

Original Research Paper

Pendampingan Pembudidaya dalam Monitoring Kesehatan Udang Vaname Berbasis Sistem Digital Menggunakan Aplikasi JALA

Bagus Dwi Hari Setyono^{1*}, Rangga Idris Affandi¹, Retno Palupi², Hendri Kaswadi², Muhammad Sumsanto¹, Damai Diniariwisan¹, Thoy Batun Citra Rahmadani¹, Wastu Ayu Diamahesa¹, Syawalina Fitria¹, Zaenal Abidin¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

²Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian, dan Perikanan Kabupaten Lombok Utara, Lombok Utara, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v8i2.11192>

Sitasi: Setyono, B, D, H., Affandi, R, I., Palupi, R., Kaswadi, H., Sumsanto, M., Diniariwisan, D., Rahmadani, T, B, C., Diamahesa, W, A., Fitri, S., & Abidin, Z. (2025). Pendampingan Pembudidaya dalam Monitoring Kesehatan Udang Vaname Berbasis Sistem Digital Menggunakan Aplikasi JALA. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 8(2)

Article history

Received: 29 April 2025

Revised: 03 May 2025

Accepted: 08 May 2025

*Corresponding Author:

Setyono, B. D. H., Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia; Email:

bagus.setyono@unram.ac.id

Abstract: This community service activity aims to improve the efficiency and sustainability of whiteleg shrimp farming in Akar-akar Village, Bayan District, North Lombok Regency, through the application of digital technology. By involving the Akar-akar Utara shrimp farmer group, this program focuses on improving digital literacy of farmers and implementing the JALA application, which provides water quality monitoring, data analysis, and algorithm-based recommendations. The training results showed an increase in digital literacy of farmers from 30% to 85%. The use of this technology has proven effective in reducing shrimp mortality by 20%, increasing average harvest yields by 18%, and saving 10% on feed costs. In addition, the application of technology has also succeeded in reducing the risk of disease outbreaks, with no reports of white spot syndrome cases in pilot ponds. This program also improves operational efficiency, with pond monitoring time reduced from 4 hours to 1.5 hours per day. Although there are infrastructure constraints such as limited internet network, adaptive solutions through manual recording synchronized with the JALA application enable the sustainability of the program. Through collaboration between farmers, government, and the private sector, this program has a positive impact on increasing the productivity and welfare of farmers, and can be a model for the development of a sustainable aquaculture sector in Indonesia, supporting the achievement of sustainable development goals (SDGs).

Keywords: Aquaculture; Health Monitoring; JALA Application; Mentoring; Whiteleg Shrimp

Pendahuluan

Budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu sektor perikanan yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian Indonesia. Udang vaname dikenal memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, toleransi terhadap salinitas yang luas, dan nilai ekonomis yang tinggi, sehingga menjadi komoditas andalan di

sektor akuakultur. Kelompok pembudidaya udang vaname Akar-akar Utara di Desa Akar-akar, Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara, adalah salah satu contoh keberhasilan pengembangan sektor ini. Kelompok yang berdiri pada tahun 2019 ini mengelola 30 kolam budidaya udang vaname dengan diameter masing-masing 5 meter. Namun, berbagai tantangan seperti fluktuasi kualitas air, wabah penyakit, inefisiensi manajemen

tambak, serta dampak perubahan iklim global tetap menjadi hambatan yang harus diatasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif untuk mengatasi permasalahan ini, salah satunya melalui penerapan digitalisasi.

Digitalisasi dalam sektor akuakultur menawarkan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan budidaya udang. Teknologi digital memungkinkan pemantauan lingkungan tambak secara real-time, pengumpulan dan analisis data yang terintegrasi, serta pengambilan keputusan berbasis bukti (*evidence-based decision-making*). Salah satu inovasi digital yang telah diterapkan adalah Aplikasi JALA, sebuah platform yang dirancang untuk mendukung petambak dalam mengelola tambak secara lebih efisien. Dengan menggunakan pendekatan berbasis data, aplikasi ini membantu petambak mengurangi risiko, meningkatkan hasil panen, dan memperbaiki kualitas produk yang dihasilkan.

