nila sebagai salah satu sumber pendapatan alternatif masyarakat. Metode pelaksanaan kegiatan dirancang secara bertahap mulai dari identifikasi permasalahan mitra, penyusunan solusi, implementasi program, hingga *monitoring* dan evaluasi untuk memastikan keberlanjutan program. Diagram alir pelaksanaan kegiatan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir pelaksanaan kegiatan pemberdayaan TPS3R

Berdasarkan Gambar 1, kegiatan diawali dengan observasi lapangan dan wawancara bersama pengelola TPS3R untuk mengidentifikasi kondisi eksisting, potensi, serta permasalahan yang dihadapi. Hasil identifikasi menjadi dasar dalam penyusunan strategi pemberdayaan melalui penambahan dua unit kolam budidaya ikan nila, pembangunan rak budidaya maggot modular, implementasi teknologi pendukung budidaya, serta penyusunan standar operasional prosedur (SOP) yang disesuaikan dengan kebutuhan mitra.

Untuk mengevaluasi efektivitas program, dilakukan *pre-test* dan *post-test* kepada 15 peserta pelatihan yang terdiri atas pengelola TPS3R dan masyarakat mitra. Instrumen *pre-test* dan *post-test* disusun dalam bentuk soal yang mengukur pemahaman peserta mengenai budidaya ikan nila sistem *bioflok*, budidaya maggot, pengelolaan kualitas air, dan pemasaran digital. Peningkatan pengetahuan dianalisis berdasarkan perbandingan nilai rata-rata *pre-test* dan *post-test*. Selain itu, tingkat kepuasan

mitra dievaluasi menggunakan kuesioner dengan skala Likert 1–5, yang mencakup indikator kesesuaian materi pelatihan, kemampuan penerapan teknologi, manfaat program terhadap kegiatan budidaya, kualitas pendampingan, serta potensi keberlanjutan program. Hasil penilaian kemudian dianalisis secara deskriptif dalam bentuk persentase tingkat kepuasan peserta.

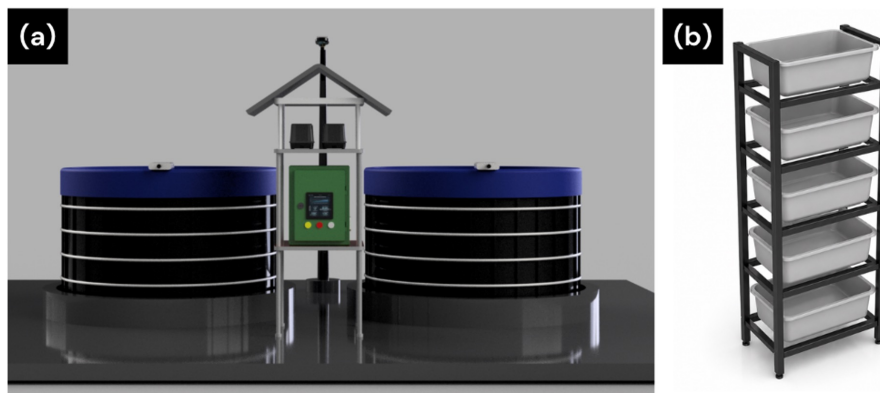
Tahap selanjutnya meliputi pelatihan dan pendampingan mengenai budidaya ikan nila, budidaya maggot, serta pemasaran digital untuk meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengelola sistem secara mandiri. Pada akhir kegiatan dilakukan *monitoring* dan evaluasi terhadap pelaksanaan program untuk menilai peningkatan kapasitas mitra, optimalisasi pemanfaatan sampah organik, perkembangan budidaya ikan, serta keberlanjutan model pemberdayaan masyarakat berbasis ekonomi sirkular yang telah diterapkan.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Pengembangan Infrastruktur Kolam Budidaya Ikan dan Rak Budidaya Maggot

Proses pengembangan infrastruktur kolam budidaya ikan dan rak budidaya maggot diawali dengan tahap perancangan menggunakan perangkat lunak Fusion 360. Desain tiga dimensi (3D) dilakukan untuk memastikan dimensi, kapasitas, dan kemudahan implementasi sesuai dengan kebutuhan mitra. Infrastruktur kolam budidaya ikan yang dikembangkan untuk TPS3R (Gambar 2(a)) memiliki diameter 1,5 m dengan tinggi 1,0 m, sehingga mampu menampung sekitar 250 ekor bibit ikan nila hingga masa panen pada kondisi budidaya yang optimal. Penambahan dua unit kolam ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas produksi serta potensi hasil panen ikan nila di TPS3R.

