

Pengabdian Kepada Masyarakat: Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan guna Meningkatkan Produktivitas dan Ekonomi Masyarakat Pesisir

Mutammimul Ula¹, Cut Ita Erliana², Athiyatul Ulya³, Anni Zulfia⁴, Annisa Karima⁵, T. Sukma Achriadi Sukiman⁶

^{1,2,3,4,5,6} Universitas Malikussaleh, Indonesia

Corresponding Author

Nama Penulis: Mutammimul Ula

E-mail: mutammimul@unimal.ac.id

Abstrak

Pengabdian kepada masyarakat di Desa Pesisir, Kota Lhokseumawe, difokuskan pada penguatan kapasitas petani ikan melalui rancang bangun dan implementasi sistem monitoring kualitas air kolam berbasis digital. Kegiatan ini melibatkan petani ikan lokal dalam pelatihan edukatif-partisipatif, mencakup pemahaman parameter kualitas air, penggunaan sensor digital, dan pemantauan secara real-time. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta dalam mengelola kolam secara berbasis data, serta kemampuan melakukan intervensi yang tepat untuk menjaga kesehatan ikan dan meningkatkan produktivitas kolam. Selain dampak teknis dan produktivitas, program ini membangun literasi teknologi, respons adaptif terhadap perubahan lingkungan, dan budaya kolaboratif di komunitas pesisir. Hasil pengabdian ini menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif berbasis teknologi dapat menjadi model berkelanjutan untuk meningkatkan kesejahteraan sosial-ekonomi, praktik budidaya adaptif, dan transformasi komunitas melalui pemanfaatan teknologi tepat guna.

Kata kunci - sistem monitoring air, kolam ikan, produktivitas perikanan, teknologi digital

Abstract

Community Service in Pesisir Village, Lhokseumawe City, focused on strengthening the capacity of fish farmers through the design and implementation of a digital-based pond water quality monitoring system. This activity involved local fish farmers in an educational-participatory training program, covering the understanding of water quality parameters, the use of digital sensors, and real-time monitoring. The results of the activity showed an improvement in participants' knowledge and skills in managing ponds based on data, as well as their ability to perform appropriate interventions to maintain fish health and increase pond productivity. Beyond technical and productivity impacts, the program also fostered technology literacy, adaptive responses to environmental changes, and a collaborative culture within the coastal community. These findings indicate that a technology-based participatory approach can serve as a sustainable model for enhancing socio-economic welfare, adaptive aquaculture practices, and community transformation through the utilization of appropriate technology.

Keywords - water monitoring system, fish pond, fisheries productivity, digital technology

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan digitalisasi telah membawa perubahan signifikan pada berbagai sektor, termasuk pertanian dan perikanan. Transformasi ini tidak hanya mempercepat aliran informasi dan pengetahuan, tetapi juga membuka peluang bagi penerapan sistem digital untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan kegiatan ekonomi masyarakat (Arafat et al., 2020). Di sektor perikanan, terutama budidaya ikan di kolam, pemantauan kualitas air menjadi salah satu faktor kunci yang menentukan keberhasilan produksi. Sistem pemantauan berbasis IoT dapat memantau parameter penting seperti suhu, pH, oksigen terlarut, kekeruhan, dan total padatan terlarut secara real-time, mendukung pengendalian kualitas air yang optimal dan mencegah risiko kematian ikan (Tolentino et al., 2020; Liu et al., 2023; Prapti et al., 2021).

Masyarakat pesisir sangat bergantung pada budidaya ikan sebagai sumber utama ekonomi keluarga. Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan 25 petani ikan lokal, diketahui bahwa rata-rata produksi kolam hanya mencapai 65–75% dari kapasitas optimal. Beberapa kendala utama yang dihadapi antara lain: fluktuasi suhu air harian antara 25–33°C, kadar oksigen terlarut yang sering di bawah 4 mg/L, dan pH air yang tidak stabil, berkisar antara 6,5–8,2. Kondisi ini menyebabkan sekitar 15–20% ikan mengalami kematian setiap siklus budidaya, yang berdampak langsung pada pendapatan rumah tangga yang berkisar antara Rp1,5–2 juta per kolam per bulan (Setyadjit & Ridho'i, 2021; Wirasantana & Alwi, 2025).

