

Implementasi Sistem Filter Air Otomatis Berbasis IoT untuk Mengoptimalkan Budidaya Ikan Air Tawar


Sari Novalianda¹, Muhammad Abdhi Ridha², Maharani Putri³, Panangian Mahadi Sihombing^{4*}

^{1,2}Universitas Al-Azhar, Jl. Pintu Air IV No. 214, Kec. Medan Johor, Kota Medan, Sumatera Utara

^{3,4}Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara

E-mail: panangianmahadi@polmed.ac.id

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5719>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 13 Feb 2026

Revised: 25 Feb 2026

Accepted: 2 Mar 2026

Kata Kunci:

Filter, Ikan Air Tawar, IoT, Kualitas Air

Keywords:

Filter, Freshwater Fish, IoT, Water Quality

ABSTRACT

Mitra dalam kegiatan ini adalah salah satu kelompok tani Desa Sei Semayang, Deli Serdang yang bergerak di bidang budidaya ikan air tawar, seperti ikan nila, ikan lele, ikan gurami, dan ikan patin. Potensi desa tersebut memiliki suhu dan kelembapan udara yang mendukung budidaya ikan air tawar dengan suhu udara di antara 26,9 °C–29,6 °C dan kelembapan udara di antara 73,6%–83,8%. Namun, Mitra masih memiliki masalah kualitas air dengan kandungan zat besi dan mangan terlarut yang cukup tinggi sehingga menyebabkan hasil budidaya ikan air tawar tidak optimal. Tujuan kegiatan ini adalah untuk memberdayakan Mitra dalam menurunkan kandungan zat besi dan mangan terlarut pada air tanah yang digunakan untuk budidaya ikan air tawar. Terdapat dua metode pelaksanaan yang digunakan, yaitu sosialisasi kualitas air untuk budidaya ikan air tawar dan penerapan teknologi tepat guna berupa Sistem Filter Air Otomatis Berbasis IoT (SIMFATISI). Hasil kegiatan berupa peningkatan pemahaman Mitra terkait parameter kualitas air yang sesuai untuk budidaya ikan air tawar dan kemampuan dalam menggunakan alat SIMFATISI dengan baik. Pencapaian kegiatan ini berupa penurunan kadar besi dan mangan terlarut pada air tanah menggunakan alat SIMFATISI oleh Mitra.

The partner in this activity is one of the farmer groups in Sei Semayang Deli Serdang Village, which cultivates freshwater fish, such as tilapia, catfish, and gourami. The village's potential is favourable for freshwater fish cultivation, with air temperatures between 26.9 °C and 29.6 °C and air humidity between 73.6% and 83.8%. However, Mitra still has water quality problems, with elevated dissolved iron and manganese concentrations that hinder suboptimal freshwater fish cultivation. This activity aims to empower Partners to reduce the content of dissolved iron and manganese in groundwater used for freshwater fish farming. Two implementation methods were used: the socialisation of water quality for freshwater fish cultivation and the application of appropriate technology in the form of an IoT-based automatic water filter system (SIMFATISI). The activity results increase Partners' understanding of water quality parameters suitable for freshwater fish cultivation and of the proper use of the SIMFATISI Tool. The achievement of this activity is to reduce the concentrations of dissolved iron and manganese in groundwater using the SIMFATISI tool by Partners.



This is an open access article under the CC–BY-SA license.

How to Cite: Sari Novalianda, et al (2026). Implementasi Sistem Filter Air Otomatis Berbasis IoT untuk Mengoptimalkan Budidaya Ikan Air Tawar, 4(3) 21775-21782. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5330>

PENDAHULUAN

Kelompok Tani Pondok Miri Asri terletak di Desa Sei Semayang, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang. Desa Sei Semayang memiliki beberapa potensi wilayah, salah satunya merupakan desa terluas di Kecamatan Sunggal dengan ukuran sekitar 12,35 km² atau sekitar 13,35% dari luas total Kecamatan Sunggal. Desa tersebut memiliki luas areal budidaya air tawar sekitar 21,43 ha dan dua unit pengolahan ikan dengan jumlah produksi 138 ton pada tahun 2022. Selain itu, terdapat juga 214 rumah tangga yang melakukan budidaya ikan air tawar. Peta wilayah Kecamatan Sunggal diperlihatkan pada

Gambar 1 berikut (Tambunan, 2023).



