Jurnal Industri Kreatif dan Kewirausahaan **e-ISSN: 2620-942X**
Vol 9, No. 1, 2026

INOVASI BUDIDAYA SIDAT: EBT TERINTEGRASI AERASI DAN PARAMETER IOT DI MITRA BINAAN KILANG PERTAMINA CILACAP

Cantika Yustitiya Ristadani[1]*, Cecep Supriyatna[2], Lifania Riski Nugrahani[3], Abidin[4], dan Ahmad Fauzany[5]
[1] *Faculty of Business, LSPR Institute of Communication and Business, Jakarta*
[2-4] *CSR & SMEPP PT Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap, Cilacap*
[5] *Pokdakan Sidat Panikel (PUSAKA), Desa Panikel, Cilacap*
Email Correspondence: 22240030121@lspr.edu

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji inovasi budidaya sidat berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT) melalui integrasi sistem aerasi dan pemantauan parameter berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendukung pengembangan green entrepreneurship pada program Corporate Social Responsibility (CSR) binaan PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU IV Cilacap. Inovasi ini dikembangkan untuk mengatasi ketergantungan pada energi fosil, tingginya biaya operasional aerasi, keterbatasan pengendalian kualitas air, serta rendahnya efisiensi manajemen produksi. Kegiatan PPM dilaksanakan melalui analisis situasi, Focus Group Discussion (FGD), identifikasi kebutuhan teknologi, pemasangan panel surya dan perangkat IoT, serta pelatihan penggunaan dan perawatan alat. Sistem memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi utama untuk mengoperasikan aerator dan infrastruktur komunikasi digital. Kolam budidaya dilengkapi perangkat IoT yang terintegrasi dengan aplikasi Panikel untuk mengukur pH air, memantau pertumbuhan dan estimasi bobot sidat, memproyeksikan waktu panen, menghitung kebutuhan pakan harian, serta mencatat tingkat mortalitas. Konektivitas digital memungkinkan data budidaya ditransmisikan secara real time sehingga pembudidaya dapat melakukan pemantauan jarak jauh dan pengambilan keputusan berbasis data. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa integrasi PLTS, aerasi berkelanjutan, dan IoT meningkatkan efisiensi energi, stabilitas lingkungan budidaya, efektivitas pengelolaan produksi, serta produktivitas usaha sidat sekaligus memperkuat kapasitas pembudidaya menerapkan praktik usaha hijau adaptif dan mandiri.

Kata kunci: *Corporate Social Responsibility*; Akuakultur berkelanjutan; Efisiensi energi; Manajemen produksi berbasis data; Pengendalian kualitas air.

ABSTRACT

This study examines innovations in eel cultivation based on New and Renewable Energy (EBT) through the integration of aeration systems and Internet of Things (IoT)-based parameter monitoring to support the development of green entrepreneurship in the Corporate Social Responsibility (CSR) program fostered by PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU IV Cilacap. This innovation was developed to address dependence on fossil fuels, high aeration operational costs, limited water quality control, and low production management efficiency. PPM activities were carried out through situation analysis, Focus Group Discussions (FGDs), identification of technology needs, installation of solar panels and IoT devices, and training on tool use and maintenance. The system utilizes Solar Power Plants (PLTS) as the main energy source to operate the aerators and digital communication infrastructure. The cultivation ponds are equipped with IoT devices integrated with the Panikel application to measure water pH, monitor eel growth and weight estimation, project harvest times, calculate daily feed requirements, and record mortality rates. Digital connectivity allows cultivation data to be transmitted in real time so that farmers can conduct remote monitoring and data-based decision

making. The results of the activity show that the integration of solar power plants, sustainable aeration, and IoT improves energy efficiency, the stability of the cultivation environment, the effectiveness of production management, and the productivity of eel farming while strengthening the capacity of farmers to implement adaptive and independent green business practices.

Keywords: *Corporate Social Responsibility; Sustainable Aquaculture; Energy Efficiency; Data-driven Production Management; Water Quality Control.*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki sumber daya perairan besar sehingga sektor perikanan strategis bagi ketahanan pangan, ekonomi, dan kesejahteraan masyarakat pesisir. Peningkatan penduduk dan kesadaran konsumsi protein hewani ikut mendorong kenaikan konsumsi ikan nasional, sehingga penguatan perikanan budidaya menjadi peluang penting bagi penyediaan pangan dan ekonomi lokal (Nikawanti, 2021).

Di berbagai wilayah pesisir, mata pencaharian masih bergantung pada perikanan tangkap dan pertanian skala kecil yang rentan musim karena dipengaruhi cuaca dan gelombang, sehingga pendapatan berfluktuasi dan pasokan menurun di luar musim tangkap. Pemasaran yang cenderung lokal serta ketergantungan pada pengumpul turut membatasi nilai tambah nelayan/pelaku usaha. Kondisi ini menegaskan perlunya alternatif usaha yang lebih stabil melalui pengembangan budidaya komoditas bernilai tinggi disertai penguatan manajemen dan inovasi berbasis masyarakat (Gabriel et al., 2024).

Salah satu komoditas bernilai ekonomi tinggi yang prospektif adalah sidat (Anguilla spp.). Permintaan domestik dan internasional, terutama Asia Timur, membuat budidaya sidat berpotensi meningkatkan nilai tambah pembudidaya (Rifqi et al., 2025). Namun, budidaya sidat berbasis masyarakat masih menghadapi hambatan struktural berupa keterbatasan sarana-prasarana, penguasaan teknologi yang rendah, dan kendala tata kelola usaha yang umum pada usaha produktif berbasis komunitas (Hamdani et al., 2021), di samping ketergantungan energi fosil, konsumsi energi operasional tinggi, kontrol kualitas air yang terbatas, serta efisiensi manajemen produksi yang rendah.

Kabupaten Cilacap, khususnya Kecamatan Kampung Laut di kawasan Segara Anakan merupakan wilayah pesisir dengan aktivitas perikanan dan budidaya yang kuat serta potensi perikanan darat yang besar. Kondisi tersebut menunjukkan relevansi penguatan komoditas bernilai tinggi seperti sidat melalui pendekatan pemberdayaan yang inovatif dan berkelanjutan (Susdarwono & Aminullah, 2023). Di wilayah ini, Kelompok Nelayan Tambak PUSAKA di Desa Panikel sebagai mitra CSR PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU IV Cilacap mengembangkan budidaya sidat untuk peningkatan pendapatan. Namun, operasional masih bergantung pada listrik PLN untuk aerator dan kebutuhan penunjangnya dengan biaya rata-rata Rp600.000/bulan serta emisi sekitar 0,6 ton CO_2/tahun sehingga belum sejalan dengan prinsip transisi energi rendah karbon.

