

Sistem Monitoring Kualitas Air Terintegrasi IoT (SIMKAT) untuk Meningkatkan Budidaya Ikan Air Tawar

Mawardi¹, Rafiqah Humaira², Maharani Putri³, Panangian Mahadi Sihombing^{4*}

^{1,2}Universitas Al-Azhar, Jalan Pintu Air IV No. 214 Medan

^{3,4}Politeknik Negeri Medan, Jalan Almamater No. 1 Kampus USU Medan

E-mail: panangianmahadi@polmed.ac.id

* Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i4.5709>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 15 Februari 2026

Revised: 19 Februari 2026

Accepted: 1 Maret 2026

Kata Kunci

Kelompok Tani; Ikan Air Tawar; Monitoring; Kualitas Air Tawar

Keywords

Farmer Groups; freshwater fish; Monitoring; Freshwater Quality



ABSTRACT

Kelompok Tani Pondok Miri Asri Desa Sei Semayang melakukan 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 di antara 26,9oC - 29,9oC dan kelembaban udara rata-rata di antara 73,6% - 83,8%. Namun, kelompok tani tersebut masih memiliki dua masalah utama, yaitu di bidang produksi dan pemasaran. Masalah di bidang produksi meliputi pertumbuhan ikan yang lama dan kematian ikan akibat penyakit, sedangkan masalah di bidang pemasaran berupa penjualan hasil panen pada pasar setempat. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memberdayakan Kelompok Tani Desa Sei Semayang dengan berfokus pada pemberian solusi untuk masalah di bidang produksi dan pemasaran budidaya ikan air tawar. Dua metode yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Terintegrasi IoT (SIMKAT) dan pelatihan penggunaan aplikasi pemasaran berbasis digital. Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian diketahui bahwa teknologi SIMKAT mampu memberikan informasi kualitas air berupa PH, turbiditas, total dissolved solid (TDS), suhu, dan dissolved oxygen secara real time. Sehingga, petani mampu memberikan penanganan yang memadai pada kolam ikan. Sedangkan, melalui pelatihan penggunaan aplikasi pemasaran digital kelompok tani mampu menjual hasil panen di luar pasar lokal.

The Pondok Miri Asri Farmers Group of Sei Semayang Village cultivates catfish, tilapia, gourami fish, and catfish. Sei Semayang Village has the potential for agricultural activities and freshwater fish cultivation due to its average air temperatures ranging from 26.9 °C to 29.9 °C and an average air humidity of 73.6% to 83.8%. However, the farmer group still faces two main problems, namely those in the fields of production and marketing. Problems in the field of production include long fish growth and fish deaths due to disease, while problems in the field of marketing in the form of sales of crops in the local market. The purpose of this activity is to empower the Sei Semayang Village Farmers Group by focusing on providing solutions to problems in the field of production and marketing of freshwater fish farming. The two methods used to overcome this problem are the implementation of the IoT Integrated Water Quality Monitoring System (SIMKAT) and training on the use of digital-based marketing applications. Based on the results of service activities, it is known that SIMKAT technology can provide water quality information in the form of PH, turbidity, total dissolved solids (TDS), temperature, and dissolved oxygen in real time. Thus, farmers can provide adequate handling of fish ponds. Meanwhile, through training on the use of digital marketing applications, farmer groups can sell their crops outside the local market.



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

How to Cite: Mawardi et al. (2026) Sistem Monitoring Kualitas Air Terintegrasi IoT (SIMKAT) untuk Meningkatkan Budidaya Ikan Air Tawar doi: <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i4.5709>