Gambar 1. Peta Wilayah Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang

Profil Kelompok Tani Pondok Miri Asri merupakan kelompok swadaya masyarakat (KSM) yang bergerak di bidang pertanian dan budidaya ikan air tawar. Di bidang pertanian, kelompok tersebut memiliki beberapa kegiatan usaha, yaitu penyemaian bibit produktif seperti pohon buah matoa, mangga, dan simpur. Selain itu, juga terdapat kegiatan usaha pembuatan pupuk kompos dari kotoran hewan ternak dan kegiatan pengolahan sampah plastik. Di bidang budidaya ikan air tawar seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3, kelompok tersebut juga menjalani usaha budidaya ikan lele, ikan nila, ikan gurami, dan ikan patin. Desa Sei Semayang memiliki potensi untuk aktivitas pertanian maupun budidaya ikan air tawar karena memiliki suhu udara rata-rata maksimal 29,9 °C dan minimal 26,9 °C. Sedangkan, kelembaban udara rata-rata di antara 73,6% - 83,8% (Waruwu, 2023).

Kondisi eksisting kelompok tersebut belum menerapkan teknologi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen ikan air tawar. Berdasarkan survei di lapangan yang dilakukan oleh tim pengabdian, Kelompok Tani Pondok Miri Asri memiliki beberapa masalah di bidang produksi budidaya ikan dan manajemen. Masalah di bidang produksi meliputi pertumbuhan ikan yang lama dan kematian ikan akibat penyakit (Yuliani et al., 2023). Saat ini, waktu panen ikan yang diperlukan adalah enam bulan dengan berat ikan nila rata-rata 250 gram/ekor. Masalah di bidang manajemen yaitu kelompok tani tersebut hanya menjual hasil panen di pasar setempat. Dengan demikian, petani belum dapat melakukan budidaya ikan air tawar secara optimal. Mitra sasaran pada kegiatan ini adalah kelompok masyarakat produktif secara ekonomi, yaitu Kelompok Tani Pondok Miri Asri. Salah satu sektor usaha yang dimiliki oleh kelompok tersebut adalah budidaya ikan air tawar. Ikan air tawar yang dibudidayakan meliputi ikan lele, ikan nila, ikan gurami, dan ikan patin.



Gambar 2. Budidaya Ikan Air Tawar pada Kolam Terpal



Gambar 3. Budidaya Ikan Air Tawar pada Kolam Terpal

Adapun permasalahan prioritas yang dihadapi mitra sasaran tersebut adalah: permasalahan di bidang produksi meliputi kualitas dan kuantitas hasil panen. Berdasarkan survei di lapangan, pada usia enam bulan kualitas ikan budidaya yang dipanen (misalnya ikan nila) kurang dari 300 gram/ekor. Bobot ikan tersebut di bawah bobot rata-rata hasil panen yang umum diperoleh, yaitu 400 – 600 gram/ekor dengan usia ikan enam bulan. Selanjutnya, masalah kuantitas yang terjadi berupa kematian ikan selama budidaya yang mencapai lebih dari 50% dari total benih ikan yang ditebar. Berdasarkan data di lapangan yang telah disurvei oleh tim pengabdian pada 23 Februari 2025 terdapat beberapa hal penyebab permasalahan di bidang produksi tersebut, yaitu:

1. Mitra kurang begitu paham terkait kualitas air yang baik untuk budidaya ikan air tawar. Kualitas air tersebut meliputi suhu air, PH, oksigen terlarut, level air, *total dissolved solid* (TDS), dan kekeruhan (Muhamat & Hidayatullah, 2017; Pramono Adi & Suryana, 2023).
2. Kolam ikan yang digunakan tidak disaring atau diganti sehingga bakteri dan virus berkembang dan menyebabkan kematian pada ikan (Yuliani et al., 2023).
3. Kolam ikan juga tidak dilengkapi mesin aerator dan sistem sirkulasi yang berfungsi meningkatkan oksigen terlarut untuk kebutuhan hidup ikan (Mawardi et al., 2024).

