

Pelatihan Pemeliharaan Sistem Monitoring Suhu Air Tambak Udang Vaname Berbasis IoT

Matsani^{1*}, Sholeh Rachmatullah², Yuliana Trisanti³, Anang Faktchur Rachman⁴,

Muhammad Yasir Zain⁵, Ali Rahman⁶

¹Teknik Industri, Universitas Madura

^{2,4,5}Informatika, Universitas Madura

³Manajemen, Universitas Madura

⁶Bisnis Digital, Universitas Madura

Email: matsaini@unira.ac.id, sholeh@unira.ac.id, yuli@unira.ac.id, anang@unira.ac.id, yasir@unira.ac.id,
4li.ar45@gmail.com

ABSTRAK

Suhu air merupakan salah satu parameter kunci dalam budidaya udang vaname yang secara langsung memengaruhi tingkat metabolisme, pertumbuhan, serta daya tahan terhadap penyakit. Ketidakstabilan suhu air dapat menurunkan tingkat kelangsungan hidup (survival rate) udang dan menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi pembudidaya. Kelompok petambak udang vaname "Jaring Emas" di Desa Grujungan, Kabupaten Sumenep, selama ini masih melakukan pencatatan suhu dan pemberian pakan secara manual. Metode tersebut tidak hanya memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan, tetapi juga menyulitkan proses analisis untuk pengambilan keputusan yang tepat. Untuk menjawab permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian ini menyelenggarakan pelatihan pemeliharaan sistem monitoring suhu air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan aplikasi SiVaname. Pelatihan dirancang untuk meningkatkan kapasitas mitra dalam memahami, mengoperasikan, serta merawat perangkat monitoring suhu yang terintegrasi dengan sistem informasi berbasis web. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa mitra mampu melakukan pemantauan suhu secara real-time, serta melakukan perawatan dan troubleshooting perangkat secara mandiri. Implementasi sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi manajemen tambak dan mempercepat pengambilan keputusan berbasis data. Kegiatan ini menjadi langkah strategis dalam mendorong transformasi digital sektor budidaya udang skala rakyat.

Kata kunci: Pelatihan, IoT, Suhu Air, Udang Vaname, Sistem Monitoring.

Abstract

Water temperature is one of the key parameters in vaname shrimp farming that directly affects metabolism, growth, and disease resistance. Unstable water temperatures can reduce shrimp survival rates and cause significant economic losses for farmers. The vaname shrimp farmers' group "Jaring Emas" in Grujungan Village, Sumenep District, has been manually recording water temperature and feeding schedules. This method is not only time-consuming and prone to errors but also complicates the analysis process for making informed decisions. To address these issues, this community service activity conducted training on maintaining an Internet of Things (IoT)-based water temperature monitoring system using the SiVaname application. The training was designed to enhance partners' capacity to understand, operate, and maintain temperature monitoring devices integrated with a web-based information system. The training results showed that partners were able to monitor temperature in real-time, as well as perform maintenance and troubleshooting of devices independently. The implementation of this system has proven to improve pond management efficiency and accelerate data-driven decision-making. This activity represents a strategic step toward driving digital transformation in the small-scale shrimp farming sector.

Keywords: Training, IoT, Water Temperature, Vaname Shrimp, Monitoring System.



PENDAHULUAN

Sektor budidaya perikanan, khususnya tambak udang, memiliki potensi strategis dalam mendukung ketahanan pangan, peningkatan ekonomi lokal, dan ekspor komoditas unggulan Indonesia (Toiba et al., 2024). Dengan garis pantai yang luas dan kondisi geografis yang mendukung, Indonesia menjadi salah satu negara penghasil udang terbesar di dunia (Hukom et al., 2020). Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu jenis udang budidaya yang memiliki produktivitas tinggi dan adaptasi lingkungan yang baik, sehingga banyak dikembangkan oleh petambak di berbagai daerah, termasuk di wilayah pesisir Kabupaten Sumenep, Jawa Timur (Jing et al., 2025). Kemajuan budidaya udang vaname saat ini tidak hanya ditentukan oleh aspek biologis, tetapi juga oleh penerapan teknologi dalam pengelolaan tambak yang lebih presisi dan efisien.

