

DISEMINASI PAKAN MANDIRI PADA BUDIDAYA IKAN BERBASIS TEKNOLOGI RESIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS) BERBANTUAN SOLAR CELL DI DESA PARANGARGO

Yus Mochamad Cholily¹, Machmud Effendy², Rindya Fery Indrawan³, Subairi⁴,
Riza Rahman Hakim⁵, Beti Istanti Suwandayani⁶

^{1,5}) Program Studi Perikanan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang

²) Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Muhammadiyah Malang

³) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

⁴) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang

⁶) Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Muhammadiyah Malang

e-mail: yus@umm.ac.id

Abstrak

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi budidaya ikan di Desa Parangargo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang, melalui diseminasi pakan mandiri dan penerapan teknologi Recirculating Aquaculture System (RAS) berbantuan solar cell. Permasalahan yang dihadapi petani ikan di desa ini adalah tingginya biaya pakan komersial dan energi yang berdampak pada rendahnya hasil budidaya. Metode pengabdian yang digunakan meliputi pelatihan, demonstrasi, dan pendampingan kepada petani ikan dalam memproduksi pakan mandiri dan mengoperasikan sistem RAS yang hemat energi. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa penggunaan pakan mandiri mampu menurunkan biaya produksi sebesar 30%, sementara penerapan RAS berbantuan solar cell meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 40% dan mengurangi ketergantungan pada energi listrik konvensional. Pengabdian ini memberikan dampak positif terhadap peningkatan kesejahteraan petani ikan serta keberlanjutan budidaya ikan di daerah tersebut.

Kata kunci: Budidaya Ikan; Pakan Ikan; Resirculating Aquaculture System (RAS); Solar Cell.

Abstract

This service activity aims to increase the productivity and efficiency of fish farming in Parangargo Village, Wagir District, Malang Regency, through the dissemination of independent feed and the application of Recirculating Aquaculture System (RAS) technology assisted by solar cells. The problem faced by fish farmers in this village is the high cost of commercial feed and energy which has an impact on low cultivation yields. The service method used includes training, demonstration, and assistance to fish farmers in producing independent feed and operating an energy-efficient RAS system. The results showed that the use of independent feed was able to reduce production costs by 30%, while the application of solar cell-assisted RAS increased water use efficiency by 40% and reduced dependence on conventional electrical energy. This service has a positive impact on improving the welfare of fish farmers and the sustainability of fish farming in the area.

Keywords: Fish farming; Fish feed; Recirculating Aquaculture System (RAS); Solar Cell.

PENDAHULUAN

Perikanan budidaya memiliki peran strategis menjadi salah satu penopang utama pemenuhan kebutuhan pangan nasional (Wibowo, 2014). Tren budidaya ikan ini juga mulai berkembang di masyarat perkotaan (urban) dengan menerapkan budidaya yang intensif (Benis & Ferrão, 2018; Valenti et al., 2021). Dalam beberapa tahun terakhir, industri akuakultur Indonesia mengalami pertumbuhan yang pesat dari berbagai sisi, mulai dari kenaikan angka produksi, bertambahnya jumlah lahan, dan hadirnya teknologi-teknologi terbaru yang dapat memberikan keuntungan bagi para pelaku usaha (Henriksson et al., 2017; Tran et al., 2017). Akuakultur atau perikanan budidaya kini telah menjadi tulang punggung dunia dalam memasok pangan dunia terutama dari sektor perikanan (Einarsson & Óladóttir, 2020; Fisheries, 2022). Akuakultur menjadi sub sektor yang dapat memenuhi pangan yang sehat untuk masyarakat dunia sebagai konsumsinya sehari-hari. Sementara Indonesia dalam kurun tiga tahun terakhir ini kontribusinya terus meningkat (Firdaus et al., 2022).

Budidaya ikan di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar, mengingat kekayaan sumber daya perairan yang dimiliki oleh negara ini (Phillips et al., 2015). Sektor perikanan menjadi salah satu sektor unggulan dalam menopang perekonomian, terutama bagi masyarakat di daerah pedesaan (Ghose, 2014). Namun, tantangan utama yang dihadapi oleh para pembudidaya ikan, terutama di daerah-daerah dengan akses terbatas terhadap sumber daya, adalah tingginya biaya produksi, salah satunya terkait dengan pakan (Isaacs & Hara, 2015). Pakan ikan menjadi salah satu komponen biaya terbesar dalam proses budidaya, yang mencapai 60-70% dari total biaya produksi (Hodar et al., 2020). Ketergantungan yang tinggi terhadap pakan komersial, yang harganya cenderung fluktuatif dan terkadang sulit dijangkau, mendorong kebutuhan untuk mencari alternatif pakan yang lebih terjangkau dan berkelanjutan (El-Sayed et al., 2015).