Selain itu, dikembangkan rak budidaya maggot modular yang dirancang menggunakan material sederhana sehingga mudah dibuat, ekonomis, dan dapat direplikasi secara mandiri oleh masyarakat. Rak budidaya tersebut (Gambar 2(b)) memiliki tinggi total 1,25 m, lebar 0,525 m, kedalaman 0,35 m, serta jarak antar tingkat sebesar 0,25 m. Desain modular ini memungkinkan peningkatan kapasitas budidaya maggot secara bertahap sesuai kebutuhan mitra, sekaligus mendukung pemanfaatan sampah organik sebagai sumber pakan alternatif dalam sistem budidaya ikan berbasis ekonomi sirkular.



Gambar 2 Desain infrastruktur: (a) Kolam budidaya ikan; (b) Rak budidaya maggot

Hasil perancangan kemudian direalisasikan melalui pembangunan infrastruktur budidaya di TPS3R Desa Kalanganyar sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Tahap implementasi diawali dengan pembangunan pondasi dan perataan lahan sebagai dasar penempatan kolam budidaya ikan. Selanjutnya dilakukan pemasangan rangka kolam *bioflok*, pemasangan terpal, serta instalasi sistem aerasi untuk menjaga kualitas air selama proses budidaya. Pada waktu yang sama, rak budidaya maggot modular dirakit dan ditempatkan pada area yang berdekatan dengan fasilitas pengolahan sampah organik sehingga memudahkan proses pemberian media budidaya dan pemanenan maggot. Spesifikasi teknis infrastruktur yang dikembangkan pada program pengabdian ini disajikan pada Tabel 2.



Gambar 3 Realisasi infrastruktur: (a) Kolam budidaya ikan; (b) Rak budidaya maggot

Tabel 2 Spesifikasi Infrastruktur Kolam Budidaya Ikan dan Rak Budidaya Maggot

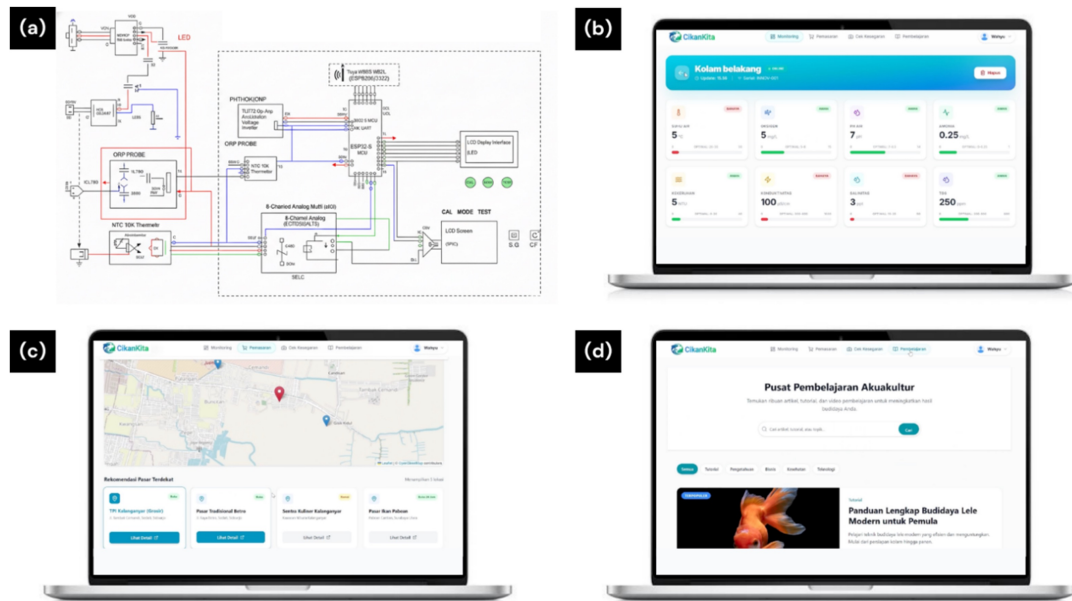
Infrastruktur	Parameter	Spesifikasi
Kolam Budidaya Ikan	Jumlah	2 unit
	Sistem budidaya	<i>Bioflok</i>
	Diameter kolam	1,5 m
	Tinggi kolam	1,0 m
	Kapasitas besar	±250 bibit ikan nila/kolam
Rak budidaya maggot	Jumlah	1 unit
	Tinggi rak	1,25 m
	Lebar rak	0,525 m
	Kedalaman rak	0,35 m
	Jarak antar tingkat	0,25 m
	Input bayi larva BSF per box	3 gr
	Output larva BSF per box	4 kg
	Output larva BSF per unit	20 kg