Biaya operasional tinggi disebabkan oleh pengoperasian aerator yang dilakukan selama 16 hingga 24 jam guna menjaga DO dan sirkulasi air. Pengoperasian Aerator yang konstan tanpa penyesuaian berdasarkan kualitas air (misalnya DO, DDS, pH, dan suhu) berisiko menyebabkan konsumsi listrik tidak proporsional, menurunkan efisiensi dan meningkatkan beban biaya. Di sisi lain, aerasi yang tidak optimal dapat menurunkan kualitas air, memicu stres, menekan nafsu makan hingga meningkatkan risiko kematian (Boyd et al., 2020), sehingga pengendalian kualitas air secara terukur menjadi prasyarat keberhasilan budidaya.

Tantangan berikutnya adalah manajemen produksi yang masih konvensional dengan pencatatan terbatas sehingga keputusan operasional lebih berbasis pengalaman daripada data dan menyulitkan evaluasi, perencanaan panen serta pengendalian risiko. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa transformasi digital pada kelompok komunitas menuntut peningkatan kapasitas digital agar informasi dapat dikelola secara terstruktur dan digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan (Febrian et al., 2025). Karena itu, manajemen berbasis data dan pencatatan sistematis sebagai bagian dari *Good Aquaculture Practices* penting untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan budidaya (Ihsan et al., 2024).

Tanpa budidaya yang terencana, pemenuhan konsumsi cenderung mengandalkan penangkapan sidat dewasa dari alam, dalam 30 hari diperkirakan 900 – 1.100 ekor sidat dewasa ditangkap. Praktik ini berpotensi menekan populasi karena individu dewasa yang tertangkap tidak sempat menyelesaikan siklus reproduksi (migrasi dan pemijahan di perairan dalam). Budidaya sidat berkelanjutan dapat menurunkan ketergantungan pada tangkapan alam sekaligus menjadi strategi konservasi melalui pengurangan tekanan penangkapan (Nugraha & Desnanjaya, 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan inovasi terintegrasi melalui pemanfaatan EBT dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengoperasikan aerator dan mendukung infrastruktur digital serta sistem pemantauan budidaya berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dalam Aplikasi Panikel. Sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh, pencatatan kualitas air *real-time* dan pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengendalian lingkungan budidaya. Fokus penelitian mencakup: (1) ketergantungan energi fosil, (2) tingginya biaya aerasi, (3) keterbatasan pengendalian kualitas air yang berdampak pada mortalitas/kelangsungan hidup, dan (4) rendahnya efisiensi manajemen produksi akibat pemanfaatan data/teknologi yang belum optimal.

Teknologi Budidaya dan Pengendalian Kualitas Air

Budidaya sidat membutuhkan kualitas air stabil karena perubahan lingkungan memengaruhi pertumbuhan, efisiensi pakan dan kelangsungan hidup (Ihsan et al., 2024). Pada sistem intensif, kepadatan tebar dan pakan tinggi mempercepat akumulasi bahan organik/limbah metabolit yang menurunkan kualitas air dan memicu stres ikan (Sudirman et al., 2023). Aerasi menjadi kunci untuk menjaga DO, sirkulasi, pelepasan gas terlarut (CO_2, metana, H_2S), serta mendukung nitrifikasi, tetapi sekaligus merupakan proses yang relatif paling intensif energi; aerasi yang tidak optimal meningkatkan fluktuasi DO dan risiko mortalitas, terutama pada fase pendederan (Andriani & Nurinsani, 2025; Gulo & Waruwu, 2025;Yuniarti et al., 2019). Karena itu, penguatan aerasi dan pengelolaan kualitas air berbasis pengukuran diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan menekan risiko kegagalan (Hasan et al., 2020).

Internet of Things untuk Pemantauan Parameter Budidaya

Smart aquaculture mendorong pengelolaan budidaya yang lebih presisi dan berbasis data. IoT memungkinkan pemantauan *real-time* parameter perairan (misalnya pH, suhu, DO, dan indikator lain) melalui sensor yang mengirim data ke aplikasi/*platform* untuk dianalisis (Yulianti et al., 2025). Dibanding pemantauan manual periodik, data IoT yang kontinu mempercepat deteksi perubahan, mendukung tindakan korektif serta membentuk data historis untuk evaluasi produksi (Sudibyo et al., 2024; Hasan et al.,

2020). Integrasi IoT dengan filtrasi juga dilaporkan meningkatkan akurasi pemantauan dan memperkuat kontrol kualitas air untuk keberlanjutan budidaya (Rochim et al., 2025).

Energi Baru Terbarukan dalam Akuakultur

Kebutuhan energi tinggi, terutama untuk aerator/kincir yang cenderung beroperasi terus-menerus menjadi kendala utama budidaya intensif. Ketergantungan listrik konvensional menaikkan biaya operasional dan jejak karbon; pada pembudidaya skala masyarakat, beban listrik bahkan dapat membatasi durasi aerasi dan berdampak pada kualitas air serta performa produksi (Fatwasauri et al., 2025). Karena itu, pemanfaatan EBT seperti PLTS relevan untuk mengurangi ketergantungan energi fosil, memperkuat kemandirian energi dan meningkatkan efisiensi biaya pada sistem yang membutuhkan aerasi berkesinambungan (Aldo et al., 2024).

Integrasi Aerasi, Parameter IoT, dan PLTS sebagai Model Budidaya Berkelanjutan

Integrasi aerasi berkesinambungan, dukungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan pemantauan berbasis *Internet of Things* membentuk model budidaya yang lebih efisien dan berorientasi keberlanjutan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat menjaga kontinuitas energi untuk perangkat aerasi sehingga fluktuasi parameter perairan berkurang dan risiko stres serta mortalitas dapat ditekan (Muntini et al., 2024). Pada saat yang sama, *Internet of Things* mendukung pengambilan keputusan berbasis data melalui pemantauan parameter budidaya dan pencatatan aktivitas secara terstruktur, sementara integrasi sistem IoT dengan filtrasi dilaporkan berpotensi menjaga kualitas air pada kisaran yang lebih optimal (Rahayu et al., 2025). Pada komoditas bernilai tinggi seperti sidat, strategi pemeliharaan, termasuk padat tebar dan penerapan sistem resirkulasi memengaruhi performa produksi sekaligus aspek finansial sehingga inovasi teknologi yang meningkatkan efisiensi operasional dan manajemen berbasis data menjadi relevan (Oktami et al., 2024). Selain itu, keberlanjutan budidaya sidat juga berkaitan dengan tata kelola benih *glass eel* pada rantai pasok sehingga penguatan sistem budidaya yang efisien diperlukan untuk menekan tekanan eksploitasi benih dari alam (Hadie et al., 2021).

