

Pemberdayaan Masyarakat melalui Penerapan Model Edu-Aquaculture Integratif Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan di Desa Jembayat, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah

Karina Farkha Dina¹, Ninik Umi Hartanti², Alinda Cahyani³, Alin Fithor^{*4}

^{1,2,3,4}Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pancasakti Tegal, Indonesia
^{*}e-mail: alinfithor@upstegal.ac.id⁴

Abstrak

Desa Jembayat, Kabupaten Tegal, memiliki potensi perikanan air tawar yang besar namun terkendala produktivitas rendah, tingginya biaya pakan, pencemaran limbah, serta minimnya kapasitas kewirausahaan pembudidaya. Program pengabdian ini menerapkan model Edu-Aquaculture Integratif berbasis green-tech dan kewirausahaan untuk meningkatkan kinerja budidaya dan keberlanjutan usaha. Kegiatan meliputi: (1) penerapan teknologi ramah lingkungan seperti bioflok dan aquaponik untuk efisiensi pakan dan penurunan amonia; (2) pendidikan partisipatif melalui sekolah lapang dengan kurikulum 4M dan pelatihan teknis bagi 15 pembudidaya; serta (3) penguatan kewirausahaan digital melalui pelatihan pengolahan hasil dan pemasaran daring. Program dilaksanakan selama 8 bulan melalui tahap persiapan, implementasi teknologi, dan pendampingan usaha. BOD turun 57,3%, COD turun 53,3%, dan amonia turun 77,5%, sehingga memenuhi baku mutu budidaya. Hasil kegiatan mencakup berfungsinya tiga unit teknologi, peningkatan kompetensi pembudidaya, produk olahan perikanan ber-PIRT, serta tersusunnya luaran akademik dan panduan praktik dengan tiga unit teknologi operasional, yaitu satu sistem bioflok, satu unit aquaponik skala rumah tangga, dan satu unit instalasi pengolahan limbah empat tahap. Kegiatan ini menghasilkan peningkatan kapasitas kewirausahaan masyarakat yang ditunjukkan oleh peningkatan pengetahuan, keterampilan teknis budidaya, serta kemampuan manajerial dan pemasaran berbasis teknologi ramah lingkungan.

Kata Kunci: Aquaponik, Bioflok, Edu-Aquaculture Integratif, Teknologi Hijau.

Abstract

Jembayat Village, Tegal Regency, has significant freshwater fisheries potential but is hampered by low productivity, high feed costs, waste pollution, and limited entrepreneurial capacity among farmers. This community service program implements an Integrated Edu-Aquaculture model based on green-tech and entrepreneurship to improve cultivation performance and business sustainability. Activities include: (1) the application of environmentally friendly technologies such as biofloc and aquaponics for feed efficiency and ammonia reduction; (2) participatory education through field schools with the 4M curriculum and technical training for 15 farmers; and (3) strengthening digital entrepreneurship through training in product processing and online marketing. The program was implemented for 8 months through the stages of preparation, technology implementation, business mentoring, and evaluation. BOD decreased by 57.3%, COD decreased by 53.3%, and ammonia decreased by 77.5%, thus meeting cultivation quality standards. The results of the activities include the functioning of three technology units, increased competency of farmers, processed fishery products with PIRT, and the preparation of academic outputs and practice guidelines with three operational technology units, namely one biofloc system, one household-scale aquaponics unit, and one four-stage wastewater treatment installation unit. This activity resulted in increased community entrepreneurial capacity as demonstrated by increased knowledge, technical cultivation skills, and managerial and marketing capabilities based on environmentally friendly technology.

Keywords: Aquaponics, Biofloc, Integrative Edu-Aquaculture, Green Technology.

1. PENDAHULUAN

Survei baseline terhadap 40 pembudidaya menunjukkan hanya 15% yang pernah mengikuti pelatihan budidaya berbasis teknologi ramah lingkungan. Pengukuran kualitas air menunjukkan kadar amonia sebesar 0,8 mg/L, melebihi baku mutu $\leq 0,02$ mg/L, sehingga diperlukan intervensi peningkatan kapasitas dan perbaikan sistem budidaya. Minat generasi muda terhadap sektor perikanan juga sangat rendah, ditandai dengan lebih dari 70% pemuda

memilih bekerja di sektor informal di wilayah perkotaan. Padahal, jika dikelola dengan pendekatan inovatif yang mengintegrasikan *green-tech* dan kewirausahaan, sektor perikanan air tawar di desa ini dapat berkembang menjadi usaha yang menarik dan menguntungkan.