PENDAHULUAN

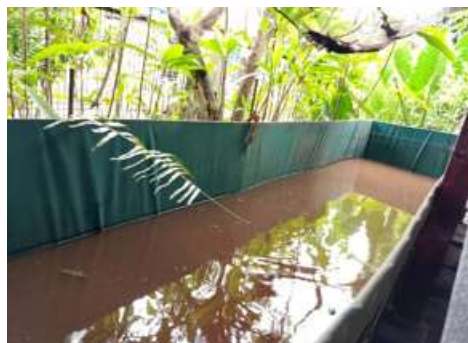
Kelompok Tani Pondok Miri Asri terletak di Desa Sei Semayang Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang. Desa Sei Semayang memiliki beberapa potensi wilayah, yaitu salah satunya merupakan desa terluas di Kecamatan Sunggal dengan ukuran sekitar 12,35 km²/sq.km atau sekitar 13,35% dari luas total Kecamatan Sunggal. Desa tersebut memiliki luas areal budidaya air tawar sekitar 21,43 ha dan dua unit pengolahan ikan dengan jumlah produksi 138 ton di tahun 2022. Selain itu, terdapat juga 214 rumah tangga yang melakukan budidaya ikan air tawar. Peta wilayah Kecamatan Sunggal diperlihatkan pada Gambar 1 (Badan Pusat Statistik, 2023).



Gambar 1. Peta Wilayah Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang

Berdasarkan gambar di atas Desa Sei Semayang berbatasan dengan Jalan Lintas Medan-Binjai di sebelah utara, di sebelah timur berbatasan dengan Desa Sei Mencirim dan Medan Krio, di sebelah selatan berbatasan dengan Desa Pujimulyo, dan di sebelah barat berbatasan dengan Kelurahan Tenggurono-Kotamadya Binjai. Potensi lain adalah Desa Sei Semayang juga memiliki beberapa sarana perdagangan, yaitu tiga kelompok pertokoan, empat pasar dengan bangunan semi permanen, dua buah mini market, dan tiga restoran. Potensi tersebut juga dapat memudahkan masyarakat Desa Sei Semayang melakukan interaksi jual-beli (Badan Pusat Statistik, 2023).

Profil Kelompok Tani Pondok Miri Asri merupakan kelompok swadaya masyarakat (KSM) yang bergerak di bidang pertanian dan budidaya ikan air tawar. Di bidang budidaya ikan air tawar seperti pada Gambar 2, 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 maksimal 83,8% dan minimal 73,6% (Badan Pusat Statistik, 2023). Kondisi eksisting kelompok tersebut belum menerapkan teknologi untuk meningkatkan hasil panen maupun pemasaran. Sehingga, berdasarkan survei di lapangan yang dilakukan oleh tim pengabdian, Kelompok Tani Pondok Miri Asri memiliki beberapa masalah di bidang produksi budidaya ikan dan pemasaran. 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 selama enam bulan dengan berat ikan nila rata-rata 250 gram/ekor. Sedangkan masalah di bidang pemasaran, yaitu kelompok tani tersebut hanya menjual hasil panen pada pasar setempat. Dengan demikian, harga jual ikan yang rendah diperoleh karena ditentukan oleh tengkulak. Selain itu, kelompok tani tersebut belum mampu menghitung modal produksi secara tepat sehingga belum mampu menentukan harga jual yang menguntungkan.



(a)



(b)

Gambar 2. Kolam Budidaya Air Tawar (a) Kolam Terpal (b) Kolam Batu

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 pemasaran 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 (Salim, A., & Edidas, 2023). Petani belum mampu memantau kualitas air kolam secara real time sehingga hasil panen belum optimal. Untuk mengatasi masalah tersebut, tim pengabdian menawarkan sebuah Sistem Monitoring Kualitas Air Terintegrasi IoT (SIMKAT). Tim pengabdian menawarkan solusi untuk mengatasi masalah pemasaran dengan memberikan pelatihan penggunaan aplikasi pemasaran berbasis digital. Selain itu, tim pengabdian juga memberikan pelatihan perhitungan modal produksi sehingga kelompok tani tersebut mampu menentukan harga jual yang sesuai (Pratama, 2023).

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 dibudidaya meliputi ikan lele, ikan nila, ikan gurami, dan ikan patin. Adapun permasalahan prioritas yang dihadapi mitra sasaran tersebut saat ini 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 (Adi & Suryana, 2023; Muhamat & Hidayaturrahmah, 2017)
2. Kolam ikan yang digunakan tidak dilengkapi sistem sirkulasi air sehingga bakteri dan virus berkembang dan menyebabkan kematian pada ikan (Yuliani et al., 2023)
3. Kolam ikan juga tidak dilengkapi mesin aerator yang berfungsi meningkatkan oksigen terlarut untuk kebutuhan hidup ikan (Mawardi et al., 2024)