Selain kendala lingkungan, petani ikan di Pesisir juga menghadapi keterbatasan teknis, antara lain: kurangnya pemahaman ilmiah mengenai parameter kualitas air, minimnya alat ukur yang akurat, dan tidak adanya sistem monitoring yang memberikan informasi real-time untuk pengambilan keputusan. Akibatnya, praktik budidaya bersifat reaktif—tindakan hanya dilakukan setelah muncul tanda-tanda masalah, seperti ikan mati mendadak atau pertumbuhan yang terhambat (González-Pérez, 2020). Selain faktor teknis, aspek lingkungan dan perubahan iklim juga mempengaruhi kualitas air di kolam budidaya. Fenomena pemanasan global, curah hujan yang tidak menentu, dan polusi domestik maupun industri di sekitar pesisir dapat mengubah keseimbangan ekosistem kolam, meningkatkan risiko kematian ikan, dan menurunkan produktivitas. Oleh karena itu, pengelolaan kolam yang adaptif dan berbasis data menjadi sangat penting untuk menghadapi ketidakpastian lingkungan serta menjaga keberlanjutan usaha perikanan di tingkat lokal (Edmondson & Fanning, 2022; Sudan et al., 2025).

Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan teknologi yang terintegrasi untuk mendukung pengelolaan kolam ikan secara lebih efektif dan efisien. Sistem monitoring kualitas air berbasis sensor digital dan platform pemantauan real-time dapat memberikan informasi akurat mengenai parameter penting seperti suhu, pH, kadar oksigen, dan amonia. Informasi ini memungkinkan petani atau pengelola kolam melakukan intervensi yang tepat, seperti penyesuaian aerasi, pengaturan pakan, atau penggantian air, sehingga risiko kematian ikan dapat diminimalkan dan produktivitas meningkat (Mengistu et al., 2020).

Seiring dengan berkembangnya teknologi *Internet of Things (IoT)* dan big data, pengelolaan kolam tidak lagi bergantung pada pengamatan manual. Data yang dikumpulkan secara kontinu dapat dianalisis untuk memprediksi kondisi kritis, mengoptimalkan jadwal pemeliharaan, dan mengidentifikasi pola pertumbuhan ikan yang ideal. Integrasi teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga memungkinkan pengembangan model bisnis baru yang berbasis informasi, seperti sistem peringatan dini bagi petani ikan dan layanan konsultasi berbasis data (Faisal Bernal-Higuaita et al., 2023).

Selain aspek teknis, penerapan sistem monitoring juga berdampak pada ekonomi masyarakat pesisir. Dengan ketersediaan data yang akurat dan real-time, pengelolaan kolam menjadi lebih terencana, produktivitas meningkat, dan kualitas ikan yang dihasilkan lebih terjamin. Hal ini secara langsung meningkatkan pendapatan keluarga nelayan atau petani ikan, mendorong ketahanan ekonomi lokal, dan memberikan kontribusi pada pembangunan berkelanjutan di komunitas pesisir (Hossain et al., 2023; Jais et al., 2024).

Namun, implementasi teknologi digital di masyarakat pesisir menghadapi tantangan seperti rendahnya literasi digital dan kebutuhan pelatihan pengguna. Karena itu, kegiatan pengabdian perlu dirancang partisipatif agar masyarakat terlibat dalam perancangan, instalasi, dan pemeliharaan sistem monitoring. Pendekatan ini terbukti efektif, sebagaimana model Blue Village di Indonesia yang melatih pemuda lokal sebagai operator GIS untuk mengatasi hambatan literasi digital (Awan Setiawan et al., 2025), serta program pemantauan keanekaragaman hayati dan pengasaman laut yang menunjukkan pentingnya pelatihan dan partisipasi warga dalam pengumpulan data berkualitas (Kasten et al., 2021; Gassett et al., 2021).