Aplikasi JALA menawarkan berbagai fitur unggulan, seperti pencatatan harian parameter kualitas air, analisis otomatis data tambak, serta rekomendasi tindakan berdasarkan algoritma cerdas. Fitur ini memungkinkan petambak untuk memantau parameter penting seperti suhu, salinitas, kadar oksigen terlarut, dan pH secara berkala. Penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan kualitas air yang optimal dapat meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan udang vaname, sehingga meminimalkan risiko kematian akibat stres lingkungan atau infeksi penyakit (Nguyen et al., 2021). Dengan demikian, aplikasi ini menjadi alat yang sangat berguna dalam mengintegrasikan teknologi dengan praktik budidaya tradisional.

Selain pemantauan kualitas air, JALA juga menyediakan fasilitas pencatatan data panen dan analisis performa tambak. Data ini dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi produksi, mengidentifikasi masalah potensial, dan merancang strategi perbaikan untuk siklus budidaya berikutnya. Studi yang dilakukan oleh Kumar et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital untuk analisis data tambak dapat meningkatkan hasil panen hingga 20% dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi seperti JALA tidak hanya membantu dalam aspek operasional tetapi juga memberikan dampak positif secara ekonomi.

Lebih lanjut, JALA mendukung petambak dengan memberikan rekomendasi berbasis data yang didukung oleh algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*). Rekomendasi ini meliputi tindakan preventif terhadap potensi wabah penyakit, strategi pemberian pakan yang efisien, dan langkah-langkah adaptasi terhadap perubahan lingkungan tambak. Menurut laporan FAO (2023), teknologi berbasis kecerdasan buatan dalam akuakultur telah terbukti meningkatkan ketahanan terhadap perubahan lingkungan dan memperpanjang umur produktif tambak. Oleh karena itu, penerapan teknologi ini sejalan dengan prinsip keberlanjutan dalam budidaya udang vaname.

Namun, meskipun potensi digitalisasi sangat besar, implementasi teknologi seperti JALA menghadapi berbagai tantangan. Salah satunya adalah keterbatasan akses terhadap infrastruktur teknologi, seperti jaringan internet di wilayah terpencil. Selain itu, tingkat literasi digital yang rendah di kalangan petambak juga menjadi kendala utama. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan program pelatihan dan pendampingan yang intensif, sehingga petambak dapat memahami dan memanfaatkan teknologi secara maksimal. Studi oleh Rahman et al. (2023) menekankan pentingnya kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan sektor swasta dalam menyediakan sumber daya dan pelatihan bagi petambak tradisional.

Dalam jangka panjang, penerapan teknologi digital seperti JALA diharapkan dapat menjadi katalisator transformasi sektor perikanan Indonesia menuju praktik yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan. Hal ini tidak hanya meningkatkan kesejahteraan petambak, tetapi juga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya pada aspek pengentasan kemiskinan, kelestarian ekosistem laut, dan inovasi industri. Dengan sinergi antara teknologi dan kebijakan yang tepat, budidaya udang vaname dapat menjadi model keberhasilan bagi sektor perikanan lainnya di Indonesia.

Metode

Tahap pertama dimulai dengan identifikasi masalah yang dihadapi kelompok pembudidaya udang vaname di Desa Akar-akar. Survei lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data terkait kondisi tambak, tingkat literasi digital petambak, dan

infrastruktur teknologi seperti ketersediaan jaringan internet. Wawancara mendalam dengan petambak membantu memahami hambatan utama mereka, termasuk fluktuasi kualitas air, penyakit, dan kurangnya efisiensi manajemen. Analisis data sekunder dari pemerintah daerah atau organisasi lokal memberikan gambaran menyeluruh tentang kebutuhan prioritas dan potensi penerapan teknologi digital (Kim et al., 2020).