Permasalahan di bidang pemasaran yang sedang dihadapi Kelompok Tani Pondok Miri Asri adalah harga jual yang rendah karena hampir seluruh hasil panen di jual ke tengkulak. Harga jual ikan yang ditetapkan tengkulak di bawah 50% dari harga pasar konsumen. Misal harga ikan nila Rp. 45.000/kg di pasar, namun tengkulak menetapkan harga ke petani sekitar Rp. 15.000 – Rp. 20.000/kg. Selain itu, kelompok tersebut masih belum mampu menghitung modal produksi dengan benar, sehingga harga jual yang diterima oleh kelompok cenderung merugikan. Berdasarkan hasil wawancara dengan mitra terdapat beberapa penyebab masalah yang dihadapi mitra, yaitu:

1. Mitra belum mampu menggunakan aplikasi pemasaran berbasis digital dengan baik;
2. Mitra belum mampu menghitung biaya produksi sesuai metode baku.

METODE

Terdapat beberapa solusi yang ditawarkan oleh tim pengabdian kepada mitra untuk mengatasi permasalahan yang saat ini dihadapi oleh mitra, yaitu:

1. Untuk 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; Samocha, 2019)
2. Untuk mengatasi masalah mitra yang tidak mampu memantau kualitas air secara real time maka tim menawarkan solusi pemanfaatan teknologi tepat guna. Teknologi tersebut adalah Sistem Monitoring Kualitas Air Terintegrasi IoT (SIMKAT).
3. Untuk mengatasi masalah ketergantungan penjualan hasil panen kepada tengkulak, maka tim pengabdian menawarkan pelatihan penggunaan aplikasi pemasaran berbasis digital agar dapat menjangkau pembeli di luar desa. Aplikasi pemasaran yang akan digunakan pada kegiatan ini adalah marketplace facebook, shopee, dan tokopedia.

Terdapat masing-masing target luaran yang akan dihasilkan dari solusi yang ditawarkan oleh tim pengabdian, yaitu:

1. Setelah mengikuti sosialisasi metode budidaya ikan air tawar, maka 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)
2. Setelah alat SIMKAT 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%.
3. Setelah mengikuti pelatihan menggunakan aplikasi pemasaran secara digital diharapkan mitra mampu menggunakan aplikasi tersebut secara optimal untuk memasarkan 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.
Alat SIMKAT	Mitra mampu mengaplikasikan SIMKAT secara mandiri Hasil panen mitra dengan bobot > 400kg/ekor Tingkat kematian ikan air tawar < 20%	Mitra mampu menghubungkan SIMKAT ke ponsel pintar milik mitra Mitra mampu melihat kualitas air hasil pembacaan sensor melalui ponsel pintar Mitra mampu melakukan perbaikan sederhana pada SIMKAT yang meliputi instalasi listrik dan pergantian sensor yang diduga rusak.
Pelatihan penggunaan aplikasi pemasaran berbasis digital	Mitra mampu menggunakan aplikasi pemasaran berbasis digital	Mitra mampu mengidentifikasi aplikasi pemasaran berbasis digital Mitra mampu membuat akun pada aplikasi tersebut dan menambahkan barang yang dipasarkan Mitra mampu melakukan transaksi jual beli secara Online

Target penyelesaian luaran dari setiap solusi yang ditawarkan oleh tim pengabdian akan dicapai dengan menerapkan beberapa metode berikut:

1. 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 (Mawardi et al., 2023). Selain itu, juga disosialisasikan bagaimana cara mempertahankan kualitas air agar sesuai untuk pertumbuhan ikan air tawar. Sistem penilaian pra-test dan post-test juga diterapkan pada tahapan sosialisasi. Hal tersebut diperlukan untuk mengukur tingkat pemahaman mitra dalam mengikuti kegiatan sosialisasi.