Dalam konteks budidaya udang vaname, suhu air merupakan parameter kunci yang sangat menentukan keberhasilan siklus produksi. Suhu yang optimal (antara 28°C hingga 31°C) mendukung metabolisme, pertumbuhan, dan imunitas udang, serta mempercepat waktu panen. Sebaliknya, suhu yang fluktuatif dan ekstrem dapat menurunkan tingkat kelangsungan hidup (survival rate), meningkatkan stres, serta membuka peluang infeksi penyakit. Permasalahan suhu air tambak yang tidak terpantau secara berkala seringkali menyebabkan kerugian besar bagi pembudidaya, baik dari sisi ekonomi maupun kualitas hasil panen.

Sayangnya, pemantauan suhu air secara manual yang masih banyak diterapkan oleh petambak tradisional cenderung tidak konsisten, memakan waktu, dan rentan terhadap kesalahan pencatatan. Hal ini berdampak pada sulitnya melakukan analisis berkala terhadap kondisi lingkungan tambak dan menentukan langkah penanganan atau treatment yang tepat. Ketidakterpaduan data juga menyulitkan proses evaluasi terhadap efisiensi penggunaan pakan dan keterkaitan dengan pertumbuhan udang secara individual di setiap kolam tambak.

Penerapan sistem monitoring berbasis teknologi, khususnya berbasis Internet of Things (IoT), menjadi solusi potensial untuk mengatasi kendala tersebut (Anand et al., 2021; Chen et al., 2022; Compare, 2020; Jo et al., 2020; Raghuvanshi et al., 2022; Yanes et al., 2020). Dengan sensor suhu yang terhubung langsung ke jaringan dan dapat diakses melalui aplikasi web, pembudidaya dapat memperoleh data suhu secara real-time dan melakukan penyesuaian treatment secara

tepat waktu. Digitalisasi ini diharapkan dapat mempercepat proses pengambilan keputusan, meningkatkan efisiensi budidaya, dan menurunkan tingkat mortalitas udang akibat faktor lingkungan yang tidak terpantau.

Kelompok mitra dalam kegiatan pengabdian ini adalah Kelompok Tani Tambak Udang "Jaring Emas" yang berlokasi di Dusun Karang Mimba, Desa Grujugan, Kecamatan Gapura, Kabupaten Sumenep. Kelompok ini terdiri dari petambak udang vaname skala kecil hingga menengah yang telah melakukan budidaya secara turun-temurun. Meskipun memiliki pengalaman empiris dalam mengelola tambak, kelompok ini belum sepenuhnya menerapkan pendekatan teknologi digital dalam kegiatan operasional hariannya. Keterbatasan akses terhadap teknologi dan minimnya pelatihan teknis menjadi kendala utama dalam peningkatan produktivitas dan efisiensi usaha tambak mereka.

Permasalahan utama yang dihadapi mitra adalah masih dilakukannya pencatatan data suhu air dan pemberian pakan secara manual. Kegiatan ini tidak hanya menyita waktu dan tenaga, tetapi juga menyulitkan dalam melakukan pemantauan dan evaluasi secara menyeluruh terhadap siklus budidaya. Kesalahan pencatatan maupun keterlambatan informasi berdampak langsung terhadap kualitas manajemen tambak, terutama dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pemberian pakan, treatment kualitas air, dan tindakan preventif terhadap penyakit.

Selain itu, mitra belum memiliki sistem informasi digital yang mendukung kegiatan monitoring suhu air secara otomatis dan terintegrasi. Seluruh data kegiatan tambak belum terdokumentasi secara sistematis, sehingga menyulitkan untuk membuat analisis data historis maupun prediksi berbasis tren. Ketiadaan sistem digital ini juga menghambat proses transfer pengetahuan kepada generasi muda atau pelaku tambak baru yang membutuhkan data sebagai dasar pembelajaran dan pengambilan keputusan berbasis bukti (evidence-based decision).

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas mitra dalam menggunakan dan memelihara sistem monitoring suhu tambak berbasis IoT yang terintegrasi dengan aplikasi digital berbasis web (SiVaname)(Rachmatullah et al., 2024; Rachmatullah, Zain, et al., 2023; Wibisono et al., 2019). Melalui pelatihan ini, mitra diharapkan mampu memahami prinsip kerja perangkat, melakukan pemeliharaan mandiri, serta mengoptimalkan penggunaan data suhu secara real-time dalam proses budidaya. Secara lebih luas, kegiatan ini bertujuan mendorong

transformasi digital dalam sektor budidaya tambak rakyat melalui pendekatan teknologi tepat guna, partisipatif, dan berkelanjutan.