Wilayah Indonesia yang berkontribusi dalam budidaya ikan adalah Jawa Timur. Provinsi Jawa Timur memiliki potensi perikanan yang sangat besar (Rachmah et al., 2020). Salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang memiliki potensi perikanan budidaya adalah Kabupaten Malang. Kabupaten Malang terletak di wilayah pesisir Selatan Pulau Jawa berada pada 1120 17' 10,90'sampai 1120 57' 00' Bujur Timur 70 44' 55,11' sampai 800 26' 35,45' Lintang Selatan, dengan memiliki luas wilayah luas wilayah 3.534,86 km² (Aliman & Astina, 2019; Handoyo et al., 2021). Selain memiliki potensi perikanan tangkap, dan potensi perikanan budidaya ikan air laut, kabupaten Malang juga memiliki potensi perikanan budidaya ikan air tawar. Pengembangan keanekaragaman komoditas ikan budidaya, dan tingginya daya dukung lahan, sangat berpotensi dalam peningkatan sektor ekonomi bagi masyarakat Malang (Atmajaya, 2021; Sutarjo & Sudibyo, 2020). Hal tersebut, disadari dan didukung penuh oleh pemerintah kabupaten Malang melalui program pengembangan kawasan Mina Politan. Salah satu wilayah di Kabupaten Malang yang terus melakukan pengembangan, dan perbaikan manajemen produksi budidaya ikan air tawar adalah Desa Parangargo Kecamatan Wagir. Secara geografis Desa Parangargo terletak pada posisi 7°21'-7°31' Lintang Selatan dan 110°10'-111°40' Bujur Timur. Topografi ketinggian desa ini adalah berupa daratan sedang yaitu sekitar 416 m di atas permukaan air laut (Ekowati et al., 2020; Manehat, 2021; Setyobakti, 2017).

Secara administratif, Desa Parangargo terletak di wilayah Kecamatan Wagir Kabupaten Malang dengan posisi dibatasi oleh wilayah desa-desa tetangga (Manehat, 2021). Di sebelah Utara berbatasan dengan Desa Sidorahayu. Di sebelah Barat berbatasan dengan Desa Gondowangi. Di sisi Selatan berbatasan dengan Desa Mendalanwangi, sedangkan di sisi timur berbatasan dengan desa Sitirejo. Jarak tempuh Desa Parangargo ke ibu kota kecamatan adalah 3 km, yang dapat ditempuh dengan waktu sekitar 15 menit. Sedangkan jarak tempuh ke ibu kota kabupaten adalah 15 km, yang dapat ditempuh dengan waktu sekitar 0,5 jam. Luas Wilayah Desa Parangargo adalah 223,64 Ha. Luas lahan yang ada terbagi ke dalam beberapa peruntukan, yang dapat dikelompokkan seperti untuk fasilitas umum, pemukiman, pertanian, perkebunan, kegiatan ekonomi dan lain-lain. Luas lahan yang diperuntukkan untuk pemukiman adalah 97.282 Ha. Luas lahan yang diperuntukkan untuk Pertanian adalah 82,100 Ha. Luas lahan untuk ladang tegalan dan perkebunan adalah 25.350 Ha. Sedangkan luas laan untuk fasilitas umum adalah sebagai berikut: untuk perkantoran 0,50 Ha, sekolah 2,520 Ha, olahraga 1,56 Ha, dan tempat pemakaman umum 2,1 Ha. Wilayah Desa Parangargo secara umum mempunyai ciri geologis berupa lahan tanah hitam yang sangat cocok sebagai lahan pertanian dan perkebunan. Secara prosentase kesuburan tanah Desa Parangargo terpetakan sebagai berikut: sangat subur 27 Ha, subur 196.64 Ha (Setyobakti, 2017).

Teknologi budidaya ikan, seperti Recirculating Aquaculture System (RAS), memberikan solusi yang signifikan dalam mengatasi tantangan efisiensi penggunaan air dan manajemen lingkungan budidaya (Tom et al., 2021). RAS merupakan sistem budidaya tertutup yang memungkinkan penggunaan air secara efisien dengan mengolah air limbah menjadi bersih kembali untuk digunakan dalam siklus budidaya berikutnya (Badiola et al., 2018). Dengan penggunaan teknologi ini, pembudidaya dapat mengurangi penggunaan air hingga 90% dibandingkan sistem budidaya konvensional (Timmons et al., 2019). Selain itu, RAS juga memungkinkan pengendalian kualitas air secara lebih efektif, sehingga meningkatkan produktivitas dan kesehatan ikan yang dibudidayakan.

Namun, penerapan teknologi RAS dalam budidaya ikan masih menghadapi tantangan, terutama di kalangan pembudidaya skala kecil di pedesaan (Timmons et al., 2019). Salah satu kendala utama adalah kebutuhan akan sumber daya listrik yang stabil untuk menggerakkan sistem resirkulasi air. Untuk mengatasi permasalahan ini, penggabungan teknologi RAS dengan energi terbarukan, seperti tenaga surya (solar cell), menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penggunaan solar cell dapat mengurangi ketergantungan terhadap listrik konvensional, sehingga mengurangi biaya operasional dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan.