2. Pelatihan diberikan kepada mitra terkait prinsip kerja dan cara menginstal Sistem Kualitas Air Terintegrasi IoT (SIMKAT). Pada sistem tersebut terdapat metode instalasi listrik yang dilatih kepada mitra yang dibuat pada sebuah panel listrik. Selanjutnya, diberikan juga pelatihan menggunakan alat SIMKAT untuk mempertahankan kualitas air secara otomatis dan memantau parameter- parameter kualitas air melalui ponsel pintar. Pada tahap ini, mitra di latih untuk menghubungkan alat SIMKAT ke ponsel pintar mitra sehingga dapat memantau kualitas air kolam (masalah produksi). Mitra diberikan pelatihan menggunakan aplikasi pemasaran berbasis digital. Pelatihan ini diberikan agar mitra memiliki strategi mengembangkan penjualannya agar lebih luas. Pelatihan penggunaan aplikasi tersebut meliputi pelatihan membuat akun, mengunggah produk, dan transaksi jual beli. Aplikasi yang digunakan pada kegiatan ini meliputi Tokopedia, Shopee, dan Facebook (masalah pemasaran).
3. Tim pengabdian melakukan pendampingan kepada mitra secara intensif untuk melihat perkembangan kualitas dan kuantitas ikan air tawar yang dibudidaya 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 alat SIMKAT, serta penggunaan aplikasi pemasaran berbasis digital. Evaluasi juga dilakukan oleh tim pengabdian kepada mitra yang meliputi mengukur kemampuan mitra dalam menggunakan alat SIMKAT dan mengukur kemampuan mitra dalam menggunakan aplikasi pemasaran. Hasil evaluasi diharapkan terjadi peningkatan kualitas dan kuantitas hasil panen budidaya air tawar menjadi > 400 gram/ ekor dan tingkat kematian ikan < 20%.
4. Tim pengabdian melakukan keberlanjutan program dengan memberikan/menghibahkan alat SIMKAT kepada mitra yang dapat dipakai secara berulang. Sehingga mitra dapat mengetahui kualitas air kolam dan dapat melakukan tindakan secara cepat dan tepat jika kualitas air kolam di bawah standar. Tim pengabdian juga melakukan evaluasi terhadap kinerja alat SIMKAT tersebut dan melakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen ikan air tawar. Selain itu, tim pengabdian juga mencari aplikasi pemasaran berbasis digital yang memiliki peluang lebih tinggi untuk memasarkan hasil panen ikan air tawar. Tim pengabdian selalu melakukan komunikasi kepada mitra dan bersedia melakukan kunjungan ke mitra jika mitra menemukan masalah.
5. Pada kegiatan ini mitra memiliki beberapa partisipasi yang sangat dibutuhkan oleh tim pengabdian sebagai berikut: Mitra memberikan informasi terkait masalah yang dihadapi kepada tim pengabdian secara rinci; Mitra bersedia mengikuti seluruh pelatihan yang akan diberikan oleh tim pengabdian; Mitra menyediakan tempat pelatihan dan ikut serta dalam melakukan instalasi/penerapan teknologi; dan Mitra menyediakan kolam ikan air tawar yang digunakan untuk kegiatan pengabdian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan sosialisasi terkait prinsip kerja dari Sistem Monitoring Kualitas Air Terintegrasi IoT (SIMKAT) telah dilakukan kepada mitra seperti pada Gambar 3 berikut. Prinsip kerja SIMKAT disampaikan langsung oleh Ketua Tim PKM Dr. Ir. Mawardi, S.T., M.T. Selanjutnya, sosialisasi penggunaan aplikasi pemasaran digital juga telah disampaikan oleh salah satu anggota Tim PKM, yaitu Rafiqah Humaira, S.Tr. Bns., M.Si. Beberapa aplikasi pemasaran digital yang telah diperkenalkan kepada mitra adalah Marketplace pada Facebook, Instagram, toktok, Shopee, dan Tokopedia.



Gambar 3. Sosialisasi Implementasi SIMKAT

Berdasarkan hasil diskusi dan tanya jawab, mitra telah mampu memahami prinsip kerja dari teknologi SIMKAT yang tersusun dari berbagai sensor dan sebuah prosesor ESP32 yang terhubung ke jaringan internet. Selain itu, Mitra juga telah mengetahui secara yakin bahwa SIMKAT dapat berfungsi mengukur suhu air, level air, pH, salinitas, dan turbiditas air kolam secara real time berbasis IoT. Sosialisasi pengenalan aplikasi pemasaran digital juga berdampak positif kepada mitra. Mitra telah mampu menggunakan beberapa aplikasi tersebut untuk memasarkan produk. Lebih rincinya, mitra telah mampu membuat akun, mengupload gambar pada market, serta melakukan transaksi jual beli.