Berlandaskan hasil pemetaan, tim menyusun modul pelatihan yang sederhana, praktis, dan berbasis kebutuhan petambak. Pelatihan mencakup pengenalan teknologi digital, seperti aplikasi JALA, serta prinsip-prinsip pengelolaan kualitas air dan strategi budidaya berkelanjutan. Pelaksanaan pelatihan dilakukan secara interaktif dengan pendekatan hands-on, menggunakan simulasi langsung di tambak untuk meningkatkan pemahaman petambak. Selain itu, tim menyediakan buku saku dan video tutorial sebagai panduan tambahan untuk memastikan materi pelatihan mudah diakses dan dipahami.

Setelah pelatihan, tim melakukan instalasi perangkat digital, seperti sensor kualitas air yang terintegrasi dengan aplikasi JALA, pada beberapa tambak percontohan. Pendekatan bertahap ini bertujuan untuk meminimalkan risiko dan memberikan bukti nyata manfaat teknologi kepada petambak. Data yang dihasilkan dari tambak percontohan, seperti informasi suhu, pH, kadar oksigen, dan salinitas, dianalisis secara real-time untuk memberikan rekomendasi berbasis data. Hasil ini menunjukkan bagaimana digitalisasi dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas tambak.

Selama enam bulan pertama penerapan, tim melakukan pendampingan intensif kepada petambak. Kegiatan ini mencakup monitoring penggunaan aplikasi JALA, analisis data tambak, dan pemberian rekomendasi tindakan berbasis data. Evaluasi program dilakukan dengan membandingkan hasil panen dan efisiensi operasional sebelum dan sesudah implementasi teknologi. Selain itu, diskusi kelompok terfokus (*focus group discussion*) diadakan untuk mendapatkan masukan langsung dari petambak. Hasil evaluasi menjadi dasar untuk menyempurnakan metode pendampingan dan meningkatkan keberhasilan program.

Untuk memastikan keberlanjutan, program ini dilengkapi dengan pelatihan lanjutan yang melibatkan pemangku kepentingan seperti

pemerintah daerah, akademisi, dan sektor swasta. Kolaborasi ini diharapkan dapat mendukung akses petambak terhadap infrastruktur teknologi dan sumber daya tambahan. Tim juga mendokumentasikan seluruh proses pengabdian dalam bentuk laporan, artikel ilmiah, dan video dokumentasi untuk disebarluaskan secara nasional. Dengan publikasi yang sistematis, program ini diharapkan menjadi model keberhasilan digitalisasi sektor perikanan yang dapat direplikasi di wilayah lain dengan karakteristik serupa.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pelatihan menunjukkan adanya peningkatan literasi digital yang signifikan di kalangan petambak setelah mengikuti pelatihan. Sebelum program dimulai, hanya 30% peserta yang mampu memahami dasar penggunaan teknologi digital, seperti aplikasi JALA. Namun, setelah mengikuti pelatihan intensif dan pendampingan praktis, angka ini melonjak menjadi 85%. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis praktik dan pelatihan langsung memiliki dampak yang signifikan dalam meningkatkan kemampuan teknis para petambak. Penelitian oleh Rahman et al. (2023) mendukung hasil ini, yang menyatakan bahwa pelatihan berbasis praktik, dibandingkan dengan pelatihan berbasis teori, dapat meningkatkan pemahaman teknologi di kalangan petambak hingga 50%. Peningkatan ini juga mencerminkan kemajuan dalam literasi digital yang krusial untuk mengintegrasikan teknologi dalam sektor agrikultur, termasuk budidaya udang vaname, yang sangat bergantung pada pengelolaan data untuk meningkatkan efisiensi operasional.