METODE IMPLEMENTASI



Gambar 1. Metode Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat

Program Pengabdian kepada Masyarakat (PPM) ini bertujuan meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan budidaya sidat di Desa Panikel, Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap melalui penerapan panel surya untuk sistem aerasi serta pemantauan parameter budidaya berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terhubung ke aplikasi *mobile*. Kegiatan berlangsung selama lima bulan mulai Agustus hingga Desember 2025 dan dipusatkan di lokasi budidaya POKDAKAN Sidat Panikel di Desa Panikel sebagai mitra utama P T KPI RU IV Cilacap dalam program PUSAKA (Pusat Budidaya dan Edukasi Sidat Panikel) dengan subjek pemberdayaan anggota POKDAKAN. Program dilaksanakan secara kolaboratif bersama PT Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap (pendamping CSR), Koperasi Mina Sidat Bersatu dan Dinas Perikanan Kabupaten Cilacap sebagai pendukung teknis dan kelembagaan. Tahapan pelaksanaan meliputi:

1. Identifikasi Situasi dan Kondisi Awal Mitra
   Tahap awal dilakukan melalui observasi lapangan dan FGD untuk memetakan kondisi eksisting budidaya sidat, meliputi teknik pemeliharaan, manajemen pakan, kualitas air, penggunaan energi, serta kendala utama. Kegiatan mencakup survei infrastruktur dan kebutuhan teknologi, pengumpulan data dasar budidaya, serta FGD lanjutan untuk menyepakati ekspektasi dan rencana kerja program.
2. Sosialisasi dan Perencanaan
   Sosialisasi dilakukan untuk memperkuat pemahaman mitra mengenai urgensi penerapan PLTS yang terintegrasi dengan aerasi serta pemantauan kualitas air berbasis IoT melalui aplikasi mobile. Pada tahap ini dilakukan diskusi terkait manfaat teknologi, terutama penghematan energi dan peningkatan efisiensi operasional. Berdasarkan hasil identifikasi, disusun rencana kegiatan yang meliputi peningkatan kapasitas teknis, penguatan kelembagaan, dan edukasi manajemen usaha perikanan.
3. Pelaksanaan dan Implementasi Teknologi Tepat Guna
   Sistem PLTS dirancang untuk memasok energi pada perangkat aerasi berupa paddle wheel aerator, meliputi penentuan konfigurasi panel surya, charge controller, baterai, serta inverter atau penggerak motor sesuai spesifikasi aerator. Aerator dipasang pada kolam dengan mempertimbangkan distribusi oksigen dan arah sirkulasi air, serta dilaksanakan secara partisipatif bersama mitra untuk mendukung transfer pengetahuan dan kepemilikan teknologi. Sistem kemudian diintegrasikan dengan pemantauan parameter air berbasis IoT melalui instalasi perangkat, kalibrasi dan validasi sensor, integrasi ke Aplikasi Panikel, serta pendampingan penguatan kapasitas mitra untuk memastikan ketercapaian tujuan program.
4. Monitoring dan Evaluasi
   Monitoring dilakukan secara berkala untuk menilai implementasi program dan penerapan materi oleh mitra, sedangkan evaluasi dilaksanakan pada akhir kegiatan untuk mengukur perubahan pengetahuan, keterampilan, dan kinerja budidaya. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif melalui perbandingan kondisi pra dan pascaprogram, penilaian peningkatan kapasitas anggota, serta evaluasi hasil budidaya berupa pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup sidat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PPM) pada Kelompok POKDAKAN Sidat Panikel melalui Program PUSAKA menunjukkan capaian pada aspek teknis dan manajerial budidaya sidat. Hasil program tidak hanya berupa penerapan kegiatan di lapangan, tetapi juga memperlihatkan keterkaitan dengan temuan ilmiah yang telah dipublikasikan sehingga mendukung validitas pelaksanaan PPM. Pemaparan hasil disusun berdasarkan empat permasalahan utama yang menjadi dasar perancangan kegiatan.

Reduksi Penggunaan Energi Listrik Konvensional Berbasis Fosil Sebesar 100%

Hasil PPM menunjukkan bahwa penerapan PLTS pada sistem pendukung budidaya mulai mengurangi ketergantungan operasional, terutama aerasi dan sirkulasi air terhadap listrik konvensional. Sebelum program, seluruh kebutuhan energi bergantung pada listrik PLN sehingga biaya operasional tinggi dan sistem rentan terhadap gangguan pasokan. Setelah implementasi, kebutuhan energi dipenuhi oleh energi surya sehingga ketergantungan energi fosil menjadi 0%. Temuan ini sejalan dengan pendekatan *low-*

carbon aquaculture yang menekankan efisiensi energi dan penggunaan sumber energi ramah lingkungan (Setiawan, 2024), serta mendukung bukti bahwa energi terbarukan pada akuakultur skala kecil-menengah dapat memperkuat ketahanan ekonomi pembudidaya selain manfaat lingkungan (Nazar et al., 2024).



Gambar 2. Pembudidaya sedang menjelaskan system pengoprasian PLTS

Pemanfaatan PLTS diarahkan untuk memasok energi sistem aerasi berupa paddle wheel aerator yang menjadi komponen dengan konsumsi energi terbesar pada budidaya intensif. Aerator berfungsi meningkatkan oksigen terlarut (DO) sekaligus menjaga sirkulasi dan pencampuran kolom air sehingga tingginya kebutuhan listrik karena beroperasi dalam durasi panjang. Implementasi PLTS menggantikan keseluruhan pasokan listrik konvensional untuk aerasi dan meningkatkan kemandirian ener gi kelompok sejalan dengan upaya penurunan jejak energi dalam budidaya berkelanjutan (Boyd et al., 2020).

Secara teknis, sistem PLTS untuk aerasi disusun dalam rantai pasok energi yang terukur, yaitu panel surya sebagai sumber listrik DC, *charge controller* sebagai pengatur arus dan tegangan, baterai sebagai penyimpan, serta inverter atau penggerak motor untuk menyalurkan energi ke aerator. Konfigurasi ini menjaga pasokan energi lebih stabil pada siang hari dan tetap terjaga dengan dukungan baterai sebagai *buffer* yang penting karena pada padat tebar dan beban organik tinggi penurunan DO dapat terjadi cepat dan memengaruhi performa ikan. Keberhasilan teknis PPM ditunjukkan oleh fungsi sistem yang berjalan berkesinambungan dari sumber energi hingga beban aerasi, bukan sekadar pemasangan perangkat.