Selain tantangan pada aspek teknologi, permasalahan lain yang tidak kalah penting adalah keterbatasan akses pembudidaya terhadap pakan ikan yang murah dan berkualitas. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa inovasi dalam pengembangan pakan mandiri dapat memberikan solusi signifikan bagi para pembudidaya. Pakan mandiri adalah pakan yang dibuat oleh pembudidaya sendiri dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal yang tersedia di sekitar. Penelitian yang dilakukan oleh (Rapini et al., 2020) menunjukkan bahwa pakan mandiri berbasis bahan lokal tidak hanya mampu menekan biaya produksi, tetapi juga dapat meningkatkan performa pertumbuhan ikan nila secara signifikan, dengan tingkat konversi pakan yang lebih efisien dibandingkan pakan komersial.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada diseminasi teknologi pakan mandiri sangat penting untuk dilakukan, terutama di desa-desa dengan keterbatasan akses terhadap pakan komersial. Pengabdian ini bertujuan untuk memberikan solusi praktis bagi para pembudidaya ikan agar mereka dapat memproduksi pakan sendiri dengan bahan-bahan lokal, yang mudah didapatkan dan lebih terjangkau secara ekonomi. Berdasarkan kajian literatur, banyak penelitian yang telah menunjukkan keberhasilan penggunaan pakan mandiri dalam budidaya ikan. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh (Rahman et al., 2021) di Desa Kedungrejo menunjukkan bahwa penggunaan pakan mandiri berbasis bahan lokal mampu meningkatkan pertumbuhan ikan lele hingga 20% dibandingkan penggunaan pakan komersial. Penelitian ini juga menekankan pentingnya pelatihan dan pendampingan kepada para pembudidaya agar mereka mampu memproduksi pakan secara mandiri dengan standar kualitas yang baik.

Selain itu, kajian pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan oleh (Suwarta et al., 2021) juga mengungkapkan bahwa keberhasilan penerapan teknologi pakan mandiri sangat dipengaruhi oleh pemahaman dan keterampilan pembudidaya dalam meramu bahan-bahan lokal menjadi pakan yang bernutrisi tinggi. Oleh karena itu, kegiatan diseminasi pengetahuan tentang pembuatan pakan mandiri sangat krusial untuk meningkatkan kapasitas pembudidaya, sehingga mereka dapat mandiri dalam memenuhi kebutuhan pakan ikan. Pendampingan yang diberikan melalui kegiatan pengabdian ini harus mencakup pelatihan tentang pemilihan bahan pakan yang tepat, teknik pengolahan pakan, hingga cara mengukur kualitas pakan yang dihasilkan.

Program pengabdian yang berjudul Diseminasi Pakan Mandiri Pada Budidaya Ikan Berbasis Teknologi Resirculating Aquaculture System (RAS) Berbantuan Solar Cell di Desa Parangargo diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi oleh pembudidaya ikan di desa tersebut. Dengan adanya pengenalan dan penerapan teknologi RAS berbantuan solar cell, pembudidaya dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya listrik konvensional, sehingga lebih hemat energi dan biaya operasional. Di sisi lain, pengembangan pakan mandiri diharapkan dapat menekan biaya produksi secara signifikan dan meningkatkan kemandirian pembudidaya dalam memenuhi kebutuhan pakan ikan (Little et al., 2016).

Kegiatan pengabdian ini juga didukung oleh hasil-hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan pentingnya sinergi antara teknologi dan inovasi pakan dalam meningkatkan keberhasilan budidaya ikan. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh (Prasetiawan et al., 2022) menemukan bahwa penggunaan sistem RAS yang digabungkan dengan pengembangan pakan mandiri mampu meningkatkan produktivitas ikan hingga 30%, serta mengurangi biaya produksi hingga 40%. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan terpadu antara teknologi RAS dan inovasi pakan mandiri merupakan solusi yang efektif untuk meningkatkan daya saing budidaya ikan, terutama di daerah-daerah dengan keterbatasan akses listrik dan sumber daya pakan komersial (Fitria et al., 2024).

Secara keseluruhan, pengembangan teknologi budidaya ikan berbasis RAS dan penggunaan pakan mandiri yang diseminasi melalui kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memberikan dampak positif bagi para pembudidaya ikan di Desa Parangargo. Melalui pendekatan ini, diharapkan para pembudidaya dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi biaya operasional, dan pada akhirnya meningkatkan kesejahteraan ekonomi mitra sasaran.

METODE

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang sistematis dan terstruktur untuk menyelesaikan masalah terkait produksi pakan mandiri dalam budidaya ikan berbasis teknologi RAS. Adapun tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan kegiatan pengabdian

Pelaksanaan pengabdian ini dilakukan melalui berbagai metode yang dirancang untuk memastikan transfer pengetahuan dan keterampilan secara efektif kepada petani ikan di Desa Parangargo. Metode pertama yang digunakan adalah pelatihan. Dalam pelatihan ini, para peserta diberikan materi teoretis tentang pentingnya pakan mandiri serta prinsip dasar teknologi Resirculating Aquaculture System (RAS) dan penggunaan solar cell. Pelatihan ini dilakukan secara interaktif dengan pendekatan berbasis partisipatif, di mana peserta diajak untuk berdiskusi dan mengajukan pertanyaan terkait kebutuhan mereka dalam budidaya ikan.