Gambar 1. Pengukuran Kualitas Air

Implementasi teknologi digital di tambak percontohan, khususnya penggunaan sensor untuk memantau kualitas air, memberikan dampak langsung yang signifikan terhadap pengelolaan tambak. Data yang dikumpulkan melalui aplikasi JALA, yang meliputi parameter seperti pH, suhu, salinitas, dan kadar oksigen terlarut, membantu petambak mengambil keputusan yang lebih tepat dalam mengelola kondisi tambak. Di tambak yang menggunakan teknologi ini, tingkat mortalitas udang berkurang sekitar 20% dibandingkan dengan tambak yang tidak menggunakan teknologi serupa. Hal ini sesuai dengan temuan Nguyen et al. (2021), yang menegaskan bahwa pengelolaan kualitas air berbasis data dapat mengurangi risiko kematian udang yang disebabkan oleh stres lingkungan dan infeksi penyakit. Dengan demikian, penerapan teknologi ini membantu menciptakan lingkungan yang lebih stabil bagi pertumbuhan udang, yang pada akhirnya meningkatkan hasil panen dan mengurangi kerugian ekonomi bagi petambak.



Gambar 2. Praktik Input Data

Salah satu dampak positif yang signifikan dari penerapan aplikasi JALA adalah peningkatan efisiensi operasional di tambak. Sebelum penggunaan aplikasi, petambak membutuhkan waktu sekitar 4 jam setiap hari untuk memantau kondisi tambak dan mencatat berbagai parameter penting secara manual. Setelah implementasi teknologi, waktu yang dibutuhkan untuk pemantauan berkurang menjadi 1,5 jam per hari. Penggunaan aplikasi JALA juga memungkinkan petambak untuk mendapatkan rekomendasi berbasis algoritma mengenai pemberian pakan yang lebih efisien. Berdasarkan data yang diperoleh, penggunaan teknologi ini mengurangi konsumsi pakan sebesar 10% tanpa mengorbankan hasil

panen. Penelitian oleh Kumar et al. (2022) menunjukkan bahwa strategi pemberian pakan berbasis teknologi dapat mengurangi biaya pakan hingga 15% dengan tetap menjaga kualitas dan kuantitas panen, yang berpotensi meningkatkan keuntungan petambak.