Permasalahan yang dihadapi pembudidaya menunjukkan keterkaitan beberapa faktor. Dari aspek teknis, studi lapangan pada biaya pakan yang mencapai Rp12.000–15.000 per kilogram dan harga ikan yang fluktuatif menjadi hambatan utama peningkatan pendapatan (Malik et al., 2025; Witoko et al., 2023). Dari aspek lingkungan, praktik budidaya konvensional telah menyebabkan akumulasi limbah organik yang meningkatkan kadar amonia di perairan, melebihi baku mutu yang ditetapkan. Dari aspek kelembagaan, belum terbentuknya kelompok usaha yang kuat membuat pembudidaya memiliki posisi tawar rendah terhadap tengkulak, sehingga keuntungan bersih yang diperoleh hanya sekitar 15–20%, jauh lebih kecil dibandingkan margin tengkulak yang mencapai 30–40% (Ramiro et al., 2025).

Berdasarkan masalah tersebut, program pengabdian ini dirancang untuk menawarkan solusi komprehensif melalui pendekatan *Edu-Aquaculture Integratif* (Recent advancement of the sensors for monitoring the water quality parameters in smart fisheries farming, 2021). Pendekatan ini menggabungkan tiga pilar utama: (1) penerapan teknologi budidaya ramah lingkungan seperti bioflok dan aquaponik yang mampu menekan biaya pakan dan mengelola limbah secara efektif; (2) peningkatan kapasitas masyarakat melalui pendidikan dan pelatihan berkelanjutan, meliputi teknik budidaya, manajemen produksi, dan pemasaran; serta (3) penguatan kewirausahaan berbasis komunitas untuk meningkatkan nilai tambah produk perikanan. Pendekatan ini selaras dengan prioritas pembangunan Desa Jembayat dalam RPJMDes 2021–2026 yang menekankan pengembangan ekonomi kerakyatan berbasis potensi lokal.

Penerapan model *Edu-Aquaculture Integratif* didukung oleh berbagai kajian yang menunjukkan efektivitasnya (Berkelanjutan et al., 2025; Pujo et al., 2021). Penerapan teknologi ramah lingkungan dalam akuakultur dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi dampak ekologis. Integrasi *green-tech* mampu meningkatkan daya saing dan nilai tambah produk perikanan (Harjanti et al., 2023; Qin et al., 2025).

Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan dampak signifikan bagi masyarakat Desa Jembayat. Secara teknis, teknologi *green-tech* diproyeksikan dapat meningkatkan produktivitas hingga 40% serta menurunkan biaya produksi sebesar 25–30%. Secara sosial, model *edu-aquaculture* berpotensi mendorong regenerasi pelaku usaha perikanan dengan menarik minat generasi muda untuk kembali ke sektor produktif desa. Dari aspek lingkungan, pengelolaan limbah yang lebih baik akan menurunkan beban pencemaran dan menciptakan ekosistem budidaya yang lebih berkelanjutan dengan target luaran jelas, yaitu berupa: Jurnal pengabdian masyarakat, serta hak cipta.

2. METODE

Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan selama 8 bulan di Desa Jembayat, Kabupaten Tegal, dengan menggunakan pendekatan *Edu-Aquaculture Integratif* yang menggabungkan penerapan teknologi ramah lingkungan, pendidikan partisipatif, dan penguatan kewirausahaan komunitas (Tegar et al., 2018). Seperti dijelaskan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tahapan Kegiatan

Tahap Persiapan dan Sosialisasi (Bulan 1-2)
Pada tahap awal, tim pengabdian melakukan koordinasi dengan Pemerintah Desa Jembayat, Kelompok Pembudidaya Ikan Mina Sejahtera, dan Karang Taruna. Kegiatan meliputi:
1. Observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi kolam, kualitas air, dan infrastruktur pendukung.
2. Penyusunan kebutuhan alat dan bahan untuk teknologi bioflok dan aquaponik.
3. Sosialisasi program kepada masyarakat untuk membangun komitmen dan memastikan partisipasi aktif.
4. Penentuan 15 peserta utama program berdasarkan rekomendasi kelompok pembudidaya dan kriteria kesiapan usaha.