Permasalahan di bidang manajemen yang sedang dihadapi Kelompok Tani Pondok Miri Asri adalah bahwa mayoritas petani belum paham terkait manajemen budidaya ikan air yang memberikan keuntungan besar. Sehingga, petani menggunakan air kolam sekali pakai, artinya air kolam tidak diganti mulai ikan masih benur hingga usia siap panen. Berdasarkan hasil wawancara dengan mitra terdapat beberapa penyebab masalah yang dihadapi mitra, yaitu:

1. Mitra belum terkait manajemen budidaya ikan air tawar dengan baik;
 2. Mitra belum mampu menentukan parameter yang memengaruhi hasil panen.
- Terdapat beberapa solusi yang ditawarkan oleh tim pengabdian kepada mitra untuk mengatasi permasalahan yang saat ini dihadapi oleh mitra, yaitu:

1. Mengatasi masalah kurangnya pemahaman mitra terhadap kualitas air yang sesuai untuk pertumbuhan ikan air tawar, maka dilakukan sosialisasi metode budidaya ikan air tawar kepada mitra. Kualitas air yang sesuai untuk budidaya ikan air tawar adalah suhu air 25°C – 30°C, kekeruhan air 20 – 35 cm atau kurang dari 60 NTU, PH 6,5 – 8,5 (Bagaskara et al., 2022; Tzachi Matzliach Samocha, 2019).
2. Untuk mengatasi masalah mitra yang tidak mampu mengganti air kolam, tim pengabdian menawarkan sistem filter otomatis berbasis IoT kepada mitra untuk menyaring air kolam jika masih bisa digunakan kembali.
3. Untuk mengatasi masalah manajemen budidaya ikan yang benar, tim pengabdian menawarkan pelatihan budidaya ikan yang benar kepada mitra.

Tujuan dari pelaksanaan kegiatan ini adalah untuk memberdayakan Kelompok Tani Pondok Miri Asri (masyarakat bergerak di bidang ekonomi) yang berfokus pada pemberian solusi untuk masalah di bidang produksi dan manajemen budidaya ikan air tawar. Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa air kolam berwarna kecokelatan, yang berarti telah tercemar. Sedangkan kekeruhan yang optimal untuk budidaya ikan air tawar sekitar 20 – 30 cm atau kurang dari 60 NTU. Petani belum mampu memantau kualitas air kolam secara *real time* dan belum mampu membuat alat penyaring air kolam ikan. Hal tersebut diperlukan karena air tanah tercemar logam dan air Perusahaan Daerah Air Minum mahal jika diperlukan volume air yang banyak. Untuk mengatasi masalah tersebut, tim pengabdian menawarkan sebuah Sistem Filter Air Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) (SIMFATISI). Tim pengabdian menawarkan solusi untuk mengatasi masalah manajemen dengan memberikan pelatihan penggunaan untuk mengatur kualitas air budidaya ikan air tawar. Selain itu, tim pengabdian juga memberikan pelatihan perhitungan modal produksi sehingga kelompok tani tersebut mampu menentukan harga jual yang sesuai (Tambunan, 2023; Waruwu, 2023).