Penerapan PLTS juga membuka peluang efisiensi operasional melalui perubahan pola aerasi. Sebelumnya, aerator cenderung dioperasikan konstan karena tidak didukung keputusan berbasis data; setelah terintegrasi dengan pemantauan kualitas air, pengoperasian dapat dibuat adaptif sesuai kebutuhan aktual, misalnya ditingkatkan saat DO menurun atau pasca pemberian pakan dan dikurangi saat kondisi stabil. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip efisiensi energi dalam akuakultur dan konsep *smart aquaculture* yang menekankan pengurangan pemborosan energi melalui pengambilan keputusan berbasis informasi (Moeljadi & Susenohaji, 2024).



Gambar 3. Pemasangan Paddle Wheel Aerator

Dari aspek kualitas perairan, aerasi berbasis PLTS berkontribusi pada kestabilan DO dan perbaikan dinamika kolam. *Paddle wheel aerator* tidak hanya meningkatkan oksigen terlarut, tetapi juga membentuk arus dan pencampuran yang mengurangi zona stagnan, mencegah stratifikasi, menekan penumpukan bahan organik lokal serta membantu pelepasan gas terlarut seperti CO_2. DO merupakan parameter kritis pada budidaya intensif karena penurunannya berkorelasi dengan stres, penurunan nafsu makan dan peningkatan mortalitas (Boyd et al., 2020). Stabilitas kualitas air juga dilaporkan sebagai faktor dominan dalam keberhasilan budidaya komoditas ikan bernilai ekonomi (Bambang et al., 2024). Dengan dukungan PLTS, aerasi dapat dijalankan lebih konsisten terutama pada siang hingga sore saat aktivitas metabolik meningkat dan penggunaan baterai sebagai penyimpan energi turut memperpanjang durasi aerasi pada periode kritis tertentu.

Integrasi PLTS, aerasi dan Aplikasi *Mobile* Panikel menjadikan teknologi yang diterapkan tidak hanya sebagai penyedia energi, tetapi juga sebagai bagian dari pengendalian produksi berbasis data. Aplikasi Panikel merekam parameter kualitas air (DO, pH, TDS, suhu) serta data pakan dan mortalitas sehingga keterkaitan kondisi lingkungan dan keputusan operasional dapat ditelusuri. Data DO yang menurun dapat segera direspons melalui penyesuaian aerasi, sementara peningkatan input pakan dapat diimbangi dengan penguatan aerasi pasca pemberian pakan dan tren mortalitas dapat dievaluasi melalui penelusuran parameter kualitas air. Dengan alur tersebut, PLTS dan aerasi berfungsi sebagai intervensi energi yang memperkuat pengendalian lingkungan sekaligus manajemen produksi secara terpadu, sejalan dengan temuan bahwa produktivitas akuakultur modern ditentukan oleh integrasi teknologi dan pengelolaan operasional (Amifia et al., 2022).

Ketercapaian PPM dinilai melalui indikator yang relevan dengan tujuan program, yaitu keandalan operasional aerator dalam menjaga DO, konsistensi pemantauan kualitas air sebagai dasar keputusan, pergeseran sumber energi dari listrik konvensional menuju energi surya serta kecenderungan perbaikan kondisi budidaya yang tercermin pada pencatatan mortalitas dan kejadian kritis terkait kualitas air. Indikator tersebut menunjukkan bahwa tujuan peningkatan kemandirian energi, efisiensi konsumsi energi, pengendalian kualitas air, dan efisiensi manajemen produksi dapat dicapai secara terintegrasi. Selain hasil teknis, pendekatan teknologi tepat guna juga mendorong perubahan perilaku mitra menjadi lebih adaptif dan mandiri karena teknologi berfungsi sebagai sarana pembelajaran dan penguatan kapasitas, selaras dengan konsep pemberdayaan yang menempatkan mitra sebagai subjek pembangunan (Chambers, 2017).

Penghematan Biaya Operasional per Siklus Panen

Sebelum penerapan teknologi, kebutuhan energi untuk aerasi pada budidaya sidat intensif menjadi komponen biaya operasional dominan karena aerator bekerja dalam durasi panjang, bahkan mendekati kontinu untuk menjaga DO dan sirkulasi air. Literatur akuakultur juga menunjukkan bahwa aerasi konvensional yang beroperasi terus-menerus menyerap porsi besar konsumsi energi sehingga strategi pengelolaan aerasi sangat menentukan efisiensi biaya produksi. Setelah PLTS diimplementasikan, POKDAKAN Sidat Panikel memperoleh dampak ekonomi berupa penghematan biaya operasional hingga Rp5.400.000 dalam satu siklus budidaya karena kebutuhan listrik aerasi yang sebelumnya bergantung pada jaringan listrik berbayar dapat disubstitusi energi surya. Temuan ini konsisten dengan berbagai studi yang menyatakan bahwa integrasi PLTS pada aerasi akuakultur menurunkan ketergantungan pada listrik konvensional, mengurangi biaya energi dan berpotensi menekan emisi karbon dari kegiatan budidaya.



Gambar 4. Kondisi Kolam PKDAKAN Penikel

Efisiensi biaya ini tidak hanya menurunkan pengeluaran, tetapi juga meningkatkan kepastian biaya operasional yang penting bagi perencanaan arus kas per siklus, mengingat aerasi merupakan kebutuhan kritis yang tidak dapat dikurangi tanpa risiko penurunan DO. Dengan PLTS, biaya energi lebih terkendali sehingga kelompok memiliki perencanaan operasional yang lebih stabil dan tidak terlalu rentan terhadap fluktuasi tarif maupun kendala pasokan listrik. Kondisi tersebut membuka peluang re-alokasi sumber daya ke aspek produksi lain seperti peningkatan kualitas pakan, perawatan sarana dan aerator serta penguatan monitoring kualitas air. Secara prinsip, efisiensi energi melalui pemilihan dan pengoperasian aerator yang tepat berpengaruh langsung terhadap kelayakan finansial unit budidaya sehingga PLTS tidak hanya mendukung transisi energi bersih, tetapi juga memperkuat keberlanjutan ekonomi budidaya sidat. Pada level program, capaian ini menjadi dasar pengembangan *green entrepreneurship* karena adopsi teknologi hijau terbukti meningkatkan efisiensi biaya dan ketahanan usaha kelompok dalam jangka panjang.