METODE

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diawali dengan tahap sosialisasi kepada mitra mengenai pentingnya monitoring suhu air tambak berbasis teknologi. Tahapan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman konseptual kepada pembudidaya mengenai peran suhu air dalam keberhasilan budidaya udang vaname serta kelemahan dari metode pemantauan manual yang selama ini digunakan. Dalam sosialisasi ini, tim pengabdian memaparkan bagaimana sistem berbasis Internet of Things (IoT) dapat memberikan solusi praktis, efisien, dan real-time terhadap permasalahan yang dihadapi. Mitra juga diperkenalkan dengan aplikasi SiVaname, yang dikembangkan sebagai media integrasi antara perangkat sensor dan sistem informasi manajemen tambak (Rachmatullah et al., 2024; Rachmatullah, Hari, et al., 2023).

Tahap selanjutnya adalah instalasi perangkat IoT yang mencakup sensor suhu (DS18B20), mikrokontroler NodeMCU ESP32, dan konektivitas jaringan yang diperlukan untuk pengiriman data secara real-time ke server aplikasi. Proses instalasi dilakukan langsung di tambak-tambak milik mitra, dengan melibatkan petambak secara aktif untuk memastikan bahwa mereka memahami lokasi pemasangan, prinsip kerja, serta fungsi masing-masing komponen. Setelah instalasi selesai, dilakukan pelatihan penggunaan aplikasi SiVaname, mulai dari proses login, pemantauan suhu, hingga interpretasi data dan rekomendasi treatment yang dihasilkan sistem. Kegiatan ini dilakukan secara partisipatif dengan pendekatan demonstratif dan praktik langsung.

Untuk menjamin keberlangsungan dan efektivitas pemanfaatan sistem dalam jangka panjang, tahapan berikutnya difokuskan pada pelatihan pemeliharaan dan troubleshooting perangkat. Materi pelatihan meliputi pengenalan bagian-bagian perangkat keras, prosedur kalibrasi sensor, penanganan gangguan koneksi, serta identifikasi dan perbaikan kerusakan ringan. Diharapkan dengan kemampuan teknis ini, mitra tidak hanya menjadi pengguna sistem, tetapi juga mampu melakukan perawatan mandiri tanpa selalu bergantung pada tim teknis dari luar. Pendekatan ini diharapkan menumbuhkan kemandirian dan rasa kepemilikan terhadap teknologi yang diterapkan.

Tahap akhir dari rangkaian kegiatan adalah monitoring dan pendampingan pasca pelatihan. Tim pengabdian secara berkala mengunjungi lokasi tambak untuk mengevaluasi penerapan aplikasi dan perangkat IoT dalam kegiatan operasional harian. Monitoring ini mencakup pengamatan terhadap efektivitas sistem, keberhasilan mitigasi masalah suhu, serta kendala teknis yang dihadapi mitra. Selain itu, dilakukan juga pengumpulan umpan balik untuk keperluan pengembangan lebih lanjut sistem SiVaname agar lebih adaptif terhadap kebutuhan pengguna di lapangan. Pendampingan dilakukan secara intensif selama fase awal implementasi, dan selanjutnya diarahkan pada pembinaan mandiri berbasis komunitas.



Gambar 1. Pengecekan suhu dan Ph di tambak

Dalam proses pengembangan aplikasi SiVaname, tim pengabdian menggunakan pendekatan *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan model *waterfall*. Model ini dipilih karena tahapan-tahapannya yang sistematis dan terstruktur, mulai dari analisis kebutuhan sistem, perancangan aplikasi, pembangunan perangkat lunak, pengujian sistem, hingga tahap implementasi dan pemeliharaan. Pada fase awal dilakukan *requirement analysis* melalui observasi langsung terhadap aktivitas tambak dan identifikasi kebutuhan data, kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem informasi berbasis web yang mampu mengintegrasikan input dari perangkat IoT secara otomatis. Setiap tahapan dijalankan secara berurutan untuk menjamin kelayakan teknis dan fungsional dari aplikasi yang dikembangkan.