Namun, implementasi teknologi digital di masyarakat pesisir tidak terlepas dari tantangan, seperti keterbatasan literasi digital, biaya perangkat, dan kebutuhan pelatihan bagi pengguna. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dirancang harus bersifat partisipatif, melibatkan pengguna dalam proses perancangan, instalasi, dan pemeliharaan sistem monitoring. Pendekatan ini tidak hanya memastikan sistem dapat digunakan secara efektif, tetapi juga menumbuhkan kemampuan literasi teknologi dan pemahaman ilmiah di kalangan masyarakat pesisir (Awan Setiawan et al., 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini difokuskan pada rancang bangun sistem monitoring kualitas air pada kolam ikan di Pesisir dengan tujuan meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha budidaya ikan masyarakat pesisir. Kegiatan ini diharapkan mampu memberikan solusi berbasis teknologi yang praktis, terjangkau, dan mudah dioperasikan, sehingga masyarakat dapat memantau kondisi kolam secara real-time, mengambil keputusan yang tepat, dan pada akhirnya meningkatkan pendapatan serta kesejahteraan. Dengan demikian, intervensi ini tidak hanya menghadirkan inovasi teknis, tetapi juga mendorong transformasi sosial-ekonomi di komunitas pesisir melalui pemanfaatan teknologi digital yang tepat guna.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini merupakan bentuk pelatihan edukatif-partisipatif dan implementasi teknologi yang bertujuan membekali masyarakat pesisir dengan pengetahuan dan keterampilan dalam pengelolaan kolam ikan berbasis sistem monitoring kualitas air digital. Program ini dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif petani ikan sebagai pengguna dan pengelola sistem, sehingga dapat memantau kondisi kolam secara real-time, mengambil keputusan yang tepat, serta meningkatkan produktivitas dan pendapatan.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan pada tanggal 10–11 Oktober 2025 di Desa Pesisir, Kecamatan Bayu Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh. Pemilihan lokasi didasarkan pada tingginya ketergantungan masyarakat pada budidaya ikan di kolam, tantangan pengelolaan kualitas air, dan kesiapan mitra masyarakat untuk berpartisipasi dalam kegiatan berbasis teknologi. Peserta kegiatan yang dipilih secara purposif berdasarkan pengalaman budidaya, kepemilikan kolam, dan minat terhadap inovasi teknologi. Tim pelaksana melibatkan tiga dosen dan empat mahasiswa sebagai fasilitator, pendamping teknis, dan observer untuk mendukung instalasi, pelatihan, dan evaluasi sistem monitoring.

Pada Hari Pertama (10 Oktober 2025), kegiatan dimulai dengan persiapan teknis, termasuk koordinasi tim pelaksana, penyiapan sensor dan perangkat monitoring, serta instrumen evaluasi (pre-test) untuk mengukur pengetahuan awal peserta mengenai kualitas air kolam. Pada hari yang sama dilakukan koordinasi akhir dengan tokoh masyarakat dan peserta untuk memastikan kesiapan lokasi, fasilitas, dan partisipasi aktif petani ikan. Kegiatan meliputi sesi teori tentang kualitas air kolam dan parameter pentingnya, pelatihan penggunaan sensor digital serta platform monitoring real-time, serta praktik lapangan untuk pemantauan dan intervensi langsung di kolam. Kegiatan diakhiri dengan diskusi kelompok untuk mengevaluasi data, kendala teknis, dan menyusun rencana tindak lanjut agar produktivitas kolam meningkat dan sistem monitoring dapat digunakan secara berkelanjutan.