Implementasi Teknologi *Green-Tech* (Bulan 3-8)

Tahap ini berfokus pada penerapan teknologi budidaya ramah lingkungan sebagai solusi peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya produksi. Kegiatan mencakup:

1. Pembangunan tiga unit teknologi operasional, yaitu satu sistem bioflok, satu unit aquaponik skala rumah tangga, dan satu unit instalasi pengolahan limbah empat tahap.
2. Pelatihan teknis mengenai pembuatan probiotik, manajemen pakan, kontrol amonia, dan monitoring kualitas air (DO, pH, nitrit, amonia).
3. Pendampingan intensif dalam pengelolaan sistem bioflok dan aquaponik, termasuk pengaturan padat tebar, pemberian pakan efisien, dan pemeliharaan tanaman sayuran.

Sumber : Analisa lapangan, 2025

Metode yang digunakan mengutamakan partisipasi aktif masyarakat, kolaborasi multi-stakeholder, serta pendekatan teknologi terapan yang relevan dengan konteks lokal. Dengan dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 2. Tahapan pelaksanaan

Tahapan	1	2	3	4	5	6	7	8
Persiapan & Sosialisasi								
Pembangunan Teknologi								
Pelatihan Teknis								
Pendampingan & Monitoring								

Sumber : Analisa lapangan, 2025

Dengan strategi ini, program dirancang tidak hanya meningkatkan kapasitas teknis pembudidaya, tetapi juga memperkuat kemandirian ekonomi dan keberlanjutan lingkungan perikanan di Desa Jembayat.

Pengukuran BOD, COD, dan amonia dilakukan secara pre-test dan post-test dengan frekuensi satu kali per bulan selama enam bulan implementasi. Sampel diambil pada titik inlet, kolam budidaya, dan outlet instalasi pengolahan limbah dengan tiga kali pengulangan(Herdiansyah, 2023). Analisis dilakukan di laboratorium lingkungan terakreditasi KAN (ISO/IEC 17025). Parameter BOD dianalisis menggunakan metode inkubasi 5 hari (SNI 6989.72:2009), COD menggunakan metode refluks tertutup (SNI 6989.2:2019), dan amonia menggunakan metode fenat (SNI 06-6989.30-2005). Efisiensi penurunan dihitung dalam bentuk persentase dan dibandingkan dengan baku mutu sesuai regulasi nasional(Ahzan et al., 2026; Atiqah et al., 2025; Pujo et al., 2021).

Keberhasilan program diukur menggunakan indikator kuantitatif yang meliputi aspek teknis (SR dan FCR), lingkungan (penurunan BOD, COD, dan amonia), ekonomi (R/C ratio dan peningkatan pendapatan), serta kapasitas peserta (peningkatan skor pre-test dan post-test). Program dinyatakan berhasil apabila minimal 70% peserta menunjukkan peningkatan indikator teknis, parameter kualitas air memenuhi baku mutu, R/C ratio >1, dan terjadi peningkatan skor pemahaman ≥20%.

2.1. Teknik analisis data

Keberhasilan program diukur menggunakan instrumen evaluasi yang terdiri dari pre-test dan post-test, lembar observasi praktik, serta monitoring parameter teknis dan ekonomi.

a. Kisi-kisi Pre-test dan Post-test

Instrumen evaluasi program meliputi tiga aspek utama. Aspek pengetahuan teknis diukur melalui pemahaman peserta mengenai konsep bioflok, aquaponik, probiotik, manajemen pakan, dan kualitas air, dengan menggunakan soal pilihan ganda dan uraian singkat, dinilai pada skala 0-100 (Ahmad et al., 2025; Witoko et al., 2023). Aspek keterampilan operasional

dinilai melalui lembar observasi praktik langsung, yang mencakup kemampuan peserta dalam pengaturan padat tebar, pemberian pakan, dan pemeliharaan tanaman, menggunakan skala 1–4. Aspek kewirausahaan diukur melalui studi kasus dan lembar kuisioner, meliputi kemampuan manajemen usaha, pencatatan biaya dan pemasukan, serta analisis R/C ratio, juga menggunakan skala 1–4.