Kegiatan pengabdian ini juga melibatkan mahasiswa dari Program Studi Informatika sebagai bentuk implementasi program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM). Keterlibatan mahasiswa tidak hanya terbatas pada aspek teknis pengembangan aplikasi dan instalasi

perangkat IoT, tetapi juga mencakup kegiatan pemberdayaan masyarakat, komunikasi efektif dengan mitra, serta penyusunan dokumentasi pelaksanaan kegiatan. Melalui keterlibatan ini, mahasiswa memperoleh pengalaman langsung dalam menerapkan keilmuannya di masyarakat, serta meningkatkan kemampuan problem solving, kolaborasi, dan kepedulian sosial terhadap isu-isu lokal di bidang pertanian dan perikanan berbasis teknologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Pelatihan

Kegiatan pelatihan dilaksanakan di lokasi tambak milik kelompok mitra "Jaring Emas" yang berada di Dusun Karang Mimba, Desa Grujugan, Kecamatan Gapura, Kabupaten Sumenep. Peserta pelatihan terdiri dari delapan orang petambak aktif yang mengelola sekitar dua puluh petak tambak udang vaname. Pemilihan peserta didasarkan pada peran aktif mereka dalam kegiatan budidaya dan kesiapan mereka untuk mengadopsi teknologi baru dalam proses operasional tambak.

Materi pelatihan disusun secara sistematis untuk mencakup aspek teoritis dan praktis. Topik yang dibahas antara lain pemahaman dasar mengenai kualitas air dalam budidaya udang vaname, peran suhu air terhadap metabolisme dan survival rate udang, pengenalan konsep Internet of Things (IoT), serta mekanisme kerja sensor suhu dan aplikasi SiVaname. Selain itu, peserta juga dibekali dengan pengetahuan mengenai pengelolaan data digital dan penerapan sistem informasi manajemen tambak berbasis web.

Metode penyampaian pelatihan dirancang secara interaktif dan aplikatif. Tim pengabdian menggunakan kombinasi pendekatan ceramah, demonstrasi langsung, serta simulasi kasus untuk memperkuat pemahaman peserta. Penggunaan media visual seperti infografis, modul pelatihan bergambar, dan video tutorial sangat membantu dalam menjembatani kesenjangan literasi teknologi peserta. Pelatihan juga memberikan ruang diskusi dan tanya jawab sehingga peserta dapat mengajukan permasalahan aktual yang mereka hadapi di lapangan.

Hasil dari pelaksanaan pelatihan menunjukkan antusiasme tinggi dari para peserta dalam menerima materi dan mencoba langsung perangkat yang disediakan. Dalam proses pelatihan, peserta aktif mengikuti setiap sesi, mencatat informasi penting, dan menunjukkan keinginan untuk menerapkan teknologi tersebut secara penuh. Hal ini menjadi indikasi awal bahwa pelatihan telah berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan dasar dalam penggunaan sistem monitoring suhu berbasis IoT.

Implementasi Alat dan Aplikasi

Implementasi perangkat keras diawali dengan perakitan dan konfigurasi sensor suhu DS18B20 yang bersifat tahan air (*waterproof*) dan dirancang untuk ditempatkan langsung di dalam tambak. Sensor ini memiliki keakuratan tinggi dan mampu membaca suhu dengan presisi, menjadikannya pilihan tepat untuk aplikasi monitoring lingkungan tambak. Sensor kemudian dikoneksikan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32, yang berfungsi sebagai unit pemroses dan pengirim data melalui jaringan Wi-Fi ke server aplikasi.



Gambar 2. Pengecekan Perangkat IoT tambak udang vaname

NodeMCU ESP32 dipilih karena kemampuannya yang unggul dalam mengelola data dari sensor secara efisien serta mendukung integrasi dengan sistem berbasis web (Guan et al., 2024; Moharana et al., 2020; Sheela et al., 2023). Selain hemat energi, modul ini memiliki stabilitas tinggi dan kompatibilitas yang baik dengan berbagai protokol komunikasi data. Perangkat ini kemudian dipasang di sisi tambak dengan posisi sensor terendam pada kedalaman 20–30 cm dari permukaan air, mengikuti standar monitoring suhu tambak.

Setelah perangkat keras terpasang, integrasi dengan aplikasi SiVaname dilakukan. Aplikasi ini berbasis web dan dapat diakses melalui perangkat seluler, sehingga memudahkan petambak dalam memantau suhu air kapan saja dan di mana saja. Data suhu yang dikirimkan oleh sensor ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, dan notifikasi peringatan jika suhu melewati ambang batas kritis. Fitur tambahan dalam aplikasi juga mencakup catatan feeding, rekomendasi *water treatment*, dan pencatatan hasil sampling udang.



Gambar 3. Edukasi teknik perawatan perangkat IoT di tambak udang

Implementasi alat dan aplikasi dilakukan secara kolaboratif antara tim pengabdian, mahasiswa pendamping, dan mitra. Setiap tahapan instalasi dijelaskan secara langsung kepada mitra sebagai bagian dari strategi transfer teknologi. Tim juga menyediakan dokumentasi penggunaan dan panduan teknis agar mitra dapat memahami alur kerja sistem secara menyeluruh. Evaluasi awal menunjukkan bahwa semua perangkat dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan ekspektasi operasional di lapangan.