Penurunan Mortalitas per Siklus melalui Parameter IoT dan Aplikasi Panikel

Hasil PPM menunjukkan peningkatan kemampuan mitra dalam mengendalikan kualitas perairan setelah penerapan perangkat Parameter IoT yang terintegrasi dengan Aplikasi Panikel. Parameter utama seperti DO, pH, suhu dan TDS dapat dipantau secara *real-time* sehingga monitoring tidak lagi bersifat rutin semata, tetapi diikuti pemahaman hubungan fluktuasi parameter dengan kesehatan, respons makan dan pertumbuhan sidat. Dibanding kondisi awal yang cenderung reaktif dan belum terstruktur, perubahan ini memperkuat pengelolaan kualitas air menjadi lebih terarah dan berbasis data.



Gambar 5. Peningkatan Kapasitas Kelompok PUSAKA

Secara teoretis, stabilitas kualitas air merupakan penentu utama keberhasilan budidaya intensif dan penting untuk menekan risiko kegagalan pada komoditas ikan bernilai ekonomi tinggi (Boyd et al., 2020; Heirina et al., 2022). Sejalan dengan itu, pemanfaatan Parameter IoT dan aplikasi monitoring dalam program PUSAKA memperkuat pengendalian kualitas air berbasis data sehingga keputusan operasional dapat dilakukan lebih cepat dan tepat seperti penyesuaian aerasi, sirkulasi maupun strategi pemberian pakan.

Selain untuk monitoring, Aplikasi Panikel memfasilitasi pencatatan produksi, pakan, mortalitas dan progres siklus per kolam sehingga pengelolaan budidaya bergeser dari berbasis pengalaman menuju manajemen berbasis data. Perubahan ini memperkuat kapasitas manajerial kelompok dan memudahkan evaluasi antar siklus. Hasil tersebut selaras dengan temuan bahwa peningkatan kapasitas pembudidaya dalam pengelolaan kualitas air berpengaruh terhadap peningkatan kelangsungan hidup sidat (Herijanto et al., 2025). Stabilitas kualitas air juga mendukung efisiensi input, terutama pakan karena lingkungan yang terkendali meningkatkan nafsu makan dan potensi perbaikan konversi pakan.

Dampak integrasi Parameter IoT dan Aplikasi Panikel tercermin pada penurunan mortalitas, dari rata-rata 20% per siklus menjadi 5% per siklus setelah penerapan monitoring menggunakan parameter dan penguatan pengambilan keputusan berbasis data. Capaian ini menunjukkan bahwa pengendalian kualitas air yang lebih presisi dan pencatatan produksi yang sistematis mampu menekan kejadian kritis serta memperkuat keberlanjutan produksi sidat dalam Program PUSAKA.

Aplikasi Panikel sebagai Sistem Kendali dan Pencatatan Terintegrasi

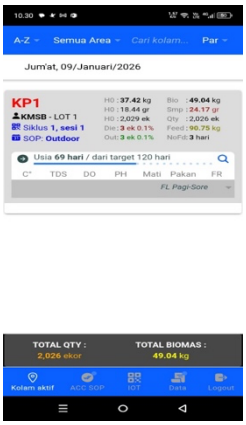
Aplikasi Panikel berperan sebagai *platform* pencatatan dan pemantauan budidaya yang mengintegrasikan data produksi, kualitas air, pakan, mortalitas, serta riwayat kegiatan per kolam. Fitur utama aplikasi mencakup menu kolam aktif, ACC SOP, IoT serta Data dan Laporan yang mendukung dokumentasi dan evaluasi budidaya.



Gambar 6. Tim Pelaksana PT KPI RU IV & Mitra melakukan instalasi aplikasi & pemasangan Parameter

Dalam konteks PPM, aplikasi ini menjawab masalah rendahnya efisiensi manajemen produksi dan keterbatasan kontrol kualitas lingkungan. Melalui pencatatan terstruktur dan pemantauan parameter, pengelolaan budidaya bergeser dari berbasis kebiasaan menjadi berbasis data (*data-driven management*), sehingga proses lebih mudah dievaluasi, diperbaiki dan direplikasi.

Modul "Kolam Aktif": Dashboard Operasional Harian Berbasis Kolam/Lot



Gambar 7. Modul Kolam Aktif

Pada menu Kolam Aktif (misalnya KP1-KMSB LOT 1, Siklus 1, Sesi 1, SOP: Outdoor), Aplikasi Panikel menampilkan ringkasan produksi harian untuk evaluasi budidaya. Informasi yang tersaji mencakup identitas unit budidaya seperti kode kolam, area/LOT, siklus dan sesi yang mendukung keterlacakan (*traceability*). Aplikasi juga menampilkan indikator populasi dan performa, meliputi jumlah ikan (Qty), biomassa (Bio), bobot rata-rata (Smp), serta penanda *baseline* awal siklus (misalnya H0). Dari sisi operasional, dashboard memuat akumulasi pakan (*Feed*), jumlah kematian (*Die*/Mati), catatan ikan keluar sistem (*Out*), serta hari tanpa pemberian pakan (NoFd). Selain itu, aplikasi menampilkan progres umur budidaya, misalnya 69 hari dari target 120 hari untuk memantau capaian per siklus.

Ketersediaan dashboard ini memungkinkan mitra melakukan kontrol cepat terhadap performa per kolam dan membandingkannya dengan target produksi. Dengan indikator yang terdokumentasi dan diperbarui secara rutin, pengambilan keputusan tidak lagi bertumpu pada ingatan sehingga respons terhadap masalah budidaya, termasuk pengendalian mortalitas dapat dilakukan lebih tepat dan terukur.

Modul Parameter Air: Monitoring Kualitas Lingkungan (C°, TDS, DO, pH)

Dashboard menampilkan parameter kunci kualitas air untuk budidaya intensif, yaitu suhu, TDS, DO dan pH. Suhu memengaruhi metabolisme, nafsu makan dan stres fisiologis; DO sangat menentukan pada sistem padat tebar karena penurunannya berkaitan dengan stres, penurunan respons makan hingga mortalitas; pH berpengaruh terhadap fisiologi ikan dan potensi toksisitas senyawa tertentu; sedangkan TDS merefleksikan total padatan terlarut yang dapat mengindikasikan perubahan kualitas air akibat akumulasi material terlarut dari pakan maupun limbah. Fitur ini mengatasi keterbatasan pengendalian kualitas perairan karena pemantauan tidak lagi berbasis observasi visual, melainkan pemantauan berbasis parameter. Dengan data tren yang tersedia, pengelolaan bergeser dari reaktif menjadi preventif sehingga mitra dapat menyesuaikan aerasi,

sirkulasi, pergantian air atau strategi pemberian pakan sebelum penurunan performa terjadi.