b. Monitoring Lingkungan dan Produksi

1. Parameter teknis: produksi (kg), kelangsungan hidup ikan (%), FCR
2. Parameter lingkungan: BOD, COD, NH₃, DO, pH
3. Parameter ekonomi: pendapatan, biaya, laba bersih, R/C ratio

2.2. Data Dukung Penelitian

2.2.1. Data Kuantitatif

1. Teknis dan Lingkungan: Data produksi, kualitas air, dan FCR dianalisis secara deskriptif. Perubahan dihitung dalam bentuk selisih absolut dan persentase:
2. Perubahan (%) = $\frac{\text{Nilai post-test} - \text{Nilai baseline}}{\text{Nilai baseline}} \times 100$
3. Ekonomi: Pendapatan, laba bersih, dan R/C ratio dianalisis per siklus budidaya, dibandingkan sebelum dan sesudah intervensi.
4. Kapasitas Peserta: Skor pre-test dan post-test dianalisis menggunakan rata-rata dan persentase kenaikan.

2.2.2. Data Kualitatif

1. Observasi praktik dan wawancara dikodekan untuk menilai tingkat kemandirian, adopsi teknologi, dan partisipasi masyarakat.
2. Analisis dilakukan secara deskriptif naratif untuk mendukung data kuantitatif.
3. Penentuan Keberhasilan
Program dinyatakan berhasil apabila:
 - a) $\geq 70\%$ peserta menunjukkan peningkatan indikator teknis (produksi, SR, FCR)
 - b) Parameter lingkungan memenuhi baku mutu budidaya
 - c) R/C ratio > 1 dan terjadi peningkatan laba bersih
 - d) $\geq 60\%$ peserta mampu mengoperasikan sistem secara mandiri
 - e) Skor pre-test dan post-test meningkat $\geq 20\%$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil program menunjukkan bahwa pendekatan *Edu-Aquaculture Integratif* mampu mengatasi beragam permasalahan yang sebelumnya dihadapi pembudidaya: rendahnya teknologi, tingginya biaya produksi, dan lemahnya kewirausahaan (Gunawan et al., 2025; Noor et al., 2025). Integrasi teknologi hijau dengan pelatihan partisipatif terbukti lebih efektif dibandingkan pelatihan teori konvensional (Alam et al., 2024; Basuki et al., 2022). Penerapan teknologi dilakukan antara bulan ke-3 hingga ke-8 melalui pembangunan dua sistem utama:

1. Sistem Bioflok Terintegrasi
 - a. Dibangun satu unit bioflok berkapasitas 1.000 liter dengan aerator tenaga surya.
 - b. Diuji coba untuk budidaya ikan lele sebanyak 1.000 ekor dengan kepadatan awal 250 ekor/m³.
2. Teknologi Biofilter dan Biogas
 - a. Instalasi 4 tahap (biofilter zeolit–arang aktif–fitoremediasi–biogas) mampu menurunkan BOD sebesar 62% dan COD sebesar 65%.

- b. Limbah padat difermentasi menghasilkan gas metana yang cukup untuk menyalakan dua unit kompor biogas rumah tangga selama 3 jam/hari.
- c. Limbah cair sisa fermentasi diolah menjadi pupuk organik cair (POC) yang digunakan untuk kebun warga, dijelaskan pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Konstruksi Pembuatan dan Implementasi kolam bioflok ikan Lele

Pelatihan dan Sekolah Lapang *Edu-Aquaculture* dilaksanakan dalam tiga klaster pelatihan:

1. Klaster Teknis
 - a. Materi: manajemen air, penggunaan kit digital (DO meter, pH meter), pembuatan pakan mandiri.
 - b. Hasil: 15 peserta mampu membuat pakan dengan bahan lokal (ampas tahu, dedak, tepung ikan) dan menghasilkan pakan dengan protein kasar 28–30%.
 - c. 80% peserta menunjukkan peningkatan kemampuan teknis berdasarkan pre-test dan post-test (dari skor rata-rata 56 menjadi 86).
2. Klaster Pengolahan dan Nilai Tambah
 - a. Pelatihan pembuatan produk olahan ikan: nugget ikan (4 varian rasa), abon lele, dan bakso ikan.
 - b. Hasil uji pasar menunjukkan produk nugget ikan varian pedas dan original paling diminati dengan nilai preferensi konsumen 88%.
 - c. Tiga produk telah memperoleh label PIRT dan dikembangkan di bawah merek lokal "Jembayat Aqua Green."
3. Klaster Kewirausahaan Digital
 - a. Materi: branding produk, pemasaran digital, fotografi produk, dan manajemen keuangan mikro.
 - b. Peserta dilatih membuat akun toko online di Tokopedia dan WhatsApp Business, serta konten promosi di Instagram dan TikTok.
 - c. Hasilnya, 12 peserta aktif menjalankan usaha digital, dan rata-rata penjualan meningkat 35–40% dalam tiga bulan pertama.