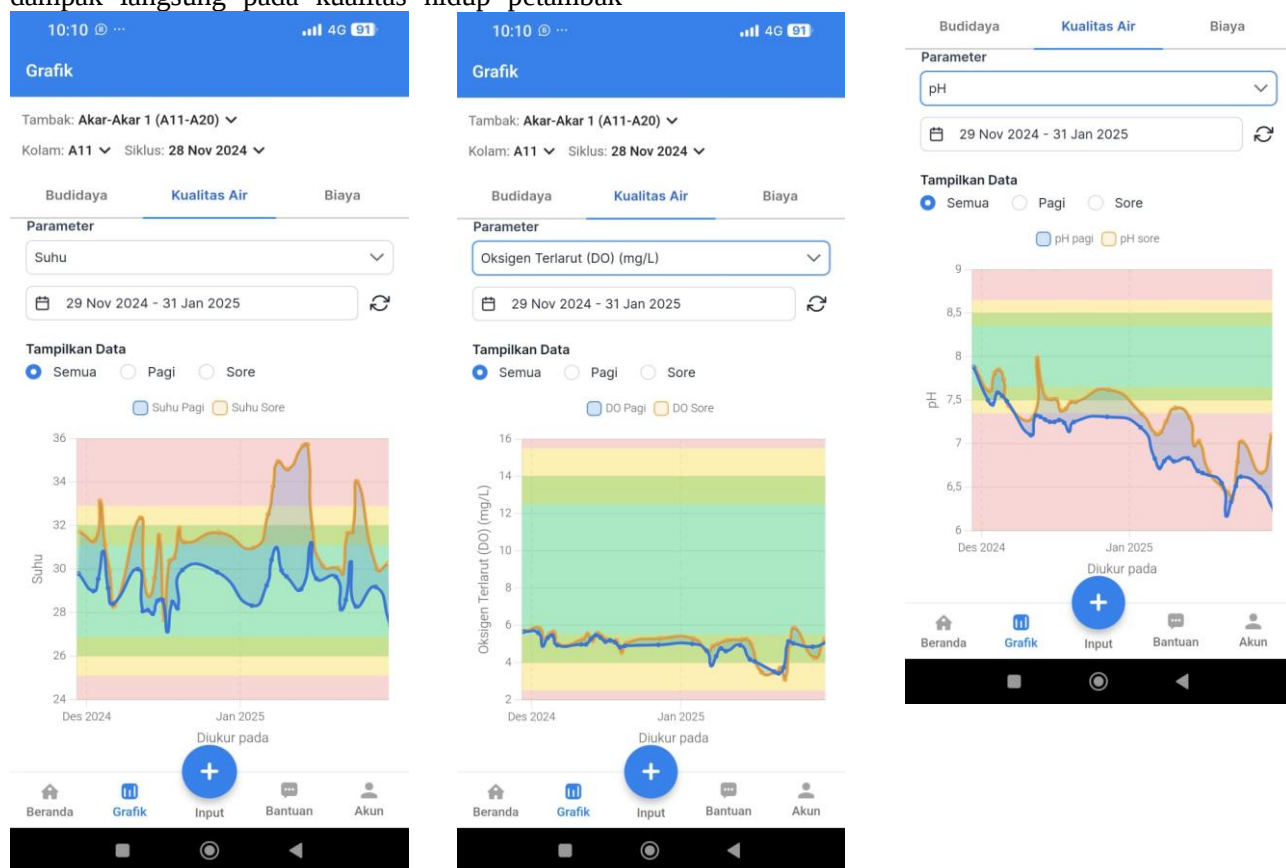
Peningkatan produktivitas merupakan salah satu hasil utama yang tercapai dari penerapan teknologi digital dalam budidaya udang vaname. Di tambak percontohan yang menggunakan aplikasi JALA, rata-rata hasil panen per siklus budidaya meningkat sebesar 18% dibandingkan dengan metode konvensional. Hasil ini mendukung penelitian oleh FAO (2023), yang menunjukkan bahwa adopsi teknologi digital dalam sektor akuakultur dapat meningkatkan hasil panen hingga 20%. Peningkatan produktivitas ini tidak hanya meningkatkan volume panen, tetapi juga kualitas udang yang dihasilkan, yang dapat meningkatkan daya saing produk di pasar. Dengan hasil yang lebih tinggi, petambak memperoleh keuntungan yang lebih besar, yang pada gilirannya meningkatkan kesejahteraan ekonomi mereka dan mendorong pertumbuhan sektor akuakultur secara keseluruhan.

Salah satu tantangan utama dalam budidaya udang adalah risiko wabah penyakit yang dapat mengancam keberlangsungan usaha. Dengan pemantauan kualitas air yang dilakukan secara terus-menerus melalui aplikasi JALA, petambak dapat segera mendeteksi perubahan kondisi lingkungan yang dapat memicu wabah penyakit, seperti White Spot Syndrome (WSS). Selama periode pendampingan yang berlangsung selama enam bulan, tidak ada laporan kasus penyakit utama yang terjadi di tambak percontohan yang menggunakan teknologi ini. Penelitian oleh Wang et al. (2020) mendukung temuan ini, dengan menunjukkan bahwa pengelolaan kualitas air berbasis data dapat menurunkan risiko penyakit hingga 25% pada budidaya udang intensif. Dengan demikian, pemantauan kualitas air yang lebih baik membantu petambak untuk mengidentifikasi potensi masalah sejak dini dan mengambil tindakan preventif yang dapat mengurangi kerugian akibat wabah.