4.2 | Pengembangan Teknologi Pendukung Budidaya dan Pemasaran Ikan

Selain pengembangan infrastruktur budidaya, program pengabdian juga mengembangkan teknologi pendukung untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan budidaya ikan nila di TPS3R Desa Kalanganyar. Teknologi yang diterapkan meliputi sistem *monitoring* kualitas air yang mampu mengamati beberapa parameter penting, seperti pH, suhu, *Total Dissolved Solids* (TDS), *Oxidation Reduction Potential* (ORP), salinitas, dan *specific gravity*. Informasi tersebut digunakan sebagai acuan bagi pengelola dalam menjaga kondisi kolam agar tetap optimal selama proses budidaya sehingga risiko penurunan kualitas air dapat diminimalkan.

Desain teknologi pendukung budidaya ditunjukkan pada Gambar 4 yang meliputi rancangan sistem *monitoring* kualitas air berbasis ESP32 (Gambar 4(a)), *dashboard monitoring* parameter kualitas air secara *real-time* (Gambar 4(b)), fitur pemasaran digital untuk memperluas akses pasar hasil panen (Gambar 4(c)), serta pusat pembelajaran akuakultur sebagai media edukasi bagi pengelola (Gambar 4(d)). Integrasi teknologi tersebut diharapkan mampu mendukung pengelolaan budidaya yang lebih efektif, meningkatkan kapasitas masyarakat, serta memperkuat keberlanjutan usaha budidaya ikan.

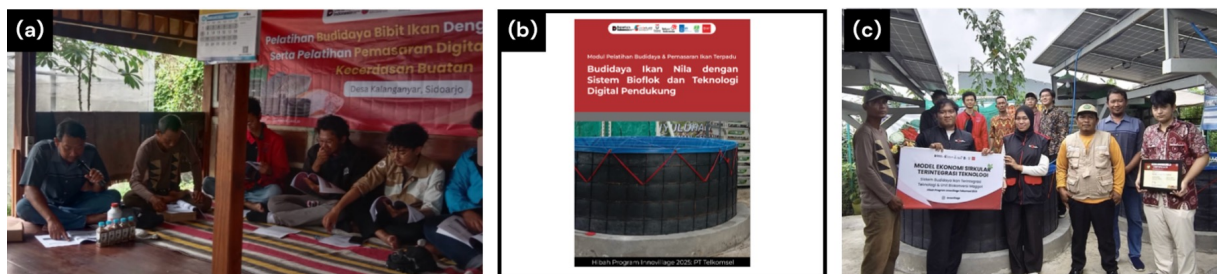
Selain mendukung proses budidaya, program ini juga memperkenalkan teknologi digital sebagai sarana pembelajaran dan pemasaran hasil budidaya ikan. Pengelola memperoleh pendampingan mengenai pemanfaatan media digital untuk promosi produk, penyampaian informasi kepada calon konsumen, serta perluasan akses pasar. Pengembangan teknologi ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efektivitas pengelolaan budidaya, tetapi juga memperkuat daya saing hasil panen ikan nila melalui penerapan pemasaran digital yang lebih adaptif dan berkelanjutan.