Gambar 8. Dashboard

1) **Modul ACC SOP: Standarisasi Proses melalui SOP Per Kolam**
   Menu SOP dan ACC SOP pada Aplikasi Panikel menunjukkan bahwa aplikasi tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan, tetapi juga memfasilitasi penerapan SOP sesuai kondisi kolam, seperti sistem outdoor. Penerapan SOP digital mendorong keseragaman proses kerja antar anggota kelompok, mengurangi variasi tindakan dalam budidaya kolektif, serta memudahkan evaluasi karena perbedaan hasil antar kolam dapat ditelusuri melalui tingkat kepatuhan terhadap prosedur. Dengan demikian, SOP digital memperkuat validitas pelaksanaan PPM karena capaian budidaya dapat dikaitkan dengan penerapan prosedur yang terstandar, bukan semata asumsi operasional.
2) **Modul Input Harian: Pakan dan Mortalitas**
   Pada fitur input, Aplikasi Panikel menyediakan kolom terstruktur untuk pencatatan mortalitas, jumlah pakan (kg), jenis pakan (*dropdown*), durasi, pembagian waktu pemberian pakan (pagi, siang, sore, malam), serta kolom keterangan dan input tambahan (+Ap, +Ap.gr). Struktur ini membantu mitra mengontrol pola feeding dan konsistensi input sehingga evaluasi respons makan, pencegahan *overfeeding* dan pengurangan limbah pakan menjadi lebih mudah. Karena log pakan terhubung dengan data parameter air, mitra dapat menilai keterkaitan antara peningkatan pakan, beban organik, penurunan DO dan kebutuhan aerasi yang berdampak pada konsumsi energi operasional. Selain itu, pencatatan mortalitas harian per kolam dan waktu berfungsi sebagai indikator dini untuk mendeteksi gangguan budidaya sehingga tindakan korektif dapat dilakukan lebih cepat dan terukur.
3) **Modul IOT dan Kalibrasi: Menjamin Kualitas Data (*Data Reliability*)**
   Menu Parameter IoT pada Aplikasi Panikel menyediakan pemantauan kualitas air serta fitur kalibrasi sensor untuk TDS, pH dan DO. Fitur ini berfungsi sebagai kontrol mutu data karena meningkatkan akurasi pembacaan dan menekan bias sensor sehingga keputusan operasional berbasis data menjadi lebih valid. Dalam konteks PPM, mekanisme kalibrasi memperkuat bahwa perbaikan pengendalian kualitas air didukung oleh data yang lebih reliabel.
4) **Modul Data & Laporan: *Traceability* dan Evaluasi Siklus Produksi**
   Menu Data dan Laporan pada Aplikasi Panikel menyediakan riwayat *grading*, tebar benih, panen, penggunaan pakan dan siklus budidaya sehingga membentuk

jejak produksi *end-to-end* dari awal hingga panen. Fitur ini memungkinkan evaluasi indikator kinerja seperti tren pertumbuhan pasca *grading*, kebutuhan pakan tiap fase dan *output* panen per siklus. Dengan dokumentasi historis tersebut, pengelolaan budidaya tidak lagi berbasis *trial-error*, tetapi mendukung pembelajaran antarsiklus dan peningkatan efisiensi manajemen produksi secara berkelanjutan.

Terbentuknya SOP Operasional dan Manajerial Budidaya yang Lebih Efisien dan Ramah Lingkungan

Dari sisi manajemen produksi, PPM mendorong penyusunan dan penerapan SOP serta pencatatan budidaya yang lebih sistematis. Pencatatan mencakup pakan, pertumbuhan, kondisi lingkungan dan mortalitas yang sebelumnya belum konsisten sehingga rangkaian budidaya dari tebar hingga panen menjadi lebih terukur, terdokumentasi dan mudah ditelusuri per kolam maupun per siklus. Dengan mekanisme ini, mitra mulai mengevaluasi kinerja secara lebih objektif dan mengidentifikasi faktor penentu keberhasilan sehingga pengambilan keputusan bergeser dari berbasis pengalaman menuju manajemen berbasis data.

Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip *Good Aquaculture Practices* (GAP) yang menekankan pencatatan dan evaluasi sebagai dasar pengendalian proses produksi (Booncharoen & Anal, 2021). Temuan ini juga konsisten dengan laporan bahwa pembudidaya yang menerapkan manajemen produksi berbasis data cenderung lebih efisien dibanding yang hanya mengandalkan pengalaman (Mustofa & Handiman, 2025). Dalam konteks PPM, penguatan SOP dan pencatatan menegaskan bahwa pemberdayaan tidak berhenti pada penyediaan alat, tetapi juga meningkatkan kapasitas manajerial kelompok yang krusial bagi keberlanjutan usaha budidaya skala kecil.

Secara keseluruhan, hasil PPM menunjukkan keterkaitan antara perbaikan aspek energi, lingkungan dan manajemen produksi. Efisiensi energi menurunkan biaya operasional, pengendalian kualitas air dalam mendukung performa produksi dan manajemen produksi berbasis data untuk memperkuat keberlanjutan usaha. Integrasi ini sejalan dengan konsep *sustainable aquaculture systems* yang menekankan keseimbangan aspek ekonomi, lingkungan dan sosial (Boyd et al., 2020). Dengan capaian tersebut, Program PUSAKA berpotensi direplikasi pada kelompok pembudidaya lain dengan karakteristik serupa karena menggabungkan solusi teknis dan penguatan kapasitas serta kemandirian mitra.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pelaksanaan PPM pada Kelompok Nelayan Tambak PUSAKA di Desa Panikel, Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap, menunjukkan bahwa integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sistem aerasi, pemantauan kualitas air berbasis Internet of Things (IoT), dan Aplikasi Panikel mampu menjawab berbagai permasalahan utama dalam budidaya sidat. Pemanfaatan PLTS mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dan listrik konvensional sekaligus menekan biaya operasional serta mendukung praktik budidaya rendah emisi. Pengoperasian aerator yang lebih adaptif membantu menjaga kadar oksigen terlarut, memperbaiki sirkulasi air, dan mengurangi risiko terbentuknya zona stagnan. Sementara itu, pemantauan kualitas air secara real time memungkinkan mitra melakukan tindakan korektif dengan lebih cepat dan preventif. Aplikasi Panikel juga meningkatkan ketertiban pencatatan parameter kualitas air,

kebutuhan pakan, tingkat mortalitas, pertumbuhan sidat, serta perkembangan siklus produksi pada setiap kolam. Integrasi seluruh sistem tersebut memperkuat pengambilan keputusan berbasis data, meningkatkan efisiensi produksi, dan mendorong perubahan perilaku mitra menuju pengelolaan budidaya yang lebih adaptif, mandiri, dan berkelanjutan.