METODE

Kegiatan pengabdian ini dilakukan di Desa Sei Semayang, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Adapun yang menjadi mitra pada kegiatan ini adalah Kelompok Tani Pondok Miri Asri. Jumlah anggota kelompok tani tersebut sebanyak 11 orang ditambah dengan masing-masing seorang dari ketua, sekretaris, dan bendahara. Untuk pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu:

Sosialisasi

Sosialisasi metode budidaya ikan air tawar diharapkan dapat meningkatkan pemahaman Mitra terkait parameter kualitas air yang optimal untuk pertumbuhan ikan. Serta peranan setiap parameter air tersebut untuk membentuk kualitas air yang sesuai untuk budidaya ikan air tawar. Mitra mampu menyampaikan tahapan-tahapan budidaya ikan air tawar dengan benar. Selanjutnya, mitra mampu juga mengidentifikasi penyakit-penyakit ikan air tawar yang umum terjadi (Bagaskara et al., 2022).

Implementasi Teknologi Tepat Guna

Sistem filter air otomatis berbasis IoT diaplikasikan pada kolam oleh mitra dan didampingi oleh tim pengabdian. Implementasi teknologi tepat guna tersebut diharapkan dapat menghasilkan kualitas air yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan kualitas budidaya ikan air tawar Mitra. Dengan demikian, ditargetkan bobot ikan saat panen > 400 gram/ekor dan tingkat kematian ikan < 20%. Oleh karena itu, Mitra dilatih oleh Tim Pengabdian agar dapat mengaplikasikan teknologi tersebut secara mandiri. Pelatihan yang diberikan meliputi metode pengoperasian alat, *troubleshooting*, serta penggantian beberapa perangkat modul seperti solenoid valve, filter, sensor, dan *liquid crystal display* (LCD). Terdapat masing-masing target luaran yang akan dihasilkan dari solusi yang ditawarkan oleh tim pengabdian, yaitu:

Setelah mengikuti sosialisasi metode budidaya ikan air tawar, mitra diharapkan dapat mengetahui parameter kualitas air optimal untuk pertumbuhan ikan. Serta peranan setiap parameter air tersebut untuk membentuk kualitas air yang sesuai untuk budidaya ikan air tawar. Mitra mampu menyampaikan tahapan-tahapan budidaya ikan air tawar dengan benar. Selanjutnya, mitra mampu juga mengidentifikasi penyakit-penyakit ikan air tawar yang umum terjadi (Bagaskara et al., 2022). Setelah sistem filter air otomatis berbasis IoT diaplikasikan pada kolam oleh mitra dan didampingi oleh tim pengabdian, diharapkan mitra dapat mengaplikasikan alat tersebut secara mandiri. Dengan demikian, ditargetkan bobot ikan saat panen > 400 gram/ekor dan tingkat kematian ikan < 20%. Setelah mengikuti pelatihan manajemen budidaya ikan air tawar, diharapkan mitra mampu membudidayakan ikan air tawar secara optimal untuk meningkatkan hasil panen. Target penyelesaian luaran/indikator capaian dari setiap solusi yang diusulkan untuk mengatasi masalah mitra diperlihatkan pada Tabel 1. Berikut.

Tabel 1. Target Penyelesaian Luaran

Solusi	Target Luaran	Target Penyelesaian Luaran
Sosialisasi metode budidaya ikan air tawar	Mitra mengetahui parameter kualitas air	Mitra mengetahui nilai parameter optimal untuk budidaya ikan air tawar yang meliputi suhu, pH, kekeruhan, turbiditas, oksigen terlarut, dan TDS.
Sistem filter air otomatis berbasis IoT	Mitra mampu mengaplikasikan Sistem Filter Air Otomatis Berbasis IoT secara mandiri Hasil panen mitra dengan bobot > 400kg/ekor Tingkat kematian ikan air tawar < 20%	Mitra mampu menghubungkan Sistem Filter Air Otomatis Berbasis IoT ke ponsel pintar milik mitra Mitra mampu melihat kualitas air hasil pembacaan sensor melalui ponsel pintar Mitra mampu melakukan perbaikan sederhana pada Sistem Filter Air Otomatis Berbasis IoT yang meliputi instalasi listrik dan pergantian sensor yang diduga rusak.
Pelatihan manajemen budidaya ikan air tawar	Mitra mampu memajemen budidaya ikan air tawar untuk menghasilkan untung besar	Mitra mampu mengidentifikasi perilaku yang tepat untuk budidaya ikan air tawar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada kegiatan ini, mitra memiliki beberapa partisipasi yang sangat dibutuhkan oleh tim pengabdian, yaitu mitra memberikan informasi terkait masalah yang dihadapi kepada tim pengabdian secara rinci. Mitra juga bersedia mengikuti seluruh pelatihan yang akan diberikan oleh tim pengabdian. Serta, Mitra menyediakan tempat pelatihan dan ikut serta dalam melakukan instalasi/penerapan