Evaluasi dan Dampak

Evaluasi terhadap penerapan sistem menunjukkan bahwa mitra telah mampu memanfaatkan fitur real-time monitoring dengan baik. Petambak dapat memantau suhu air secara kontinu melalui aplikasi SiVaname yang terhubung dengan perangkat IoT. Hal ini memudahkan mereka dalam mengantisipasi perubahan suhu ekstrem dan melakukan penyesuaian manajemen tambak secara cepat dan tepat. Kemampuan untuk mendapatkan informasi suhu secara instan telah mengubah pola kerja petambak dari berbasis pengalaman semata menjadi berbasis data.

Dampak positif lainnya adalah peningkatan kapasitas teknis mitra dalam merawat dan mengelola perangkat IoT. Setelah melalui pelatihan dan praktik langsung, petambak mampu melakukan identifikasi kerusakan ringan, seperti gangguan koneksi atau kalibrasi ulang sensor. Mereka juga mampu melakukan pengecekan mandiri terhadap integritas data dan memastikan perangkat tetap beroperasi sesuai fungsinya. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemberdayaan telah berjalan secara efektif dan berkelanjutan.

Tantangan dan Solusi

Salah satu tantangan utama dalam pelaksanaan kegiatan ini adalah keterbatasan literasi teknologi di kalangan mitra. Sebagian besar petambak belum terbiasa dengan perangkat digital

dan sistem berbasis aplikasi. Hal ini sempat menghambat proses pemahaman teknis pada awal pelatihan. Untuk mengatasi hal tersebut, tim pengabdian menyusun modul pelatihan dengan pendekatan visual yang mudah dipahami serta menyertakan contoh kasus nyata yang relevan dengan kondisi lapangan.

Solusi lainnya adalah penerapan metode praktik langsung (*learning by doing*) dalam setiap sesi pelatihan. Setiap peserta diberikan kesempatan untuk secara mandiri mengoperasikan perangkat dan aplikasi di bawah bimbingan tim teknis. Pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan kepercayaan diri dan keterampilan peserta. Dengan adanya pendampingan intensif dan materi pelatihan yang kontekstual, hambatan literasi teknologi dapat diminimalkan dan adopsi teknologi dapat berjalan secara optimal.



Gambar 4. Diskusi penggunaan aplikasi Sivaname

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat, dapat disimpulkan bahwa pelatihan penggunaan dan pemeliharaan sistem monitoring suhu air tambak berbasis Internet of Things (IoT) telah berhasil meningkatkan kapasitas mitra, khususnya kelompok petambak udang vaname "Jaring Emas" di Desa Grujugan, Sumenep. Penerapan aplikasi SiVaname dan perangkat IoT yang terintegrasi telah mengubah pola kerja petambak dari metode manual yang kurang efisien menjadi sistem digital berbasis data real-time. Mitra mampu memahami pentingnya parameter suhu dalam keberhasilan budidaya serta mengoperasikan perangkat dengan baik, termasuk melakukan pemeliharaan dasar dan identifikasi gangguan teknis secara mandiri. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa pendekatan teknologi tepat guna, apabila dikombinasikan dengan pelatihan yang kontekstual dan partisipatif, mampu memberikan dampak nyata dalam transformasi digital sektor perikanan rakyat.