Gambar 4 Teknologi pendukung budidaya dan pemasaran ikan (a) Diagram skematik integrasi sensor pendukung pemantauan kualitas air; (b) *Interface dashboard monitoring* budidaya ikan; (c) *Interface* pemasaran digital berbasis lokasi; (d) Pusat pembelajaran akuakultur berbasis *web*

4.3 | Peningkatan Kapasitas Masyarakat

Peningkatan kapasitas masyarakat dilakukan melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan kepada 15 anggota masyarakat dan pengelola TPS3R Desa Kalanganyar sebagai upaya meningkatkan kemampuan dalam mengoperasikan dan mengelola sistem budidaya secara mandiri. Materi yang diberikan meliputi budidaya ikan nila sistem *bioflok*, budidaya maggot berbasis pemanfaatan sampah organik, pengoperasian teknologi *monitoring* kualitas air, serta pemasaran digital hasil budidaya. Peningkatan kapasitas masyarakat dilakukan melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan kepada pengelola TPS3R Desa Kalanganyar sebagai upaya meningkatkan kemampuan dalam mengoperasikan dan mengelola sistem budidaya secara mandiri. Materi yang diberikan meliputi budidaya ikan nila sistem *bioflok*, budidaya maggot berbasis pemanfaatan sampah organik, pengoperasian teknologi *monitoring* kualitas air, serta pemasaran digital hasil budidaya. Dokumentasi kegiatan pelatihan dan pendampingan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Dokumentasi kegiatan pelatihan dan pendampingan: (a) Pelatihan budidaya & pemasaran; (b) Modul SOP budidaya & pemasaran digital; (c) Serah terima teknologi

4.4 | Evaluasi Dampak Program

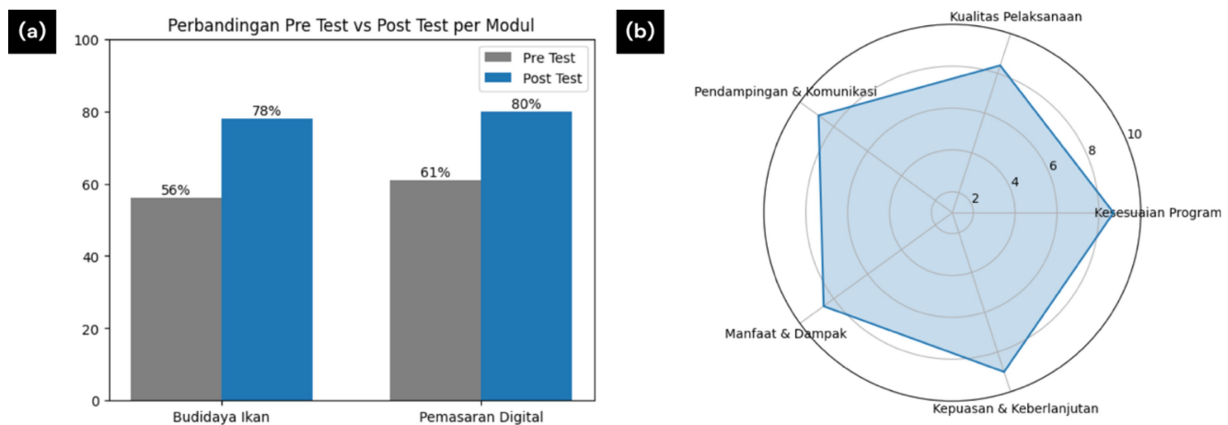
Pengembangan infrastruktur budidaya ikan dan penerapan sistem ekonomi sirkular melalui budidaya maggot memberikan potensi peningkatan nilai ekonomi bagi pengelola TPS3R Desa Kalanganyar. Untuk memperoleh gambaran mengenai potensi

manfaat ekonomi dari implementasi program, dilakukan analisis estimasi produksi dan pendapatan budidaya ikan nila berdasarkan kapasitas infrastruktur yang telah dikembangkan. Hasil estimasi potensi produksi, pendapatan, dan kontribusi budidaya maggot disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Estimasi potensi produksi, pendapatan, dan kontribusi budidaya maggot terhadap budidaya ikan nila