Berdasarkan hasil tersebut, disarankan agar kelompok mitra melakukan pemeliharaan berkala terhadap panel surya, aerator, sensor IoT, jaringan komunikasi, dan perangkat aplikasi untuk menjamin kesinambungan fungsi sistem. Peningkatan kapasitas anggota kelompok juga perlu dilakukan melalui pelatihan lanjutan mengenai interpretasi data, penanganan gangguan teknis, pengelolaan kualitas air, serta pemanfaatan data produksi untuk perencanaan usaha. Pengembangan Aplikasi Panikel selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan fitur peringatan dini, analisis tren pertumbuhan, prediksi waktu panen, perhitungan efisiensi pakan, dan laporan keuangan sederhana. Dukungan berkelanjutan dari PT Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap, pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan pemangku kepentingan lainnya diperlukan untuk memperluas pendampingan, memperkuat kelembagaan kelompok, serta mereplikasi model budidaya hijau dan digital ini pada kelompok pembudidaya lain, khususnya di wilayah pesisir dan perairan umum yang menghadapi permasalahan serupa.

DAFTAR PUSTAKA

Aldo, D., Ginting, M. B., Tanjung, N. A. F., Yasin, F., Sulaeman, G., & Pangestu, F. A. (2024). Penerapan Teknologi IoT dan Energi Terbarukan untuk Meningkatkan Efisiensi Budidaya Ikan di Desa Kasegeran. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: Pemberdayaan, Inovasi Dan Perubahan*, *4*(5), 96–104.

Amifia, L. K., Montolalu, B., Asfari, U., Yogianto, M. F. I., Alfattah, H., & Salsabila, A. (2022). PENERAPAN PANEL SURYA UNTUK MENDUKUNG BUDIDAYA IKAN BERBASIS INTERNET OF THINGS DI KAMPUNG OASE ONDOMOHEN. *Abdimas Galuh*, *4*(2), 1350. https://doi.org/10.25157/ag.v4i2.8574

Andriani, Y., & Nurinsani, R. A. (2025). Sistem Budidaya Ikan Lele (Clarias sp.) dalam Kolam Terpal dengan Teknologi Nano Bubble. *Journal of Fish Nutrition*, *5*(1), 55–67. https://doi.org/10.29303/jfn.v5i1.7534

Bambang, B., Umar, N. A., & Indrawati, E. (2024). PENGARUH EKOENZIM DOSIS BERBEDA TERHADAP PERBAIKAN KUALITAS AIR BUDIDAYA DALAM PEMBESARAN IKAN LELE MUTIARA CLARIAS SP. *Journal of Aquaculture and Environment*, *6*(2), 84–89. https://doi.org/10.35965/jae.v6i2.3047

Booncharoen, C., & Anal, A. K. (2021). Attitudes, Perceptions, and On-Farm Self-Reported Practices of Shrimp Farmers' towards Adoption of Good Aquaculture Practices (GAP) in Thailand. *Sustainability*, *13*(9), 5194. https://doi.org/10.3390/su13095194

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, *51*(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Chambers, R. (2017). *Can We Know Better?* PRACTICAL ACTION PUBLISHING. https://doi.org/10.3362/9781780449449

Fatwasauri, I., Fitriyanto, I., Maknunah, J., Pahlevi, R., & Fazri, D. M. (2025). Implementasi Sistem Aerator Menggunakan Kincir Berbasis Panel Surya Pada Empang Udang. *ADMA : Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, *5*(2). https://doi.org/10.30812/adma.v5i2.4534

Febrian, W. D., Geni, B. Y., & Abdullah, M. A. F. (2025). IMPROVING SOCIAL COMMUNITY ACTIVITIES IN DIGITAL MEDIA THROUGH CONTENT MANAGEMENT TRAINING AND STORYTELLING TECHNIQUES. *Jurnal Industri Kreatif Dan Kewirausahaan*, *8*(1), 50–57. https://doi.org/10.36441/kewirausahaan.v8i1.3153

Gabriel, A. A., Malik, A. D., Halim, A., Prihastiti, A. S., & Kamaliyah, N. (2024). EMPOWERING BAWEAN ISLAND COASTAL COMMUNITIES THROUGH FISH CRACKERS PRODUCT BRANDING AND MARKETING. *Jurnal Industri Kreatif Dan Kewirausahaan*, *7*(2), 156–165. https://doi.org/10.36441/kewirausahaan.v7i2.2587

Gulo, B., & Waruwu, I. (2025). Pengaruh Desain Kolam Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Ikan Nilapada Sistem Budidaya Intensif. *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Peternakan*, *3*(1), 1–10.

Hadie, L. E., Kusnendar, E., & Kusdiarti. (2021). KAJIAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN PENGELOLAAN BUDIDAYA IKAN SIDAT (Anguilla bicolor). *JURNAL KEBIJAKAN PERIKANAN INDONESIA*, *13*(2), 71–84.

Hamdani, H., Farmiati, J., Ismail, I., Bahgia, S., Hasbi, H., & Butar butar, A. (2021). PENDAMPINGAN PERMODALAN USAHA KOPERASI NELAYAN PINTAR BANDA ACEH. *Jurnal Industri Kreatif Dan Kewirausahaan*, *3*(1). https://doi.org/10.36441/kewirausahaan.v3i1.65

Hasan, Z., Iskandar, I., Subhan, U., & Andriani, Y. (2020). INTRODUKSI TEKNOLOGI AERASI TERBARUKAN PADA KELOMPOK PEMBUDIDAYA IKAN PATIN DI KJA WADUK SAGULING, KECAMATAN CILILIN. *Dharmakarya*, *9*(2), 85. https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v9i2.25131