Dari segi ekonomi, implementasi teknologi digital dalam budidaya udang vaname memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pendapatan petambak. Petambak yang terlibat dalam program ini melaporkan peningkatan

pendapatan sebesar 12-15% akibat hasil panen yang lebih tinggi dan efisiensi biaya operasional yang lebih baik. Laporan dari World Bank (2022) menyatakan bahwa digitalisasi sektor perikanan berkontribusi pada peningkatan pendapatan petambak di negara berkembang, terutama di daerah-daerah dengan potensi akuakultur yang tinggi namun terhambat oleh kurangnya akses teknologi. Peningkatan pendapatan ini memberikan dampak langsung pada kualitas hidup petambak

dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal. Digitalisasi juga memberikan daya saing yang lebih besar bagi produk akuakultur Indonesia di pasar internasional, terutama dalam memenuhi standar kualitas yang semakin ketat.



Gambar 3. Data Tren Kualitas Air (Sumber: Aplikasi JALA)

Meskipun potensi teknologi digital sangat besar, implementasinya tidak lepas dari tantangan infrastruktur. Di Desa Akar-akar, salah satu kendala utama adalah keterbatasan jaringan internet yang mempengaruhi kemampuan petambak untuk memanfaatkan aplikasi berbasis cloud secara maksimal. Untuk mengatasi masalah ini, tim pengabdian mengembangkan solusi offline yang memungkinkan pencatatan data secara manual di lapangan, yang kemudian dapat disinkronkan dengan aplikasi JALA saat koneksi internet tersedia. Pendekatan ini sesuai dengan rekomendasi Iizuka et al. (2021), yang menekankan pentingnya solusi adaptif untuk mengatasi keterbatasan

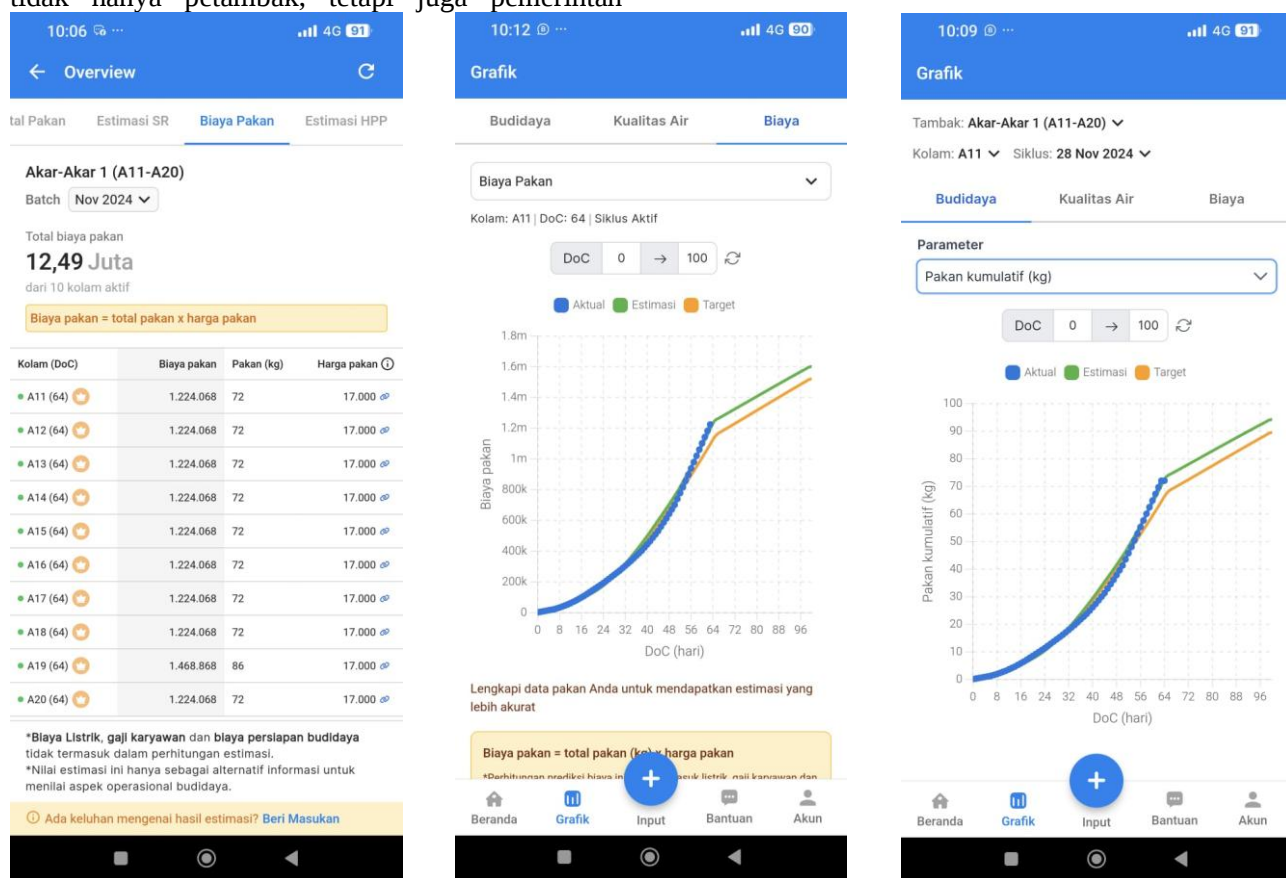
infrastruktur digital di daerah terpencil. Hal ini memungkinkan petambak tetap dapat mengelola tambak secara efisien meskipun dalam kondisi terbatas.