Secara kualitatif, observasi terstruktur dilakukan untuk mencatat dinamika partisipasi, keterampilan praktik lapangan, dan respons terhadap teknologi baru. Selain itu, data kualitas air yang

dikumpulkan selama praktik dianalisis secara deskriptif untuk menilai efektivitas sistem monitoring dalam meningkatkan produktivitas kolam dan meminimalkan kematian ikan. Dengan adanya pengabdian ini, kegiatan pengabdian diharapkan memberdayakan masyarakat pesisir Pesisir untuk mengelola budidaya ikan secara lebih profesional, produktif, dan berkelanjutan, sekaligus membangun literasi teknologi dan kapasitas pengambilan keputusan berbasis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat menekankan pada implementasi dan pelatihan sistem monitoring kualitas air kolam ikan berbasis digital di Desa Pesisir bayu, Kota Lhokseumawe. Kegiatan dilaksanakan secara langsung di kolam budidaya milik masyarakat dengan partisipasi aktif petani ikan lokal, sebagaimana dijelaskan pada metode pelaksanaan. Gambar 1 menunjukkan lokasi kegiatan beserta kolam budidaya yang menjadi sasaran implementasi sistem monitoring.



Gambar 1.

Lokasi Survey Lokasi kolam budidaya ikan di Desa Pesisir

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan koordinasi intensif bersama tokoh masyarakat dan petani ikan untuk memastikan kesiapan teknis dan partisipasi aktif. Tahap koordinasi ini sangat krusial untuk membangun kesepahaman bersama mengenai tujuan kegiatan, prosedur penggunaan alat IOT, dan harapan hasil dari implementasi sistem monitoring.

Berdasarkan hasil koordinasi awal, tim kemudian melakukan analisis kebutuhan mendalam untuk memastikan teknologi yang diterapkan sesuai dengan kemampuan dan kondisi masyarakat. Salah satu kendala utama yang teridentifikasi adalah ketidakmampuan petani untuk mendeteksi perubahan kualitas air secara dini, yang sering kali berujung pada kerugian besar. Oleh karena itu, sistem monitoring yang diimplementasikan dirancang dengan antarmuka yang sederhana dan dapat diakses melalui ponsel pintar, mengingat tingkat penetrasi ponsel pintar yang tinggi di kalangan petani. Pemilihan teknologi yang tepat guna dan mudah dioperasikan ini menjadi kunci untuk memastikan adopsi yang cepat dan meminimalkan resistensi, sehingga menjadi solusi praktis dan berdaya guna.

Pelatihan terbagi dalam dua sesi utama. Sesi pertama berfokus pada pemahaman konsep kualitas air kolam, parameter penting seperti suhu, pH, kadar oksigen terlarut, dan amonia, serta dampaknya terhadap pertumbuhan dan kesehatan ikan. Melalui sesi ini, peserta memperoleh pemahaman ilmiah mengenai kondisi ideal kolam dan konsekuensi dari parameter yang tidak terjaga. Pre-test dilakukan untuk mengukur pengetahuan awal peserta tentang kualitas air dan praktik budidaya berbasis data. Hasil pre-test menunjukkan bahwa rata-rata pemahaman peserta masih rendah, terutama dalam hal pengukuran pH dan kadar oksigen, dengan rata-rata skor 42,7 dari skala 100.

Sesi kedua menekankan keterampilan praktik penggunaan sensor digital dan platform monitoring real-time. Setiap peserta mendapatkan panduan teknis untuk memasang sensor, membaca data yang ditampilkan pada platform, serta melakukan intervensi yang tepat berdasarkan informasi yang diperoleh. Kegiatan ini juga mencakup simulasi pengambilan keputusan berbasis data, misalnya menyesuaikan aerasi, penggantian air, atau pemberian pakan sesuai kondisi parameter kolam. Dengan demikian, peserta dapat mengaitkan konsep teori dengan praktik nyata, memperkuat pemahaman, dan meningkatkan keterampilan teknis secara langsung. Dokumentasi kegiatan lapangan (Gambar 3) menunjukkan peserta aktif melakukan pengukuran, mencatat data, serta berdiskusi dalam kelompok untuk menentukan langkah intervensi terbaik.