Selain meningkatkan kualitas lingkungan, teknologi ini juga memberikan manfaat tambahan berupa produksi energi alternatif. Limbah organik yang dihasilkan dari kegiatan budidaya dimanfaatkan dalam sistem biogas untuk menghasilkan energi. Energi tersebut dapat digunakan kembali untuk mendukung operasional budidaya, sehingga menciptakan sistem yang lebih mandiri dan efisien. Pendapatan rata-rata peserta meningkat dari Rp 7.040.000 menjadi Rp 9.900.000 per siklus budidaya (naik 40,6%). Laba bersih meningkat sebesar 128,7%, dari Rp 1.640.000 menjadi Rp 3.750.000, dengan R/C ratio meningkat dari 1,30 menjadi 1,61. Pada aspek lingkungan, terjadi penurunan BOD sebesar 57,3%, COD 53,3%, dan amonia 77,5% dibandingkan

baseline. Selain itu, skor pemahaman peserta meningkat rata-rata 46,4% berdasarkan hasil pre-test dan post-test (Elliff et al., 2017).



Gambar 2. Pelatihan Edu-Aquaculture ke masyarakat dan pokdakan Desa Jembayat

Hasil implementasi model *Edu-Aquaculture* integratif berbasis teknologi ramah lingkungan menunjukkan peningkatan signifikan pada aspek teknis, ekonomi, dan kapasitas masyarakat. Dari perspektif ekonomi, pendapatan rata-rata peserta naik 40,6% dan laba bersih meningkat 128,7%, menunjukkan bahwa integrasi teknologi ramah lingkungan tidak hanya berdampak ekologis tetapi juga mendukung keberlanjutan usaha. Secara sosial, skor pemahaman peserta meningkat rata-rata 46,4%, dengan lebih dari 60% peserta mampu mengoperasikan sistem secara mandiri, menunjukkan keberhasilan pemberdayaan dan transfer teknologi.

Hasil ini relevan dengan SDG 12 (konsumsi dan produksi berkelanjutan) melalui efisiensi pakan dan pengelolaan limbah, serta SDG 14 (perlindungan ekosistem perairan) melalui penurunan polutan yang signifikan. Dengan demikian, model ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dan pendapatan, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap pengelolaan sumber daya perairan yang berkelanjutan, sehingga memiliki potensi direplikasi pada komunitas pembudidaya lain (Martínez-Vázquez et al., 2021). Integrasi pelatihan kewirausahaan dan inovasi pangan berbasis ikan mampu meningkatkan daya saing desa dan mendukung ketahanan pangan lokal, selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 3. Hasil yang dicapai

Jenis Luaran	Hasil yang Dicapai
Teknologi terapan	3 unit bioflok operasional integratif
Peserta terlatih	15 pembudidaya, 5 wirausaha muda
Produk olahan	3 varian (nugget, abon, bakso ikan)
Publikasi ilmiah	1 artikel dikirim ke jurnal pengabdian nasional
Video dokumentasi	1 video berdurasi 10 menit
Dampak lingkungan	Penurunan amonia 68%, BOD 62%, COD 65%
Dampak ekonomi	Peningkatan pendapatan 35–40%
Dampak sosial	Terbentuk kelompok wirausaha muda “Aqua Green Team”

Sumber : Temuan lapangan, 2025

Pemberdayaan masyarakat melalui penerapan model *Edu-Aquaculture* integratif berbasis teknologi ramah lingkungan merupakan pendekatan inovatif yang menggabungkan kegiatan edukasi, praktik budidaya perikanan, serta pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan (C. Li et al., 2026; Serrano et al., 2026). Model ini menempatkan masyarakat sebagai aktor utama dalam proses pembelajaran sekaligus pelaku usaha budidaya, sehingga tidak hanya meningkatkan kapasitas pengetahuan, tetapi juga mendorong kemandirian ekonomi lokal. Integrasi antara

pendidikan lingkungan dan praktik budidaya memungkinkan masyarakat memahami prinsip ekologi perairan sekaligus menerapkannya secara langsung dalam kegiatan produksi perikanan.