Setelah dilakukan sosialisasi terkait prinsip kerja dan implementasi alat SIMKAT 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 SIMKAT kepada mitra. Hal tersebut diperlukan agar mitra tidak salah dalam melakukan instalasi alat SIMKAT serta diharapkan mampu melakukan perbaikan sederhana jika alat SIMKAT tidak bekerja secara optimal. Pelatihan tersebut dilakukan di sanggar kelompok tani seperti pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pelatihan Instalasi dan Perbaikan Sederhana Alat SIMKAT

Berdasarkan hasil penilaian yang telah dilakukan oleh Tim PKM terhadap mitra dalam melakukan instalasi alat SIMKAT, melakukan troubleshooting, dan perbaikan sederhana. Maka, dapat diketahui secara yakin bahwa mitra telah benar-benar mengetahui secara pasti isi pelatihan secara keseluruhan. Selain itu, mitra telah mampu mengevaluasi setiap sensor yang digunakan, sehingga dapat ditentukan sensor mana yang tidak bekerja. Dengan demikian, mitra dapat mengganti sensor yang baru secara mandiri. Selanjutnya, Tim PKM telah melakukan proses serah terima aset SIMKAT kepada mitra seperti diperlihatkan pada Gambar 4 berikut. Penyerahan alat SIMKAT diberikan secara langsung oleh ketua Tim PKM Dr. Ir. Mawardi, S.T., M.T. sedangkan penerimaan alat SIMKAT diterima langsung oleh Pembina Kelompok Tani Pondok Miri Asri (Mitra) Bapak Muhammad Rauf.



Gambar 5. Serah Terima Aset SIMKAT

SIMPULAN

Dengan menggunakan alat SIMKAT, 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 diminimalisir. Dengan mengaplikasikan

teknologi digital marketing, petani budidaya ikan air tawar pada Kelompok Tani Pondok Miri Asri dapat memasarkan hasil panen budidaya ikan secara luar 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

- Adi, C., & Suryana, A. (2023). Pola Pertumbuhan Ikan Nila *Oreochromis niloticus* Di Fase Pendederan. *KNOWLEDGE: Jurnal Inovasi Hasil Penelitian Dan Pengembangan*, 3(2), 147–158. <https://doi.org/10.51878/knowledge.v3i2.2372>
- Badan Pusat Statistik. (2023). Kecamatan Sunggal Dalam Angka. In *Badan Pusat Statistika Kabupaten Deli Serdang*.
- Bagaskara, D. I., Syauqy, D., & Prasetyo, 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.
- Mawardi, M., Sihombing, P., & Yudisha, N. (2024). An internet of things-based pump and aerator control system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 34(1), 848. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v34.i2.pp848-860>
- Mawardi, Sihombing, P. M., Adeliisa, S., Siregar, M. A., Putra, M. A. D., Lubis, D. T., & Siregar, M. Z. (2023). Prototipe Pengawasan Dan Pengontrolan Aerator Untuk Budidaya Udang Berbasis Iot. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan SipiL*, 04(01), 264–272. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v4i1.265>
- Muhamat, & Hidayaturrehman. (2017). Kematian ikan nila pada budi daya keramba jaring apung di Desa Aranio dan Tiwingan Lama Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. *Pros Sem Nas Masy Biodov Indon*, 3(2), 28–32. <https://doi.org/10.13057/PSNMBI/M030106>
- Pratama, D. (2023). Analisis Strategi Pemasaran Untuk Penjualan Tanaman Hias Rumput Gajah Mini Variegata di Kelurahan Sei Agul Kecamatan Medan Barat Kota Medan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI]*, 3(2), 1–17. <https://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimtani/article/view/2350>
- Salim, A., & Edidas, E. (2023). Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Bibit Ikan Nila Menggunakan Algoritma Decision Tree. *Votetknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 11(2), 187–195. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/votetknika/>
- Samocha, T. M. (2019). *Sustainable Biofloc Systems for Marine Shrimp* (1st ed.). Elsevier.
- 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 An Analysis of Parasites Attack Levels in Tilapia and Catfish at Fish Seed Center (BBI) Ciganjur Pendahu. 8(1), 68–80.