Analisis kebutuhan yang mendalam sebelum kegiatan dimulai mengidentifikasi bahwa salah satu kendala utama petani adalah ketidakmampuan untuk mendeteksi perubahan kualitas air secara dini, yang sering kali berujung pada kerugian besar. Oleh karena itu, sistem monitoring yang diimplementasikan dirancang agar memiliki antarmuka yang sederhana (*user-friendly*) dan dapat diakses melalui ponsel pintar, mengingat tingkat penetrasi ponsel pintar yang tinggi di kalangan petani. Pemilihan teknologi yang tepat guna dan mudah dioperasikan ini menjadi kunci untuk memastikan adopsi yang cepat dan minim resistensi, menjadikannya solusi praktis alih-alih beban teknologi baru.

Hasil pengukuran kualitas air yang dikumpulkan selama praktik menunjukkan fluktuasi suhu harian antara 25–32°C, kadar oksigen terlarut berkisar antara 3,5–5 mg/L, pH 6,8–8,1, dan amonia di bawah 0,5 mg/L. Data ini dianalisis secara deskriptif untuk memberikan umpan balik langsung kepada peserta mengenai kondisi aktual kolam. Berdasarkan hasil analisis tersebut, peserta dapat memahami hubungan antara parameter kualitas air dan kesehatan ikan secara lebih konkret. Selain peningkatan pengetahuan konseptual, keterampilan teknis peserta juga mengalami kemajuan nyata. Sebelum pelatihan, hanya 40% peserta yang mampu membaca dan menafsirkan data sensor secara akurat. Setelah pelatihan, persentase ini meningkat menjadi 87%. Keterampilan ini meliputi kemampuan membaca grafik pH, kadar oksigen, dan amonia, serta menentukan intervensi yang sesuai berdasarkan kondisi aktual kolam. Peningkatan ini menunjukkan efektivitas pendekatan partisipatif dan praktik langsung dalam menanamkan keterampilan teknis berbasis data (Gambar 4).

Dari sisi pengelolaan kolam, implementasi sistem monitoring berdampak langsung pada pengambilan keputusan berbasis data. Petani mampu mengidentifikasi kondisi kritis lebih cepat, mengurangi risiko kematian ikan, dan menyesuaikan praktik budidaya secara lebih tepat. Selama praktik, tercatat adanya pengurangan kematian ikan hingga 10% dibandingkan siklus sebelumnya di kolam yang sama, yang menunjukkan efektivitas sistem monitoring sebagai alat mitigasi risiko lingkungan.

Dampak sosial-ekonomi kegiatan juga terlihat jelas. Partisipasi aktif petani dalam pengelolaan kolam berbasis data meningkatkan rasa percaya diri dalam memanfaatkan teknologi digital. Hal ini mendorong budaya kewirausahaan berbasis informasi, di mana petani mulai merencanakan produksi secara lebih strategis, menyesuaikan jadwal panen, dan mempertimbangkan permintaan pasar dalam menentukan volume pakan dan pengelolaan air. Interaksi antarpeserta juga membangun ruang belajar kolaboratif, saling berbagi pengalaman, dan memperkuat kesadaran kolektif tentang pentingnya praktik budidaya yang adaptif dan berbasis data, sebagaimana digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 2.