Konsep Edu-Aquaculture menekankan pada pembelajaran partisipatif melalui kegiatan pelatihan, demonstrasi teknologi, serta pendampingan teknis kepada kelompok masyarakat (Ahzan et al., 2026). Sistem ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengolah limbah organik menjadi sumber nutrisi tambahan bagi ikan, sehingga mampu meningkatkan efisiensi pakan sekaligus menjaga kualitas air budidaya.

Selain meningkatkan produktivitas perikanan, model Edu-Aquaculture integratif juga berperan dalam memperkuat kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan lingkungan perairan secara berkelanjutan. Melalui pendekatan edukatif, masyarakat didorong untuk memahami hubungan antara kegiatan budidaya, kualitas lingkungan, dan keberlanjutan sumber daya perairan (Ahmad et al., 2025). Penggunaan teknologi ramah lingkungan seperti bioflok, pengelolaan limbah organik, serta optimalisasi penggunaan air menjadi bagian penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem budidaya.

Implementasi model ini juga memberikan dampak sosial dan ekonomi yang signifikan bagi masyarakat. Peningkatan keterampilan teknis dalam budidaya perikanan memungkinkan masyarakat mengembangkan usaha produktif yang lebih efisien dan bernilai ekonomi (S. Li et al., 2025). Selain itu, kegiatan edukasi yang terintegrasi dengan praktik lapangan dapat membuka peluang pengembangan kawasan budidaya sebagai sarana pembelajaran berbasis komunitas, sehingga mampu menarik partisipasi generasi muda dalam sektor perikanan berkelanjutan.

Penerapan model Edu-Aquaculture integratif berbasis teknologi ramah lingkungan menjadi strategi yang efektif dalam mendukung pemberdayaan masyarakat sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan perairan (Yu et al., 2025). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan usaha budidaya, tetapi juga membangun kesadaran kolektif tentang pentingnya praktik perikanan yang bertanggung jawab. Melalui sinergi antara edukasi, teknologi, dan partisipasi masyarakat, model ini berpotensi menjadi solusi inovatif dalam pengembangan ekonomi berbasis sumber daya perairan yang berkelanjutan.

Program ini juga memperlihatkan bahwa keberhasilan pengabdian tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kolaborasi multipihak, pendampingan berkelanjutan, dan penguatan kelembagaan usaha (Sulistiyono et al., 2019) (Australian Public Service Commission, 2007). Model ini berpotensi direplikasi pada desa lain dengan kondisi serupa, terutama desa yang sedang mengembangkan ekonomi perikanan berbasis lingkungan.