teknologi pada kolam ikan air tawar yang digunakan untuk kegiatan pengabdian. Kegiatan yang telah dilakukan oleh Tim Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) kepada mitra adalah sebagai berikut.

Pada kegiatan pengabdian ini, tim pengusul menggunakan metode sosialisasi untuk mengatasi masalah kurangnya pemahaman mitra terhadap parameter-parameter kualitas air yang sesuai untuk budidaya ikan air tawar (masalah produksi). Parameter kualitas air yang diperhatikan untuk budidaya ikan air tawar meliputi suhu, PH, level air, kekeruhan, oksigen terlarut, dan TDS (Ali et al., 2020). Selain itu, juga disosialisasikan bagaimana cara mempertahankan kualitas air agar sesuai untuk pertumbuhan ikan air tawar. Kegiatan sosialisasi terkait implementasi Sistem Filter Air Otomatis Berbasis *Internet of Things* (SIMFATISI) telah dilakukan kepada mitra seperti diperlihatkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Sosialisasi Implementasi SIMFATISI

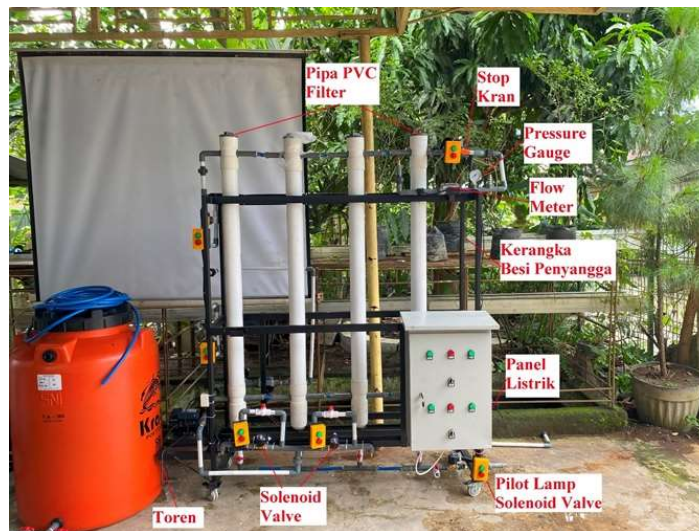
Pelatihan diberikan kepada mitra terkait prinsip kerja dan cara menginstal Sistem Filter Air Otomatis Berbasis IoT (SIMFATISI). Pada sistem tersebut terdapat metode instalasi listrik yang dilatih kepada mitra yang dibuat pada sebuah panel listrik. Selanjutnya, diberikan juga pelatihan menggunakan sistem SIMFATISI untuk menyaring air kolam jika sudah melebihi batas parameter kualitas air yang telah ditentukan. Pada tahap ini, mitra dilatih untuk menghubungkan alat SIMFATISI ke ponsel pintar mitra sehingga dapat memantau kualitas air kolam (masalah produksi). Berdasarkan hasil diskusi dan tanya jawab, mitra telah mampu memahami konsep dari implementasi SIMFATISI. Mitra telah mengetahui secara yakin bahwa SIMFATISI dapat berfungsi mengukur suhu air, level air, pH, salinitas, dan turbiditas air kolam secara *real time* berbasis IoT. SIMFATISI.