Diskusi kelompok dan kolaborasi petani dalam analisis data kolam

Hasil pengabdian ini menunjukkan bahwa pendekatan edukatif-partisipatif berbasis teknologi efektif dalam meningkatkan literasi teknis dan pemahaman ilmiah petani ikan (Dopico et al., 2020; Tomlinson & Rhiney, 2018). Partisipasi aktif petani dalam praktik langsung mengonfirmasi teori pembelajaran *experiential learning*, di mana keterlibatan dalam aktivitas nyata memperkuat pemahaman konseptual dan keterampilan praktis (Sumani et al., 2022). Selain itu, pengumpulan dan analisis data *real-time* memungkinkan pengelolaan kolam yang adaptif, sejalan dengan prinsip manajemen berbasis bukti yang menekankan rasionalitas realistik dalam pengambilan keputusan di bawah kondisi tidak pasti (Rousseau, 2020).

Dampak sosial-ekonomi dari kegiatan ini juga signifikan. Peningkatan kemampuan teknis dan literasi digital mendorong budaya kewirausahaan berbasis informasi, memungkinkan petani merencanakan produksi secara lebih strategis dan menyesuaikan praktik budidaya dengan permintaan pasar (Meekaew & Chamaratana, 2024). Interaksi antarpeserta membangun ruang belajar kolaboratif yang memperkuat kesadaran kolektif mengenai praktik budidaya adaptif dan berbasis data, mendukung teori komunitas belajar dan literasi digital sebagai kompetensi kewargaan modern (Baharin et al., 2025; Wann et al., 2024).

Selain itu, peningkatan literasi teknologi dan kesadaran ekologis petani menggarisbawahi pentingnya integrasi teknologi digital untuk keberlanjutan usaha perikanan lokal (Ramanathan et al., 2023; Rowan, 2022). Kemampuan membaca data sensor dan melakukan intervensi berbasis informasi menunjukkan bahwa program ini tidak hanya memberikan manfaat teknis dan ekonomi, tetapi juga membangun kapasitas adaptif komunitas, menumbuhkan tanggung jawab kolektif terhadap lingkungan, dan memperkuat budaya kolaboratif di masyarakat pesisir (Bhaskara & Bawa, 2021; Nthane et al., 2020) (Reddy et al., 2021).

Keberhasilan implementasi sistem monitoring ini juga membuka potensi baru bagi pengembangan ekonomi sirkular di Desa Pesisir. Dengan data kualitas air yang akurat, petani dapat mengoptimalkan efisiensi penggunaan pakan dan energi (*aerasi*), sehingga mampu menekan limbah sekaligus mengurangi biaya operasional. Efisiensi ini menjadi fondasi penting bagi penerapan praktik budidaya ramah lingkungan yang sejalan dengan tren pasar terhadap produk perikanan berkelanjutan. Oleh karena itu, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat teknis, tetapi juga sebagai katalisator menuju praktik budidaya yang lebih bertanggung jawab secara ekologis dan ekonomis.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Pesisir berhasil membekali petani ikan dengan keterampilan pengelolaan kolam berbasis sistem monitoring kualitas air digital, meningkatkan pemahaman ilmiah, keterampilan teknis, dan kesadaran lingkungan. Sistem monitoring memungkinkan intervensi berbasis data secara *real-time*, mengurangi kematian ikan dan

meningkatkan produktivitas kolam. Selain dampak teknis dan ekonomi, kegiatan ini membangun literasi teknologi, respons terhadap perubahan lingkungan, dan budaya kolaboratif, menunjukkan bahwa pendekatan edukatif-partisipatif berbasis teknologi dapat menjadi model berkelanjutan untuk meningkatkan kesejahteraan sosial-ekonomi dan praktik budidaya adaptif di komunitas pesisir.

Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif berbasis teknologi dapat menjadi model berkelanjutan untuk meningkatkan kesejahteraan sosial-ekonomi, praktik budidaya adaptif, dan transformasi komunitas melalui pemanfaatan teknologi tepat guna

Saran :

Ke depan, disarankan agar program serupa dikembangkan melalui kolaborasi lintas sektor, melibatkan perguruan tinggi, pemerintah daerah, dan pelaku industri perikanan untuk memperluas dampak dan memastikan keberlanjutan adopsi teknologi di tingkat komunitas. Selain itu, pengembangan fitur prediksi berbasis kecerdasan buatan dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan akurasi pemantauan dan efisiensi pengelolaan kolam. Dengan demikian, pelatihan dan implementasi sistem monitoring kualitas air kolam ikan di Pesisir tidak hanya meningkatkan pengetahuan, keterampilan teknis, dan kesadaran lingkungan, tetapi juga membuka arah baru bagi inovasi berkelanjutan dalam pengelolaan perikanan pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abhinav Reddy, K., Sanjana Reddy, D., Ranjani, Y., Palivela, S., Sagar, B., & Soumya, M. (2021). Assessing Appropriate Technologies for Sustainable Irrigation Practices in Muljipura Village, India. In *Smart Trends in Computing and Communications: Proceedings of SmartCom 2021* (pp. 345-355). Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4016-2_33.
- Arafat, A. I., Akter, T., Ahammed, M. F., Ali, M. Y., & Nahid, A. A. (2020). A dataset for internet of things based fish farm monitoring and notification system. *Data in Brief*, 33, 106457. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106457>.
- Baharin, A.T., Ishak, N.A., Azlin, N., Redzuan, L., Yusof, S.M., Sahadun, N.A., Hati, D.M., Putera, S., Jamaluddin, S., & Malaysia, H.O. (2025). Exploring the Level of Digital Literacy and the Adoption of Precision Farming Technologies Among Smallholder Paddy Farmers in Kedah. *Journal of Information Systems Engineering and Management*. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i40s.7524>.
- Bernal-Higueta, F., Acosta-Coll, M., Ballester-Merelo, F., & De-la-Hoz-Franco, E. (2023). Implementation of information and communication technologies to increase sustainable productivity in freshwater finfish aquaculture—A review. *Journal of Cleaner Production*, 408, 137124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137124>.
- Bhaskara, S., & Bawa, K. S. (2021). Societal digital platforms for sustainability: Agriculture. *Sustainability*, 13(9), 5048. <https://doi.org/10.3390/SU13095048>.
- Dopico, E., Ardura, A., Borrell, Y. J., Miralles, L., & García-Vázquez, E. (2021). Boosting adults' scientific literacy with experiential learning practices. *European journal for Research on the Education and Learning of Adults*, 12(2), 223-238. <https://doi.org/10.3384/rela.2000-7426.ojs1717>.
- Edmondson, E., & Fanning, L. (2022). Implementing adaptive management within a fisheries management context: a systematic literature review revealing gaps, challenges, and ways forward. *Sustainability*, 14(12), 7249. <https://doi.org/10.3390/su14127249>.
- Hossain, M. B., Lipi, J. A., Pingki, F. H., Sarker, M. M., Nur, A. A. U., Islam, M. M., ... & Arai, T. (2023). Traditional fish farming based on indigenous knowledge in homestead pond can uplift socioeconomic status of coastal rural people and sustainability. *Sustainability*, 15(18), 13583. <https://doi.org/10.3390/su151813583>.
- Jais, N. A. M., Abdullah, A. F., Kassim, M. S. M., Abd Karim, M. M., & Muhadi, N. A. (2024). Improved accuracy in IoT-Based water quality monitoring for aquaculture tanks using low-cost sensors: Asian seabass fish farming. *Heliyon*, 10(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29022>.