4. KESIMPULAN

Penerapan model Edu-Aquaculture integratif berbasis teknologi ramah lingkungan di Desa Jembayat, Kabupaten Tegal, berhasil meningkatkan produktivitas, efisiensi usaha, dan kapasitas kewirausahaan masyarakat pembudidaya. Secara teknis, produksi rata-rata meningkat dari 320 kg menjadi 450 kg per siklus (+40,6%) dengan tingkat kelangsungan hidup $\geq 80\%$ dan perbaikan FCR, sementara kualitas air membaik: BOD turun 57,3%, COD turun 53,3%, dan amonia turun 77,5%, sehingga memenuhi baku mutu budidaya. Secara ekonomi, pendapatan rata-rata peserta naik dari Rp 7.040.000 menjadi Rp 9.900.000 per siklus (+40,6%), dan laba bersih meningkat 128,7% dari Rp 1.640.000 menjadi Rp 3.750.000 per siklus, dengan R/C ratio naik dari 1,30 menjadi 1,61, menunjukkan kelayakan dan efisiensi usaha yang meningkat. Dari sisi kapasitas, skor pemahaman peserta meningkat rata-rata 46,4% berdasarkan pre-test dan post-test, dan lebih dari 60% peserta mampu mengoperasikan sistem bioflok, aquaponik, dan pengolahan limbah secara mandiri. Secara keseluruhan, model ini terbukti efektif secara teknis, ekonomis, dan sosial, serta memiliki potensi untuk direplikasi pada kelompok pembudidaya lain dengan karakteristik serupa, mendukung penguatan kewirausahaan perikanan berkelanjutan. Model ini diharapkan menjadi bagian tingkat kenaikan penyelesaian permasalahan ekonomi di seluruh wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. G., Alvionita, M., Puluhulawa, R., Fazrin, D. N., Salman, A. J., Bau, R. T. R. L., Lantu, I. S., Perairan, B., Gorontalo, U. N., Informatika, T., Gorontalo, U. N., Perikanan, J. A., Gorontalo, U. N., No, J. S., Timur, D., Tengah, K. K., Gorontalo, K., Prof, J., Habibie, B. J., and Bolango, K. B. 2025. Edukasi Masyarakat mengenai Budidaya Ikan Sistem Bioflok untuk Ketahanan. *PONULA : Jurnal Pengabdian Kelautan Dan Teknologi Perikanan*, 1(1), 22–26.
- Ahzan, W. M., Hr, S. R., and N, R. A. 2026. Digitalisasi Profil Desa Kayuloe Barat, Kecamatan Turatea, Kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan. *Bambu Laut: Jurnal Pengabdian Masyarakat*.
- Recent advancement of the sensors for monitoring the water quality parameters in smart fisheries farming, 10 Computers 1 (2021). <https://doi.org/10.3390/computers10030026>
- Alam, M. S., and Yousuf, A. 2024. Fishermen's community livelihood and socio-economic constraints in coastal areas: An exploratory analysis. *Environmental Challenges*, 14(September 2023), 100810. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100810>
- Atiqah, Q. J., Syahdami, M. H., and Anwar, B. J. 2025. Pelatihan Pembuatan Gohyong Ikan Lele sebagai Diversifikasi Pengolahan Ikan di Desa Mekarsari. *Bambu Laut: Jurnal Pengabdian Masyarakat*.
- Australian Public Service Commission. 2007. *Tackling Wicked Problems: A Public Policy Perspective*. Commonwealth of Australia.
- Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Indrajaya, Y., Pramono, I. B., Nugroho, N. P., Supangat, A. B., Indrawati, D. R., Savitri, E., Wahyuningrum, N., Purwanto, Cahyono, S. A., Putra, P. B., Adi, R. N., Nugroho, A. W., Auliyani, D., Wuryanta, A., Riyanto, H. D., Harjadi, B., Yudilastyantoro, C., ... Simarmata, D. P. 2022. Improvement of Integrated Watershed Management in Indonesia for Mitigation and Adaptation to Climate Change: A Review. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16), 1–41. <https://doi.org/10.3390/su14169997>
- Berkelanjutan, B., Pantai, D. I., Selatan, L., and Gorontalo, K. 2025. Penguatan Peran Masyarakat Pesisir dalam Implementasi Ekonomi Biru Berkelanjutan di Pantai Leato Selatan, Kota Gorontalo. *PONULA : Jurnal Pengabdian Kelautan Dan Teknologi Perikanan*, 1(1), 27–31.
- Elliff, C. I., and Kikuchi, R. K. P. 2017. Ecosystem services provided by coral reefs in a Southwestern Atlantic Archipelago. *Ocean and Coastal Management*, 136, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.11.021>
- Gunawan, A., Kalzum, U., Hamsar, I. A., Sapriadi, M. F., Saskia, N. A., Kirey, A., Ramli, A. R., Atalia, N., and Kurnia, M. 2025. Integrasi Media Sosial dan Optimalisasi Alur dan Tata Letak Fasilitas untuk Pengembangan Wisata Adat Mappadendang Desa Barabatu Pangkep. *Bambu Laut: Jurnal Pengabdian Masyarakat*.
- Harjanti, I. M., Buchori, I., and Kurniati, R. 2023. Does the Urban Park Provision Fit the Social Needs of the Community? Evidence for Semarang City, Indonesia. *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, 31(3), 1271–1295. <https://doi.org/10.47836/pjssh.31.3.18>
- Herdiansyah, H. 2023. Smart city based on community empowerment, social capital, and public trust in urban areas. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 9(1), 113–128. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2023.01.09>
- Li, C., Cui, J., Zhang, Y., Zheng, H., and Shuai, R. 2026. Study on fracture evolution laws and mechanisms of banded texture coral reef limestone under Brazilian splitting test. *Engineering Failure Analysis*, 185(September 2025), 110396. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2025.110396>
- Li, S., Haseeb, M., Tahir, Z., Mahmood, S. A., Said, Y., Rebouh, N. Y., Ullah, S., and Tariq, A. 2025. Carbon sequestration and tourist land use dynamics: Understanding the effects of urbanization and afforestation. *Scientific Reports*, 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-30124-z>
- Malik, D., Sugiarti, D. L., Saiang, H. Y., Dwireswati, R., Pramawati, D. A., Pradana, Y. S., and Surya, R. 2025. Sosialisasi Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja Dalam Pengoperasian Pesawat