Parameter	Nilai	Keterangan
Total bibit ditebar	500 ekor	Asumsi satu siklus budidaya
<i>Survival Rate</i> (SR)	90%	Asumsi budidaya <i>bioflok</i> dengan pengelolaan kualitas air yang baik
Jumlah ikan panen	450 ekor	$500 \times 90\%$
Bobot panen rata-rata	300 g/ekor	Ukuran konsumsi
Total biomassa panen	135 kg	$450 \times 0,30$ kg
Harga jual ikan nila	Rp32.000/kg	Harga rata-rata di tingkat pembudidaya
Potensi pendapatan kotor	Rp4.320.000/siklus	$135 \text{ kg} \times \text{Rp}32.000$
Lama budidaya	± 4 bulan	Satu siklus budidaya
Potensi pendapatan rata-rata	Rp1.080.000/bulan	Pendapatan kotor dibagi lama budidaya
<i>Feed Conversion Ratio</i> (FCR)	1,2	Asumsi budidaya <i>bioflok</i>
Kebutuhan pakan	162 kg/siklus	$135 \text{ kg} \times 1,2$
Substitusi pakan oleh maggot	30%	Asumsi pemanfaatan maggot sebagai pakan alternatif
Pengurangan pakan komersial	48,6 kg/siklus	$30\% \times 162 \text{ kg}$
Produksi maggot basah	20 kg/siklus	Hasil budidaya maggot
Produksi maggot kering	7,0 kg/siklus	Berdasarkan rasio konversi 35%
<i>Feed Conversion Ratio</i> (FCR)	1,2	Asumsi budidaya <i>bioflok</i>
Total kebutuhan pakan	162 kg/siklus	$135 \text{ kg} \times 1,2$
Potensi substitusi pakan	4,3%	$7,0 \text{ kg} \div 162 \text{ kg} \times 100\%$

Adapun, dampak dari aktivitas pelatihan peningkatan kapasitas masyarakat dilakukan dengan mengamati respon 15 anggota masyarakat dan pengelola TPS3R Desa Kalanganyar yang mengikuti pelatihan. Efektivitas kegiatan dievaluasi melalui pelaksanaan *pre-test* dan *post-test*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pelatihan mampu meningkatkan pengetahuan peserta sebesar 58,5% (Gambar 6(a)) sedangkan hasil survei kepuasan menunjukkan tingkat kepuasan rata-rata sebesar 87,5% (Gambar 6(b)).



Gambar 6 Evaluasi Efektivitas Pelatihan dan Pendampingan: (a) Hasil *Pre-test* dan *Post-test* (b) Tingkat Kepuasan Peserta

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program pengabdian kepada masyarakat di TPS3R Desa Kalanganyar berhasil menerapkan model pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular melalui pengembangan budidaya ikan nila sistem *bioflok*, budidaya maggot, penerapan teknologi digital, serta peningkatan kapasitas masyarakat. Program menghasilkan penambahan dua unit kolam budidaya, pembangunan rak budidaya maggot, pengembangan sistem *monitoring* kualitas air, platform pemasaran digital, dan pusat pembelajaran akuakultur sebagai upaya mendukung keberlanjutan budidaya. Pelatihan kepada 15 pengelola TPS3R juga mampu meningkatkan pengetahuan peserta sebesar 58,5% dengan tingkat kepuasan mencapai 87,5%. Selain itu, analisis menunjukkan bahwa pengembangan budidaya berpotensi menghasilkan pendapatan kotor sekitar Rp4.320.000 per siklus, sedangkan budidaya maggot mampu substitusi sekitar 4,3% kebutuhan pakan komersial sebagai implementasi awal konsep ekonomi sirkular. Ke depan, kapasitas budidaya maggot dan pemanfaatan platform digital perlu terus dikembangkan agar efisiensi biaya operasional, produktivitas budidaya, dan jangkauan pemasaran semakin meningkat, sehingga model pemberdayaan ini dapat direplikasi pada TPS3R maupun kelompok masyarakat lain dengan karakteristik serupa.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada PT Telkom Indonesia atas dukungan pendanaan melalui Program Innovillage yang diselenggarakan oleh Universitas Telkom sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pemerintah Desa Kalanganyar, Kabupaten Sidoarjo, atas dukungan, kerja sama, dan pemberian izin pelaksanaan program di TPS3R Desa Kalanganyar, serta kepada seluruh pengelola TPS3R yang telah berpartisipasi aktif selama proses implementasi, pelatihan, dan pendampingan sehingga program dapat berjalan dengan lancar dan memberikan manfaat bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Noor S, Daud AA, Widayanti T, Pratama W, Mutaallif S. Ketahanan Pangan dan Budi Daya Pertanian Berkelanjutan dalam Aspek Hak Asasi Manusia. *Hermeneutika: Jurnal Ilmu Hukum* 2021;5.
2. Widjaja G. Optimalisasi Hilirisasi, Ketahanan Pangan, Dan Reformasi Fiskal Sebagai Pilar Transformasi Ekonomi Menuju Indonesia Emas 2045. *Netizen: Journal Of Society And Bussiness* 2025;9:412–422.
3. Ramadhani RR, Risanti DD, Septyaningrum E, Putri AA, Cahyani FP, Prayitno RRP, et al. 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* 2025;9:1305–1318.
4. Suryanto S, Mafruhah I, Istiqomah N, Sholeh S, Agustian SA, Setyawan SB. Pengelolaan Sampah Organik melalui Integrasi UMAITA (Unggas, Maggot, Ikan, dan Tanaman) sebagai Model Ekonomi Sirkular. *SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni bagi Masyarakat)* 2025;14:248–257.
5. Faindah A, Alpiyani A. Analisis Rantai Nilai dan Keberlanjutan Usaha Budidaya Ikan Nila *Oreochromis niloticus* di Kecamatan Malua, Kabupaten Enrekang. *Journal of Tropical Agricultural Animal and Fisheries Sciences* 2025;1:52–61.
6. Pramono TB, Sukardi P, Soedibya PHT. Produksi Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Sistem Bioflok dengan Sumber Karbohidrat Berbeda. *AJIE (Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship)* 2018;3:198–203.
7. Muna Z, Syafitri E, Sahusilawane HA, Fitrinawati H, Alfionita W, Saputra HK, et al. Dasar-Dasar Akuakultur: Biologi, Lingkungan, dan Manajemen. Palembang: CV. LSO Creative; 2026.
8. Yustiati A, Arhab RW. Pengaruh Padat Tebar Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dalam Sistem Akuakultur Ekstensif, Semi Intensif, dan Intensif. *MAHSEER: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Dan Perikanan* 2025;7:23–30.