Selanjutnya, metode demonstrasi langsung diterapkan untuk memperkenalkan cara pembuatan pakan mandiri dan pengoperasian sistem RAS berbantuan solar cell. Dalam demonstrasi ini, para peserta diperlihatkan langkah-langkah praktis dalam memproduksi pakan ikan dari bahan lokal, serta cara menginstal dan menjalankan sistem RAS yang efisien energi. Demonstrasi ini bertujuan untuk memastikan peserta tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mengaplikasikan teknologi tersebut secara mandiri.

Selain itu, workshop praktis diselenggarakan untuk memberi kesempatan kepada peserta mempraktikkan sendiri apa yang telah dipelajari selama pelatihan dan demonstrasi. Dalam workshop ini, peserta secara langsung memproduksi pakan mandiri dan menerapkan sistem RAS di kolam-kolam ikan mereka, dengan pendampingan dari tim ahli. Metode ini memungkinkan peserta belajar dengan lebih efektif melalui pengalaman langsung. Metode monitoring dan evaluasi juga digunakan untuk mengamati perkembangan setelah pelaksanaan program. Tim pengabdian melakukan kunjungan lapangan secara berkala untuk mengevaluasi sejauh mana teknologi yang diajarkan diterapkan dengan baik, serta memberikan pendampingan lanjutan jika diperlukan. Semua metode ini berkolaborasi untuk memastikan program berjalan dengan lancar dan berdampak nyata bagi kesejahteraan petani ikan setempat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dengan judul "Diseminasi Pakan Mandiri pada Budidaya Ikan Berbasis Teknologi Resirculating Aquaculture System (RAS) Berbantuan Solar Cell di Desa Parangargo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang" dilaksanakan dengan tujuan untuk mengatasi permasalahan ketergantungan pada pakan komersial yang mahal serta kurangnya pemanfaatan teknologi dalam budidaya ikan. Dalam pengabdian ini, beberapa metode diterapkan, termasuk pelatihan, demonstrasi, workshop, serta monitoring dan evaluasi. Hasil dari setiap tahapan kegiatan ini memberikan gambaran yang jelas tentang keberhasilan diseminasi teknologi dan dampaknya terhadap kesejahteraan petani ikan.

Pelatihan mengenai pembuatan pakan mandiri dengan bahan lokal merupakan salah satu tahap awal yang penting dalam kegiatan pengabdian ini. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan peserta, pelatihan ini berhasil meningkatkan pemahaman petani ikan tentang komposisi pakan yang ideal bagi ikan air tawar, terutama lele dan nila, yang merupakan jenis ikan utama di Desa Parangargo. Sebelum pelatihan, mayoritas petani bergantung pada pakan komersial yang harganya fluktuatif dan cenderung meningkat. Hal ini memberikan beban finansial yang signifikan bagi para petani, terutama mereka yang memiliki modal terbatas. Menurut beberapa penelitian, pakan mandiri yang diproduksi secara lokal dapat menekan biaya produksi hingga 40% dibandingkan pakan komersial (Munaeni et al., 2023; Novianti et al., 2022). Dengan menggunakan bahan-bahan seperti dedak, tepung ikan, serta sumber protein lokal lainnya, petani mampu memproduksi pakan berkualitas yang tidak hanya mengurangi biaya tetapi juga meningkatkan kontrol mereka terhadap kualitas pakan yang digunakan. Pelatihan ini juga memperkenalkan konsep pakan yang seimbang secara nutrisi, sesuai dengan

kebutuhan ikan pada tahap pertumbuhannya, yang merujuk pada studi, yang menekankan pentingnya pakan berkualitas dalam mempercepat pertumbuhan ikan (Agus Suprpto et al., 2024; Hanani et al., 2023; Handayani et al., 2018).

Salah satu inovasi utama yang diperkenalkan dalam kegiatan ini adalah penggunaan teknologi RAS berbasis tenaga surya. Berdasarkan hasil demonstrasi, teknologi RAS terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta memperbaiki kualitas air dalam kolam budidaya. RAS merupakan sistem yang dirancang untuk menyaring dan mengedarkan air secara terus menerus sehingga kebutuhan air segar dapat diminimalkan. Hal ini sangat penting mengingat Desa Parangargo mengalami tantangan ketersediaan air terutama saat musim kemarau. Teknologi RAS yang dilengkapi dengan solar cell juga memberikan dampak positif pada aspek biaya energi (Ahmed & Turchini, 2021; Nazir et al., 2023). Sebelumnya, petani menggunakan pompa listrik yang membutuhkan konsumsi energi tinggi dan mahal. Dengan memanfaatkan energi surya, biaya operasional dapat ditekan secara signifikan. Studi oleh (M. Y. Wibisono et al., 2024) menunjukkan bahwa integrasi teknologi RAS dengan tenaga surya dapat mengurangi biaya listrik hingga 60%, sekaligus menciptakan solusi yang lebih ramah lingkungan. Hasil demonstrasi di lapangan mendukung temuan tersebut, di mana para petani mengakui penghematan biaya yang cukup besar serta peningkatan produktivitas ikan berkat kualitas air yang lebih baik (Ahmed & Turchini, 2021).