- Angkat Di Smk Kal 2 Surabaya. *JPMP-Jurnal Pengabdian Masyarakat Pesisir*, 69–75.
- Martínez-Vázquez, R. M., Milán-García, J., and de Pablo Valenciano, J. 2021. Challenges of the Blue Economy: evidence and research trends. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00502-1>
- Noor, H. F., Jati, C. W., and Santoso, L. 2025. Edukasi Usaha Perikanan Dan Manajemen Kesehatan Ikan Yang Baik Dan Berkelanjutan Pada Sisw. *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 5(2), 51–56. <https://doi.org/10.29303/jppi.v5i2.7487>
- Pujo, E., Akhmad, A., Setiono, B. A., Hidayat, S., and Prawirosastro, C. L. 2021. Penyuluhan Tentang Teknik Pemasaran Hasil Tangkapan Nelayan bagi Masyarakat Nelayan Keputih Timur Gang Pompa Kecamatan Sukolilo Surabaya. *JPMP-Jurnal Pengabdian Masyarakat Pesisir*, 58–68.
- Qin, M., and Guo, Y. 2025. Study on the influence degree of marine ranching on the high-quality development of coastal cities. *Aquaculture*, 596(P1), 741673. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741673>
- Ramiro, B. de O., Wasielesky, W., Pimentel, O. A. L. F., San Martin, N. P., Borges, L. do V., and Krummenauer, D. 2025. Different management strategies for artificial substrates on nitrification, microbial composition, and growth of *Penaeus vannamei* in a super-intensive biofloc system. *Aquaculture*, 596(August 2024). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741853>
- Serrano, X. M., Chacin, D. H., Mack, K., Gregg, K., Parsons, M., Ladd, M., Lehmann, W., Wolfe, J., and Karazsia, J. 2026. A rapid method to assess sediment deposition and stress on coral reef benthic taxa resulting from dredging and other sediment disturbances. *Marine Pollution Bulletin*, 222(P1), 118629. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118629>
- Sulistiyo, N. T. C., Erwanto, D., and Rosanti, A. D. 2019. Alat Pengendalian Derajat PH Pada Sistem Hidroponik Tanaman Pakcoy Berbasis Arduino Menggunakan Metode PID. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 13(1), 46–65.
- Tegar, D., and Saut Gurning, R. O. 2018. Development of Marine and Coastal Tourism Based on Blue Economy. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 2(2). <https://doi.org/10.12962/j25481479.v2i2.3650>
- Witoko, P., Noor, N. M., Aziz, R., Studi, P., Perikanan, B., Peternakan, J., and Negeri, P. 2023. Pendederan Udang *Vannamei* (*Litopenaeus Vannamei*) dengan Sistem Bioflok. *Jurnal Pengabdian Perikanan Indonesia*, 3, 226–233.
- Yu, V., Corley, A. D., Lau, H., Thompson, P. D., Wan, Z. W., Wong, J. C. Y., Wong, Z. K. T., Li, L. W. H., McIlroy, S. E., and Baker, D. M. 2025. Assessing the Effectiveness of 3D-Printed Ceramic Structures for Coral Restoration: Growth, Survivorship, and Biodiversity Using Visual Surveys and eDNA. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(9), 1–35. <https://doi.org/10.3390/jmse13091605>

Halaman Ini Dikосongkan