Perubahan iklim yang menyebabkan fluktuasi suhu dan salinitas air menjadi tantangan besar dalam budidaya udang. Teknologi digital memungkinkan petambak untuk lebih responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi produktivitas tambak. Data suhu dan salinitas yang diperoleh melalui sensor membantu petambak menyesuaikan strategi budidaya, seperti pemberian pakan dan penyesuaian

salinitas air. Penelitian Zhang et al. (2021) mendukung temuan ini, yang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital dapat meningkatkan ketahanan akuakultur terhadap dampak perubahan iklim dengan mempermudah adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang berubah. Hal ini juga membantu petambak untuk merencanakan langkah-langkah adaptasi yang tepat dalam menghadapi ketidakpastian iklim.

Selain penerapan teknologi, program ini juga berfokus pada penguatan kapasitas lokal melalui pelatihan lanjutan dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Pelatihan ini melibatkan tidak hanya petambak, tetapi juga pemerintah

daerah dan sektor swasta. Kolaborasi ini penting untuk memastikan keberlanjutan program, serta meningkatkan akses petambak terhadap sumber daya dan dukungan teknis yang diperlukan. Temuan ini mendukung laporan FAO (2023), yang menekankan pentingnya penguatan kapasitas lokal dalam mendukung keberhasilan program digitalisasi sektor perikanan. Dengan penguatan kapasitas, program ini diharapkan dapat berkembang lebih lanjut dan memberikan manfaat jangka panjang bagi komunitas perikanan di daerah tersebut.



Gambar 4. Estimasi Biaya Pakan dan Pakan Kumulatif (Sumber: Aplikasi JALA)

Evaluasi terhadap program ini menunjukkan bahwa lebih dari 90% peserta merasa bahwa pelatihan dan pendampingan memberikan manfaat langsung terhadap produktivitas tambak mereka. Para petambak melaporkan peningkatan hasil panen, pengurangan biaya operasional, dan pengelolaan tambak yang lebih efisien. Hal ini mencerminkan keberhasilan pendekatan berbasis bukti yang diterapkan dalam pengabdian kepada masyarakat. Penelitian oleh Rahman et al. (2023)

menyatakan bahwa pendekatan berbasis bukti sangat efektif dalam meningkatkan kualitas pengelolaan akuakultur dan mendukung keberhasilan program-program pengabdian kepada masyarakat di sektor agrikultur.