Setelah dilakukan sosialisasi terkait prinsip kerja dan implementasi alat SIMFATISI untuk meningkatkan kualitas air kolam air tawar sehingga sesuai dengan kebutuhan ikan, maka tahapan selanjutnya adalah memberikan pelatihan cara instalasi, *troubleshooting*, dan perbaikan sederhana untuk alat SIMFATISI kepada mitra. Hal tersebut diperlukan agar mitra tidak salah dalam melakukan instalasi alat SIMFATISI serta diharapkan mampu melakukan perbaikan sederhana jika alat SIMFATISI tidak bekerja secara optimal. Pelatihan tersebut dilakukan di sanggar kelompok tani seperti pada Gambar 5. Gambar 6 adalah bagian komponen SIMFATISI dan Gambar 7 adalah komponen kotak panel SIMFATISI. Berdasarkan hasil penilaian yang telah dilakukan oleh Tim PKM terhadap mitra dalam melakukan instalasi alat SIMFATISI, melakukan *troubleshooting*, dan melakukan perbaikan sederhana, maka dapat diketahui secara yakin bahwa mitra telah benar-benar mengetahui secara pasti isi pelatihan secara keseluruhan.

Tim pengabdian melakukan pendampingan kepada mitra secara intensif untuk melihat perkembangan kualitas dan kuantitas ikan air tawar yang dibudidayakan oleh mitra. Proses pendampingan dan evaluasi dilakukan melalui telepon seluler dengan durasi dua minggu sekali dan kunjungan ke lapangan satu bulan sekali. Proses pendampingan yang dilakukan tim pengabdian meliputi penggunaan sistem SIMFATISI serta manajemen budidaya ikan air tawar. Evaluasi juga dilakukan oleh tim pengabdian kepada mitra yang meliputi mengukur kemampuan mitra dalam menggunakan SIMFATISI dan mengukur kemampuan mitra dalam manajemen budidaya ikan air tawar. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kualitas dan kuantitas hasil panen budidaya air tawar menjadi > 400 gram/ekor dan tingkat kematian ikan < 20%.



Gambar 5. Pelatihan Instalasi dan Perbaikan Sederhana Alat SIMFATISI



Gambar 6. Bagian Komponen SIMFATISI



Gambar 7. Komponen Kotak Panel SIMFATISI

Pembahasan

Produk teknologi dan inovasi yang telah diterapkan kepada mitra adalah alat SIMFATISI berbasis IoT dan aplikasi *digital marketing* berupa *e-commerce* seperti Shopee dan Tokopedia. Adapun yang

merupakan *hard* produk teknologi adalah alat SIMFATISI, sedangkan yang merupakan *soft* produk adalah aplikasi *e-commerce* yang dimanfaatkan oleh mitra untuk memasarkan hasil panen. Penerapan teknologi dan inovasi kepada masyarakat berupa alat SIMFATISI berbasis IoT dan pemanfaatan aplikasi *e-commerce*. Relevansi kedua penerapan tersebut telah mampu memberikan peningkatan manajemen produksi dan pemasaran. Pada alat SIMFATISI, mitra telah mampu memonitor kualitas air kolam seperti suhu air, pH, salinitas, dan turbiditas secara *real time* menggunakan Android yang telah terhubung dengan alat SIMFATISI. Sedangkan pada aplikasi *e-commerce*, mitra telah mampu memasarkan hasil panen ikan ke luar daerah. *Impact* berupa kebermanfaatan alat SIMFATISI adalah bahwa alat ini mampu memberikan penanganan secara cepat dan tepat terhadap kualitas air kolam yang di luar standar sehingga kematian ikan dan/atau perkembangan ikan yang tidak optimal dapat dihindari. Selain itu, dengan menggunakan alat SIMFATISI, mitra juga mengalami peningkatan kualitas hasil panen ikan. Selanjutnya, kebermanfaatan menggunakan alat *e-commerce* berupa Shopee, Facebook, dan Tokopedia menunjukkan bahwa mitra telah mampu menjual hasil panen ikan di luar wilayah setempat sendiri.