9. Wardani AK. Peran Perguruan Tinggi dalam Mendorong Inovasi Pertanian Berkelanjutan untuk Ketahanan Pangan di Era Sustainable Development Goal. *Unri Conference Series: Community Engagement* 2025;7:30–38.
10. Anjani A. Penerapan Program Budidaya Tanaman Melon Sebagai Upaya Ketahanan Pangan Di Desa Jingkrang Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas. *Jurnal Ketahanan Nasional* 2026;32:38–52.
11. Haryanta D, Revitriani M, Desiandura K, Candra A. Penerapan Teknologi Produksi Pelet Ikan Berbasis Maggot di Kampoenng Oase Ondemohen Surabaya Sebagai Upaya Pengembangan Ekonomi Sirkular. *Jurnal Pepadu* 2025;6:327–334.
12. Sari WP, Lestari R, Widiastuty T, Daffansyah C, Saptiyanto ND, Reinacaesar A, et al. Optimalisasi Rumah Magot untuk Reduksi Sampah Organik dan Peningkatan Produktivitas Berbasis Ekonomi Sirkular. *Jurnal Dharma Bhakti Ekuitas* 2025;10:101–115.
13. Laia M, Laoli D, Zebua RD, Zebua O. Transformasi Digital Perikanan Berbasis Artificial Intelligence Untuk Mendukung Pengelolaan Sumber Daya Ikan Berkelanjutan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 2026;3:29–35.
14. Ginardi RVH, Husni M, Sholikhah RW, Indrawanti AS, Sabilla IA, Oktarina ES, et al. Integrasi Teknologi Internet of Things dalam Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Kesehatan Udang Air Tawar untuk Optimalisasi Produk Perikanan. *Sewagati* 2025;9:190–203.

Cara mengutip artikel ini: Ramadhani, R. R., Mukhairiq, G., Nikmah, L. A., Prasetyo, R. D., Christian, S. A., Mboe, J. M., Alifian, M. H., Farras, A. N., Zidane, H. M. Y., Akbar, M. R., Purwito, S. A., (2026), Penguatan Ketahanan Pangan Berbasis Ekonomi Sirkular Pengelola TPS3R Desa Kalanganyar melalui Sistem Budidaya dan Pemasaran Ikan Nila serta Budidaya Maggot, *Sewagati*, 10(4):889–899, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i4.10497>.