Sebagai tindak lanjut dari kegiatan ini, disarankan agar pelatihan dikembangkan lebih lanjut dengan mencakup penggunaan sensor tambahan seperti sensor pH, salinitas, dan kedalaman air yang akan memperkaya analisis kualitas lingkungan tambak secara menyeluruh. Selain itu, integrasi hasil monitoring ke dalam satu dashboard yang komprehensif akan mempermudah pengambilan keputusan oleh petambak secara cepat dan akurat. Diperlukan pula kolaborasi berkelanjutan antara perguruan tinggi dan komunitas petambak dalam bentuk pendampingan, penelitian terapan, serta pengembangan teknologi adaptif lainnya. Sinergi ini akan memperkuat posisi teknologi digital sebagai instrumen penting dalam mewujudkan budidaya udang yang berkelanjutan, efisien, dan berbasis data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan kepada LPPM Universitas Madura atas dukungan pembiayaan dan fasilitasi kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, T., Sinha, S., Mandal, M., Chamola, V. & ... (2021). AgriSegNet: Deep aerial semantic segmentation framework for IoT-assisted precision agriculture. ... *Sensors Journal*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9395478/>
- Chen, C.-H., Wu, Y.-C., Zhang, J.-X. & Chen, Y.-H. (2022). IoT-Based Fish Farm Water Quality Monitoring System. *Sensors*, 22(17), 6700. <https://doi.org/10.3390/s22176700>
- Compare, M. (2020). Challenges to IoT-Enabled Predictive Maintenance for Industry 4.0. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(5), 4585–4597. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2957029>
- Guan, Y., Hakim, F. P., Peng, S., Sturdy So, W. Z., Ge, H., Muzaki, M. R., Rabbani, I. K. & Abdi Khaliriz, C. A. (2024). IoT-based Smart Farming System with Security Powered by Solar Energy. *2024 Sixth International Conference on Next Generation Data-Driven Networks (NGDN)*, 148–151. <https://doi.org/10.1109/NGDN61651.2024.10744058>
- Hukom, V., Nielsen, R., Asmild, M. & Nielsen, M. (2020). Do Aquaculture Farmers Have an Incentive to Maintain Good Water Quality? The Case of Small-Scale Shrimp Farming in Indonesia. *Ecological Economics*, 176, 106717. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106717>
- Jing, L., Ren, H., Xu, W., Su, H., Hu, X., Wen, G., Xu, Y., Tu, L. & Cao, Y. (2025). Intensive cultivation of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under biofloc condition in land-based ponds. *Aquaculture Reports*, 41, 102690. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102690>
- Jo, J. H., Jo, B. W., Kim, J. H., Kim, S. J. & Han, W. Y. (2020). Development of an IoT-based indoor air quality monitoring platform. *Journal of Sensors*. <https://doi.org/10.1155/2020/8749764>

- Moharana, B. K., Anand, P., Kumar, S. & Kodali, P. (2020). Development of an IoT-based Real-Time Air Quality Monitoring Device. *2020 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 191–194. <https://doi.org/10.1109/ICCSP48568.2020.9182330>
- Rachmatullah, S., Hari, N. H., Matsaini, M. & Rachman, A. F. (2023). Sistem Informasi Manajemen Pakan dan Monitoring Kualitas Air Tambak pada Budidaya Udang Vaname Berbasis Web. *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics*, 5(1), 84–95. <https://doi.org/10.28926/ILKOMNIKA.V5I1.541>
- Rachmatullah, S., Zain, M. Y., Matsaini, M., Rachman, A. F., Rahman, A., Mansyur, M. U., Faishal, M. & Hakim, L. (2024). Penerapan Digitalisasi Laporan Harian Pemberian Pakan dan Monitoring Kualias Air Tambak dengan Aplikasi SiVaname. *NGABDIMAS UNIRA*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.53712/NGU.V4I1.2291>
- Rachmatullah, S., Zain, M. Y., Rachman, A. F. & Matsaini, M. (2023). MONITORING KUALITAS AIR TAMBAK UDANG VANAME BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Kabillah (Journal of Social Community)*, 8(2), 116–128. <https://doi.org/10.15578/MA.12.1.2017.19-26>
- Raghuvanshi, A., Singh, U. K., Sajja, G. S. & ... (2022). Intrusion detection using machine learning for risk mitigation in IoT-enabled smart irrigation in smart farming. *Journal of Food* <https://doi.org/10.1155/2022/3955514>
- Sheela, A., K P, A., N T, J., S, K. & R, K. (2023). Design and Development of Protective Suit for Underground Workers. *2023 International Conference on Energy, Materials and Communication Engineering (ICEMCE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEMCE57940.2023.10434256>
- Toiba, H., Rahman, M. S., Nugroho, T. W., Priyanto, M. W., Noor, A. Y. M. & Shaleh, M. I. (2024). Understanding the link between climate change adaptation and household food security among shrimp farmers in Indonesia. *Marine Policy*, 165, 106206. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106206>
- Wibisono, D. A., Aminah, S. & Maulana, G. (2019). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Tambak Udang Berbasis Internet of Things. *Proceeding SNIA 2019*, B1-5. <https://snia.unjani.ac.id/web/index.php/snia/article/view/138>
- Yanes, A. R., Martinez, P. & Ahmad, R. (2020). Towards automated aquaponics: A review on monitoring, IoT, and smart systems. *Journal of Cleaner Production*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620316188>