Tim pengabdian melakukan keberlanjutan program dengan memberikan/menghibahkan sistem SIMFATISI kepada mitra yang dapat dipakai secara berulang. Sehingga mitra dapat menyaring air kolam untuk mencegah pertumbuhan patogen yang membuat ikan sakit. Tim pengabdian juga melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem SIMFATISI tersebut dan melakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen ikan air tawar. Tim pengabdian selalu melakukan komunikasi dengan mitra dan bersedia melakukan kunjungan ke mitra jika mitra menemukan masalah.

SIMPULAN

Kesimpulan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berskema pemberdayaan kemitraan masyarakat antara lain: Dengan menggunakan alat SIMFATISI, petani budidaya ikan air tawar pada Kelompok Tani Pondok Miri Asri dapat mengetahui kualitas air kolam secara *real time* sehingga penanganan yang baik dan cepat dapat dilakukan pada kualitas air yang tidak memenuhi standar. Dengan demikian, kualitas hasil panen budidaya ikan dapat dicapai dan tingkat kematian ikan dapat diminimalkan. Dengan mengaplikasikan teknologi *digital marketing*, petani budidaya ikan air tawar pada Kelompok Tani Pondok Miri Asri dapat memasarkan hasil panen budidaya ikan secara luas sehingga terhindar dari ketergantungan terhadap tengkulak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Pengabdian mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DPPM), Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan (Ditjen Risbang), Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) yang telah mendanai Program Pengabdian Kepada Masyarakat ini pada skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat tahun 2025.

REFERENSI

- Ali, S. E., Jansen, M. D., Mohan, C. V., Delamare-Deboutteville, J., & Charo-Karisa, H. (2020). Key risk factors, farming practices and economic losses associated with tilapia mortality in Egypt. *Aquaculture*, 527. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735438>
- Bagaskara, D. I., Syauqy, D., & Prasetio, B. H. (2022). Sistem Klasifikasi Kualitas Air untuk Budidaya Ikan Nila Hitam (*Oreochromis Niloticus*) menggunakan Metode Support Vector Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(12), 5784–5791. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Mawardi, M., Sihombing, P. M., & Yudisha, N. (2024). An internet of things-based pump and aerator control system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 34(2), 848. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v34.i2.pp848-860>
- Muhamat, & Hidayaturrehman. (2017, March 1). Kematian ikan nila pada budi daya keramba jaring apung di Desa Aranio dan Tiwingan Lama, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m030106>
- Pramono Adi, C., & Suryana, A. (2023). Pola Pertumbuhan Ikan Nila *Oreochromis Niloticus* Di Fase Pendederan. *Jurnal Inovasi Hasil Penelitian Dan Pengembangan*, 3(2), 147–158.
- Tambunan, J. M. S. (2023). Kecamatan Sunggal Dalam Angka. In Badan Pusat Statistik Kabupaten Deli Serdang. <https://doi.org/2776-0480>
- Tzachi Matzliach Samocha. (2019). Sustainable Biofloc Systems for Marine Shrimp for Marine Shrimp.

- In Patricia Osborn (Ed.), Elsevier (1st ed., Vol. 1). <https://www.elsevier.com/books-and-journals>
- Waruwu, D. J. P. (2023). Kabupaten Deli Serdang dalam Angka. In Badan Pusat Statistik Kabupaten Deli Serdang. <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseysociety.com/downloads/reports/Educa>
- Yuliani, I., Pratiwi, R. H., & Yulistiana. (2023). Analisis Tingkat Serangan Parasit pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) di Balai Benih Ikan (BBI) Ciganjur. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 68–80. <https://doi.org/10.24002/biota.v8i1.5502>