- Liu, C. S., Chen, X. T., Shih, W. Y., Lin, C. C., Yen, J. H., Huang, C. J., & Yen, Y. T. (2023). Smart Water Quality Monitoring Technology for Fish Farms Using Cellphone Camera Sensor. *Sensors & Materials*, 35. <https://doi.org/10.18494/sam4513>.
- Meekaew, N., & Chamaratana, T. (2024). Cultivating 14. Entrepreneurial Skills in Organic Farming with Design Thinking and Community-Based Education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(5), 139-157. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.5.8>.
- Mengistu, S. B., Mulder, H. A., Benzie, J. A., & Komen, H. (2020). A systematic literature review of the major factors causing yield gap by affecting growth, feed conversion ratio and survival in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 524-541.
- Nthane, T. T., Saunders, F., Gallardo Fernández, G. L., & Raemaekers, S. (2020). Toward sustainability of South African small-scale fisheries leveraging ICT transformation pathways. *Sustainability*, 12(2), 743. <https://doi.org/10.3390/su12020743>.
- Prapti, D. R., Mohamed Shariff, A. R., Che Man, H., Ramli, N. M., Perumal, T., & Shariff, M. (2022). Internet of Things (IoT)-based aquaculture: An overview of IoT application on water quality monitoring. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 979-992. <https://doi.org/10.1111/raq.12637>.
- Ramanathan, R., Duan, Y., Valverde, J., Van Ransbeeck, S., Ajmal, T., & Valverde, S. (2023). Using IoT sensor technologies to reduce waste and improve sustainability in artisanal fish farming in southern brazil. *Sustainability*, 15(3), 2078. <https://doi.org/10.3390/su15032078>.
- Rousseau, D. M. (2020). The realist rationality of evidence-based management. *Academy of Management Learning & Education*, 19(3), 415-424. <https://doi.org/10.5465/amle.2020.0050>.
- Rowan, N. J. (2023). The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain—Quo Vadis?. *Aquaculture and Fisheries*, 8(4), 365-374. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.06.003>.
- Setyadjit, K. S. K., & Ridho'i, A. (2021). Penerapan Teknologi Tepat Guna pada Kolam Terpal Ikan Nila Intensif dengan Pengontrol Suhu dan PH Air di Kelurahan Bulak Banteng Kecamatan Kenjeran Surabaya. *Society: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 2(1), 82-88. <https://doi.org/10.37802/society.v2i1.186>.
- Setiawan, A., Yulianto, E., Dewi, D. A., & Ilman, B. (2025). Information system model for sustainable marine resource management in the Blue Village. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i3.7129>.
- Sudan, P., Srividya, A., M, T.C., S, P.M., Sau, S., R, M., & Mishra, A. (2025). Design and development of a database management system for aquatic research data. *International Journal of Aquatic Research and Environmental Studies*. <https://doi.org/10.70102/ijares/v5i1/5-1-22>.
- Sumani, M. D., Kanukisya, B., & Mwaikokesya, M. J. (2023). Experiential farmer-education enigma: Unearthing approaches Ugandan educators adopt in contextualising instruction. *Studies in the Education of Adults*, 55(1), 177-196. <https://doi.org/10.1080/02660830.2022.2099160>.
- Tolentino, L. K., Añoover, J. R., Cabrera, C., Chua, E. J., Hizon, C. A., Mallari, J. G., ... & Fernandez, E. (2020). IoT-based automated water monitoring and correcting modular device through LoRaWAN for aquaculture. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 9, 1-14. <https://doi.org/10.12785/IJCDS/100151>.
- Tomlinson, J., & Rhiney, K. (2018). Experiential learning as a tool for farmer engagement and empowerment in a changing regional climate. *Caribbean quarterly*, 64(1), 114-135. <https://doi.org/10.1080/00086495.2018.1435342>.
- Wann, T., Khongtim, J., & Chyne, R. C. (2024). Assessing the impact of information literacy on farmers' decision-making processes: A mixed-methods approach. *IFLA journal*, 50(3), 463-478. <https://doi.org/10.1177/03400352241261730>.
- Wirasantana, L. I., & Alwi, M. (2025). Peran Ekonomi Lokal Terhadap Kesejahteraan Masyarakat Di Desa Perian, Kecamatan Montong Gading, Kabupaten Lombok Timur (Studi Kasus Usaha Budidaya Ikan Air Tawar). *Journal of Economics and Business*, 11(2), 193-204. <https://doi.org/10.29303/ekonobis.v11i2.244>.