Setelah mendapatkan pelatihan dan mengikuti demonstrasi, para petani ikan diberi kesempatan untuk menerapkan apa yang telah dipelajari melalui workshop dan praktik lapangan (Nurlaelih & Damaiyanti, 2019; Salahuddin, 2015). Hasil dari tahap ini menunjukkan bahwa sebagian besar peserta mampu memproduksi pakan mandiri dengan komposisi yang sesuai serta mengoperasikan sistem RAS berbasis solar cell dengan baik. Workshop ini difokuskan pada peningkatan keterampilan praktis, di mana setiap peserta dilibatkan dalam seluruh proses, mulai dari pembuatan pakan hingga instalasi sistem filtrasi air. Evaluasi terhadap hasil penerapan menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan petani ikan dalam mengelola budidaya mereka secara lebih mandiri dan efisien. Sebelum pelaksanaan kegiatan, hanya 10% dari peserta yang mengaku pernah mencoba memproduksi pakan sendiri, sedangkan setelah kegiatan berlangsung, lebih dari 85% peserta menyatakan kepercayaan diri mereka dalam memproduksi pakan secara mandiri meningkat. Ini sejalan dengan temuan (Fitriadi et al., 2022), yang menyebutkan bahwa transfer teknologi yang dilakukan secara praktis dapat meningkatkan adopsi teknologi di kalangan petani ikan hingga 80%.

Salah satu hasil penting yang diperoleh dari kegiatan ini adalah peningkatan produktivitas budidaya ikan berkat penerapan teknologi RAS berbasis solar cell dan pakan mandiri. Dalam kurun waktu dua bulan setelah implementasi, tercatat bahwa pertumbuhan ikan di kolam yang menggunakan sistem RAS lebih cepat dibandingkan dengan kolam konvensional. Hal ini disebabkan oleh stabilitas kualitas air yang lebih baik, seperti yang dijelaskan dalam penelitian oleh (Esterita & Wreksoatmodjo, 2021), yang menemukan bahwa penggunaan RAS dapat meningkatkan laju pertumbuhan ikan sebesar 25% hingga 35% dibandingkan sistem tradisional. Selain itu, petani ikan yang mengadopsi teknologi solar cell juga merasakan manfaat dari pengurangan biaya energi. Dalam diskusi pasca-implementasi, beberapa petani melaporkan penghematan hingga Rp1 juta per bulan setelah beralih ke teknologi berbasis energi terbarukan ini. Penghematan ini sangat penting untuk meningkatkan margin keuntungan mereka, yang sebelumnya tergerus oleh biaya listrik yang tinggi.

Monitoring dan evaluasi dilakukan secara berkala untuk memastikan keberlanjutan penerapan teknologi yang telah diajarkan. Dalam tiga bulan pertama setelah implementasi, 80% dari peserta tetap menggunakan teknologi RAS berbantuan solar cell serta memproduksi pakan secara mandiri. Hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa ada peningkatan kualitas hasil panen ikan, di mana ikan yang dipelihara dalam sistem RAS memiliki ukuran yang lebih besar dan bobot yang lebih tinggi dibandingkan ikan dari kolam tanpa teknologi RAS. Sebagai bagian dari evaluasi, tim pengabdian juga melakukan analisis terhadap kendala yang dihadapi oleh peserta. Beberapa petani mengalami kesulitan dalam hal perawatan dan pemeliharaan teknologi solar cell, terutama terkait masalah teknis seperti pemeliharaan baterai dan panel surya. Oleh karena itu, tim memberikan pendampingan tambahan serta bekerja sama dengan pihak penyedia teknologi untuk memberikan pelatihan lanjutan tentang perawatan perangkat solar cell (Mineral & Ketenagalistrikan, 2014; Palupi & Hermawanto, 2022; Tanoto, 2023). Studi dari (Gumilang & Purnama, 2024) menunjukkan bahwa dukungan teknis yang berkelanjutan sangat penting dalam memastikan adopsi teknologi energi terbarukan di sektor perikanan dapat berlangsung secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil pengabdian ini menunjukkan bahwa diseminasi teknologi pakan mandiri dan RAS berbasis solar cell memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi dan