Heirina, A., Rudiansyah, R., Murtini, S., Neksidin, N., Wulandari, D. R., Agustin, R., & Novita, Y. (2022). STRATEGI PENCEGAHAN KEGAGALAN PANEN PADA BUDIDAYA IKAN NILA (Oreochromis niloticus) STUDI KASUS KECAMATAN TUGUMULYO KABUPATEN MUSI RAWAS. *Jurnal Perikanan Unram*, *12*(4), 555–564. https://doi.org/10.29303/jp.v12i4.366

Herijanto, S., Tri Watiningsih, Wasito, Nur Grasela Mawardani, & Okta Rian Maulana. (2025). P PENGUATAN KAPASITAS POKDAKAN SUKA MAJU MELALUI PENERAPAN KINCIR AIR SEBAGAI INOVASI TEKNOLOGI BUDIDAYA IKAN. *Dharma: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *6*(2), 181–192. https://doi.org/10.31315/dlppm.v6i2.16098

Ihsan, H., Efendi, R., & Yandani, E. (2024). Digital Transformation in Fisheries Cultivation: Catfish Farmer Group Management Information System. *Journal of Vocational Education and Information Technology (JVEIT)*, *5*(2), 62–75. https://doi.org/10.56667/jveit.v5i2.1570

Moeljadi, M., & Susenohaji, S. (2024). Sistem Tata Kelola Budidaya Ternak Ikan Air Tawar Berbasis Internet of Things (IoT). *GEMA PENGABDI: Jurnal Inovasi Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, *1*(1), 28–36.

Muntini, M. S., Rahayu, L. P., Fatimah, I., Faridawati, Suyatno, Yuwana, L., & Indrawati, S. (2024). Implementasi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Peningkatan Produktivitas Budidaya Ikan dan Pertanian di Kalurahan

Sumbersari. *PESARE: JURNAL PENGABDIAN SAINS DAN REKAYASA*, *2*(2), 188–199.

Mustofa, A., & Handiman, U. T. (2025). ANALISIS EFEKTIVITAS MANAJEMEN PRODUKSI BUDIDAYA IKAN PATIN DI KECAMATAN JATILUHUR KABUPATEN PURWAKARTA. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, *9*(2), 792–805. https://doi.org/10.31955/mea.v9i2.5707

Nazar, F., Rahman, & Rifqi, M. (2024). Realizing Low-carbon and Climate-resilient Development on Aquaculture. *Advances in Research*, *25*(2), 39–49. https://doi.org/10.9734/air/2024/v25i21031

Nikawanti, G. (2021). Ecoliteracy : Membangun Ketahanan Pangan dari Kekayaan Maritim Indonesia. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, *2*(2), 149–166. https://doi.org/10.17509/ijom.v2i2.37603

Nugraha, I. M. A., & Desnanjaya, I. G. M. N. (2025). ENERGY EFFICIENCY IN AERATION SYSTEMS FOR AQUACULTURE PONDS: A COMPREHENSIVE REVIEW. *Jurnal Riset Akuakultur*, 1–25. https://doi.org/10.15578/jra.20.1.2025.1-25

Oktami, E. T., Mulyasari, G., Yuliarso, M. Z., & Sulistyowati, E. (2024). ANALISIS SISTEM AGRIBISNIS BUDIDAYA IKAN NILA Agribusinees System Analysis In Tilapia Cultivation. *MAHATANI: Jurnal Agribisnis (Agribusiness and Agricultural Economics Journal)*, *7*(2), 258–273. https://doi.org/10.52434/mja.v7i2.41850

Rahayu, U., Wahyuningsih, S., & Kustiawan, U. (2025). PERENCANAAN BISNIS "THE OCEAN'S FINEST SHRIMP." *JURNAL LENTERA BISNIS*, *14*(3), 3515–3255. https://doi.org/10.34127/jrlab.v14i3.1751

Rifqi, M., Efendi, D. S., Nopiana, M., Rahman, R., Cahyadinata, I., Muis, M., Munawar, M., & Handayani, S. (2025). Fasilitasi Kunjungan Mahasiswa untuk Pembelajaran Budidaya Sidat (Anguilla Spp.) ke PT. Laju Banyu Semesta. *Jurnal ETAM*, *5*(1), 45–52. https://doi.org/10.46964/etam.v5i1.1072

Rochim, F. P., Sulistyawan, V. N., Saputro, B., Arlinto, A., Andriano, N., Maghribi, M. M., & Kladius, R. (2025). Peningkatan Produksi Budidaya Ikan Bandeng Masyarakat Kadilangu Melalui Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet of Things. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Terapan*, *2*(1), 1–14. https://doi.org/10.20884/1.jupiter.2.1.30

Setiawan, R. B. (2024). The Exploring a New Paradigm: Green Economy Transformation in the Era of Quantum Technology and Artificial Intelligence. *TOFEDU: The Future of Education Journal*, *3*(5), 1383–1397.

Sudibyo, H., Yuniko, F. T., Fadel, A., Lesmana, L. S., & Efendi, R. (2024). SISTEM MONITORING BUDIDAYA PERIKANAN BERBASIS IOT FISH FEEDER SEBAGAI IMPLEMENTASI SMART FARMING. *JOISIE (Journal Of Information Systems And Informatics Engineering)*, *8*(2), 236. https://doi.org/10.35145/joisie.v8i2.4544

Sudirman, A., Rahadjo, S., Rukmono, D., Islam, I., & Suriyadin, A. (2023). Analisis Kualitas Air Dan Kepekatan Bioflok Pada Budidaya Polikultur Ikan Lele (Clarias sp.) dan Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Sistem Bioflok. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*, *18*(2), 140–151. https://doi.org/10.31851/jipbp.v18i2.13061

Susdarwono, E. T., & Aminullah, F. (2023). TRANSFORMASI KABUPATEN CILACAP MENUJU WILAYAH BERKARAKTER NEGARA KELAUTAN. *Jurnal Inovasi Daerah*, *2*(2), 203–213. https://doi.org/10.56655/jid.v2i2.127

Yulianti, S. D., Matin, I. M. M., Iswara, R. W., Arnaldy, D., Oktivasari, P., Suhandana, A. A., Hermawan, I., Zain, A. R., & Wirawan, C. (2025). Pemanfaatan Teknologi IoT Pada Budidaya Ikan Di Kel. Limus Nunggal, Cileungsi, Bogor. *Mejuajua: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, *4*(3), 425–434. https://doi.org/10.52622/mejuajuajabdimas.v4i3.212

Yuniarti, D. P., Komala, R., & Aziz, S. (2019). PENGARUH PROSES AERASI TERHADAP PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DI PTPN VII SECARA AEROBIK. *Jurnal Online Universitas PGRI Palembang*, *4*(2), 7–16.