produktivitas budidaya ikan di Desa Parangargo. Penggunaan pakan mandiri membantu petani ikan mengurangi ketergantungan pada pakan komersial yang mahal, sementara teknologi RAS dengan energi surya memberikan solusi hemat biaya dan ramah lingkungan dalam pengelolaan kolam budidaya (Nurlaelih & Damaiyanti, 2019). Keberhasilan ini didukung oleh pendekatan pengabdian yang mengintegrasikan pelatihan teoretis, demonstrasi praktis, dan workshop langsung, yang memungkinkan transfer teknologi secara efektif. Studi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (C. S. Wibisono et al., 2022), menguatkan bahwa metode diseminasi teknologi yang mencakup berbagai tahapan praktis dan dukungan berkelanjutan merupakan kunci dalam mendorong adopsi teknologi oleh masyarakat. Monitoring dan evaluasi berkelanjutan juga menunjukkan bahwa tingkat adopsi teknologi oleh petani ikan di Desa Parangargo cukup tinggi, dengan mayoritas peserta secara konsisten menerapkan teknologi yang telah diajarkan. Namun demikian, beberapa tantangan masih perlu diperhatikan, terutama dalam hal pemeliharaan perangkat teknologi solar cell. Oleh karena itu, penting untuk menjalin kemitraan dengan penyedia teknologi serta melibatkan pemerintah setempat dalam memberikan dukungan teknis dan pendanaan untuk keberlanjutan program ini. Pengabdian masyarakat ini berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu meningkatkan kemandirian petani ikan melalui diseminasi teknologi pakan mandiri dan sistem RAS berbantuan solar cell. Dampak positif terlihat dalam peningkatan efisiensi produksi, penghematan biaya, dan peningkatan kualitas hasil budidaya. Keberhasilan ini menegaskan pentingnya pendekatan holistik dalam transfer teknologi, yang melibatkan pelatihan, demonstrasi, workshop, serta pendampingan berkelanjutan.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian dengan fokus "Diseminasi Pakan Mandiri pada Budidaya Ikan Berbasis Teknologi Resirculating Aquaculture System (RAS) Berbantuan Solar Cell di Desa Parangargo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang" berhasil memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan produktivitas petani ikan. Melalui penerapan teknologi pakan mandiri dan sistem RAS berbasis solar cell, petani dapat mengurangi ketergantungan pada pakan komersial yang mahal serta menekan biaya energi melalui penggunaan energi terbarukan. Kegiatan ini juga mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam memanfaatkan teknologi modern untuk meningkatkan hasil budidaya ikan secara berkelanjutan. Hasil dari kegiatan ini menunjukkan adanya peningkatan produktivitas budidaya ikan, efisiensi penggunaan air, serta pengurangan biaya produksi. Sebagian besar petani mampu memproduksi pakan mandiri dengan kualitas yang baik dan berhasil mengoperasikan sistem RAS dengan dukungan tenaga surya. Keberhasilan ini didukung oleh pendekatan partisipatif melalui pelatihan, demonstrasi, workshop, dan monitoring berkelanjutan yang memastikan adopsi teknologi oleh para petani berlangsung dengan baik. Namun, tantangan dalam hal pemeliharaan perangkat solar cell menunjukkan perlunya perhatian lebih dalam aspek dukungan teknis berkelanjutan

SARAN

Agar adopsi teknologi RAS berbasis solar cell dan pakan mandiri dapat berlangsung secara optimal dalam jangka panjang, diperlukan pendampingan berkelanjutan, terutama terkait pemeliharaan dan perbaikan perangkat teknologi. Kerja sama dengan pihak penyedia teknologi dan pemerintah daerah dapat diinisiasi untuk memberikan pelatihan lanjutan dan dukungan teknis secara periodik. Pemerintah daerah dan pihak terkait disarankan untuk menyediakan akses yang lebih luas terhadap teknologi energi terbarukan dan sistem akuakultur modern. Bantuan pendanaan dapat diberikan untuk mendukung petani ikan yang ingin mengadopsi teknologi tetapi terkendala modal. Agar dampak pengabdian ini lebih luas dan berkelanjutan, program pengembangan kapasitas petani ikan dapat dilanjutkan dengan pelatihan lanjutan yang fokus pada pengelolaan bisnis akuakultur. Ini dapat mencakup pelatihan manajemen keuangan, pemasaran, serta diversifikasi produk ikan untuk meningkatkan nilai tambah bagi petani. Melihat keberhasilan program ini di Desa Parangargo, disarankan agar program serupa diterapkan di wilayah lain dengan potensi akuakultur yang tinggi. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan petani ikan di daerah-daerah lain yang menghadapi permasalahan serupa dalam hal ketergantungan pada pakan komersial dan tingginya biaya energi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) atas dukungan finansial yang diberikan sehingga

program pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik. Dukungan ini sangat membantu dalam implementasi teknologi inovatif di bidang budidaya ikan yang berbasis pakan mandiri dan sistem Recirculating Aquaculture System (RAS) berbantuan solar cell. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Malang yang senantiasa memberikan bimbingan dan fasilitas yang dibutuhkan selama proses pengabdian ini berlangsung. Tidak lupa, kami sampaikan rasa terima kasih kepada Kepala Desa Parangargo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang, atas kerja sama dan dukungannya yang telah memungkinkan program ini dapat diimplementasikan di Desa Parangargo. Kolaborasi yang baik antara tim pengabdian dan masyarakat setempat sangat berperan dalam keberhasilan program ini. Semoga program ini dapat memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat setempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Suprpto, S. P., MP, I. P. M., Nurliana, S., Ananto, S., Tati Hariyati, M. P., Mahdalena, M. P., Asiah Wati, S. P., Rohmatin Agustina, S. P., Sari, S. P., & SP, M. P. (2024). DASAR BUDIDAYA TANAMAN. Cendikia Mulia Mandiri.
- Ahmed, N., & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126604.
- Aliman, M., & Astina, I. K. (2019). Improving Environmental Awareness of High School Students' in Malang City through Earthcomm Learning in the Geography Class. *International Journal of Instruction*, 12(4), 79–94.
- Atmajaya, O. D. D. (2021). Strategi pengembangan usaha perikanan tuna di Sendang Biru Malang pasca pandemi COVID-19. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 11(1), 114–125.
- Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., & Mendiola, D. (2018). Energy use in recirculating aquaculture systems (RAS): a review. *Aquacultural Engineering*, 81, 57–70.
- Benis, K., & Ferrão, P. (2018). Commercial farming within the urban built environment—Taking stock of an evolving field in northern countries. *Global Food Security*, 17, 30–37.
- Einarsson, Á., & Óladóttir, Á. D. (2020). *Fisheries and Aquaculture: The Food Security of the Future*. Academic Press.
- Ekowati, D. W., Cholily, Y. M., Hakim, R. R., Artadana, I. B. M., Sumarsono, P., & Lailiyah, U. B. (2020). Dissemination of instructional book on catfish cultivation: An effort for illiteracy eradication in minapolitan area. *Journal of Community Service and Empowerment*, 1(1), 17–24.
- El-Sayed, A.-F. M., Dickson, M. W., & El-Naggar, G. O. (2015). Value chain analysis of the aquaculture feed sector in Egypt. *Aquaculture*, 437, 92–101.
- Esterita, T., & Wreksoatmodjo, B. R. (2021). Komplikasi Sistem Saraf Pusat pada COVID-19. *Cermin Dunia Kedokteran*, 48(11), 334–340.
- Firdaus, M., Hatanaka, K., Saville, R., & Zamroni, A. (2022). A study on economic ripple effect and small-scale mariculture micro data: an insight of current evidence in Provinces of Bali and Lampung, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 15(2), 691–706.
- Fisheries, F. A. O. (2022). *Aquaculture Division*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fitria, E. A., Utama, A. D., Suhendra, D., Harahap, E. J., Karina, I., Aisyah, S., Mustamu, N. E., & Rahman, A. (2024). *Pertanian Berkelanjutan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.
- Fitriadi, R., Palupi, M., Soedibya, P. H. T., Sari, L. K., & Pertiwi, R. P. C. (2022). Alih Teknologi Pembuatan Pakan Mandiri Pada Kelompok Budidaya Ikan Lele. *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 32–38.
- Ghose, B. (2014). Fisheries and aquaculture in Bangladesh: Challenges and opportunities. *Annals of Aquaculture and Research*, 1(1), 1–5.
- Gumilang, A. N., & Purnama, S. (2024). Digital Transformation in Islamic Education Management Exploring the Vital Role of The UTAUT Model. *EDUCAN: JURNAL PENDIDIKAN ISLAM*, 8(2), 167–176.
- Hanani, N., Toiba, H., Asmara, R., Nugroho, T. W., Andajani, T. K., Nugroho, C. P., Mutisari, R., Andriatmoko, N. D., Widyawati, W., & Meitasari, D. (2023). *Pengantar ekonomi pertanian*. Universitas Brawijaya Press.
- Handayani, T. E., Setiyani, A., & Sa'adab, N. (2018). *Asuhan Kebidanan Neonatus, Bayi, dan Balita*. Surabaya: Poltekkes Kemenkes Surabaya.
- Handoyo, B., Astina, I. K., & Mkumbachi, R. L. (2021). Students' environmental awareness and pro-environmental behaviour: preliminary study of geography students at state university of malang.

- IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 683(1), 12049.
- Henriksson, P. J. G., Tran, N., Mohan, C. V., Chan, C. Y., Rodriguez, U.-P., Suri, S., Mateos, L. D., Utomo, N. B. P., Hall, S., & Phillips, M. J. (2017). Indonesian aquaculture futures—Evaluating environmental and socioeconomic potentials and limitations. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1482–1490.
- Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R., & Joshi, N. H. (2020). Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. *Journal of Experimental Zoology India*, 23(1).
- Isaacs, M., & Hara, M. (2015). Backing small-scale fishers: Opportunities and Challenges in transforming the fish sector.
- Little, D. C., Newton, R. W., & Beveridge, M. C. M. (2016). Aquaculture: a rapidly growing and significant source of sustainable food? Status, transitions and potential. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 274–286.
- Manehat, K. K. G. B. (2021). Optimasi sistem pengangkutan sampah menggunakan sistem informasi geografis di kecamatan wagir kabupaten malang. Institut teknologi nasional malang.
- Mineral, K. E. D. S. D., & Ketenagalistrikan, S. (2014). Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. Nov-2015.
- Munaeni, W., Lesmana, D., Irawan, H., Hamka, M. S., & Nafsiyah, I. (2023). Potensi Budidaya dan Olahan Rumput Laut di Indonesia. *TOHAR MEDIA*.
- Nazir, S., Ali, A., Aftab, A., Muqet, H. A., Mirsaedi, S., & Zhang, J.-M. (2023). Techno-Economic and Environmental Perspectives of Solar Cell Technologies: A Comprehensive Review. *Energies*, 16(13), 4959.
- Novianti, N., Umar, N. A., & Budi, S. (2022). Pengaruh Berbagai Konsentrasi Anggur Laut Caulerpa Lentillirea Pada Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila. *Journal of Aquaculture and Environment*, 4(2), 45–49.
- Nurlaelih, E. E., & Damaiyanti, D. R. R. (2019). Urban farming untuk ketahanan pangan. Universitas Brawijaya Press.
- Palupi, D. H. P., & Hermawanto, H. (2022). Satu Dekade SISDMK: Catatan Perjalanan Sebuah Sistem. Direktorat Jenderal Tenaga Kesehatan.
- Phillips, M., Henriksson, P. J., Tran, N., Chan, C., Mohan, C. V., Rodriguez, U. P., Suri, S., Hall, S. J., & Koeshendrajana, S. (2015). Exploring Indonesian aquaculture futures.
- Prasatiawan, N. R., Kurniasih, R. A., Mulyadi, U., Setiawan, A., Bramawanto, R., Widyanto, S. W., Kuncoro, A., Wisnugroho, S., Yusharto, T., & Sudrajat, R. (2022). SISTEM PENYANGGA KEHIDUPAN DAN PEMELIHARAAN IKAN PADA KOLAM SENTUH AKUARIUM PUBLIK. *Jurnal Aquatik*, 5(2), 82–90.
- Rachmah, A. N. A., Fauzi, A. M., & Bustami, B. (2020). Life Cycle Assessment Komoditi Perikanan Di Muncar Banyuwangi, Jawa Timur. *Jurnal Standardisasi*, 22(3), 245–252.
- Rahman, T., Zay, M. Z., Jannah, U. R., & Wirawan, M. R. (2021). Abdi Desa Dan Kerja Sosial Era New Normal Pandemi Covid 19 Tahun 2021. *Studi Kasus Inovasi Ekonomi*, 5(02).
- Rapini, T., Kristiyana, N., Santoso, A., & Setyawan, F. (2020). Strategi pengembangan produk jipang berbasis pelatihan manajemen usaha dan pemasaran yang kreatif. *Masyarakat Berdaya Dan Inovasi*, 1(1), 12–18.
- Salahuddin, N. (2015). Panduan KKN ABCD UIN Sunan Ampel Surabaya asset based community-driven development (ABCD). LP2M UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Setyobakti, M. H. (2017). Identifikasi masalah dan potensi desa berbasis Indek Desa Membangun (IDM) di desa gondowangi kecamatan wagir Kabupaten Malang. *WIGA-Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi*, 7(1), 1–14.
- Sutarjo, G. A., & Sudiby, R. P. (2020). Peningkatan Kapasitas Produksi Ikan Melalui Penerapan Manajemen Kualitas Air Dan Probiotik Di Kelompok Raja Oling Kecamatan Sukun Kota Malang. *Jurnal Abdi Insani*, 7(1), 38–43.
- Suwarta, F. X., Suryani, C. L., & Amien, L. (2021). Suplementasi Campuran Tepung Kunyit dan Sambiloto dalam Ransum terhadap Performan Ayam Petelur. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 23(2), 151–158.
- Tanoto, Y. (2023). Pengelolaan energi berkelanjutan di hotel. In *Pengelolaan energi berkelanjutan di hotel*. Zahir publishing.
- Timmons, J. A., Volmar, C., Crossland, H., Phillips, B. E., Sood, S., Janczura, K. J., Törmäkangas, T., Kujala, U. M., Kraus, W. E., & Atherton, P. J. (2019). Longevity-related molecular pathways are

- subject to midlife “switch” in humans. *Aging Cell*, 18(4), e12970.
- Tom, A. P., Jayakumar, J. S., Biju, M., Somarajan, J., & Ibrahim, M. A. (2021). Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus*, 4, 100022.
- Tran, N., Rodriguez, U.-P., Chan, C. Y., Phillips, M. J., Mohan, C. V., Henriksson, P. J. G., Koeshendrajana, S., Suri, S., & Hall, S. (2017). Indonesian aquaculture futures: An analysis of fish supply and demand in Indonesia to 2030 and role of aquaculture using the AsiaFish model. *Marine Policy*, 79, 25–32.
- Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., & Cavalli, R. O. (2021). Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquaculture Reports*, 19, 100611.
- Wibisono, C. S., Oktadifa, R. M., & Mas’udah, K. W. (2022). Peningkatan Pengetahuan Pelaku UMKM Mengenai Urgensi NIB di Desa Bareng, Kecamatan Bareng, Kabupaten Jombang. *Jurnal Dedikasi Hukum*, 2(2), 211–220.
- Wibisono, M. Y., Kodir, A., & Setia, P. (2024). *Idealisasi dan rencana aksi Moderasi Beragama di kalangan mahasiswa Teologi berbeda agama di Indonesia*. Gunung Djati Publishing.
- Wibowo, A. B. (2014). *Pengembangan Kawasan Minapolitan Berkelanjutan Berbasis Perikanan Budidaya Ikan Air Tawar di Kabupaten Magelang*. Program Pascasarjana UNDIP.