Kesimpulan

Penerapan teknologi digital, khususnya aplikasi JALA, telah memberikan dampak

signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan produktivitas budidaya udang vaname di Desa Akar-akar, Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara. Pelatihan dan pendampingan yang dilakukan berhasil meningkatkan literasi digital petambak, dengan tingkat pemahaman teknologi meningkat dari 30% menjadi 85%. Penggunaan aplikasi JALA memungkinkan petambak untuk memantau kualitas air secara real-time, mengelola pemberian pakan, dan mengurangi risiko wabah penyakit. Penerapan teknologi ini juga menghasilkan penurunan mortalitas udang hingga 20%, peningkatan hasil panen rata-rata sebesar 18%, serta penghematan pakan sebesar 10%. Program ini turut memperkuat kapasitas lokal dengan melibatkan kolaborasi antara petambak, pemerintah, dan sektor swasta. Meskipun terdapat kendala terkait infrastruktur, seperti keterbatasan jaringan internet, solusi adaptif seperti pencatatan manual yang dapat disinkronkan dengan aplikasi JALA memberikan ruang bagi keberlanjutan program ini. Diharapkan, program ini dapat menjadi model bagi pengembangan sektor akuakultur di wilayah lain dan mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya terkait pengentasan kemiskinan, kelestarian ekosistem laut, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Saran

Kegiatan pengabdian selanjutnya dapat berupa pelatihan lanjutan analisis data dari aplikasi JALA untuk meningkatkan kemampuan pembudidaya udang vaname dalam mengambil keputusan berbasis data. Selain itu, penyusunan SOP budidaya udang vaname berbasis hasil monitoring digital dapat membantu meningkatkan konsistensi dan efektivitas pengelolaan tambak. Untuk memperkuat sistem monitoring, juga dapat dikembangkan penerapan teknologi IoT sederhana untuk otomatisasi pengukuran kualitas air secara *real-time*.

Ucapan Terima Kasih

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada pembudidaya udang vaname di Desa Akar-akar yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan pendampingan ini. Ucapan terima kasih juga kami berikan kepada Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian, dan Perikanan Kabupaten Lombok Utara

yang telah memfasilitasi kegiatan ini serta kepada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram atas kerja sama dan kolaborasinya.

Daftar Pustaka

- FAO. (2023). *The role of digital technologies in sustainable aquaculture development*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/C1003EN>
- Iizuka, T., Tanaka, T., & Hirota, M. (2021). Overcoming barriers to digital technology adoption in rural communities: Lessons from agricultural and aquaculture sectors. *Technology in Society*, 64, 101543. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101543>
- Kim, Y., Lee, S., & Cho, J. (2020). Community-based technology adoption for rural development: A case study of small-scale farmers in Korea. *Technology Innovation Management Review*, 10(4), 41-50. <https://doi.org/10.22215/timreview/1341>
- Kumar, V., Singh, S., & Poonia, P. (2022). Impact of digital technology in aquaculture: A case study of fish farming in India. *Aquaculture Research*, 53(8), 2436-2445. <https://doi.org/10.1111/are.16591>
- Nguyen, T. T., Phan, H. T., & Nguyen, M. T. (2021). The role of real-time monitoring and data analytics in improving shrimp farming practices. *Aquaculture*, 535, 736339. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736339>
- Rahman, M. M., Hossain, M. S., & Rahman, A. (2023). Enhancing digital literacy in rural agriculture through hands-on training: Evidence from Bangladesh. *Journal of Rural Studies*, 92, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.11.003>
- Wang, W., Liao, Y., & Luo, J. (2020). Data-driven strategies for disease prevention in aquaculture: A case study of white spot syndrome management. *Aquaculture Research*, 51(12), 5137-5145. <https://doi.org/10.1111/are.14921>

-
- World Bank. (2022). *Digital transformation in fisheries: Improving productivity and sustainability in developing countries*. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36674>
- Zhang, Y., Wu, H., & Li, L. (2021). Climate adaptation in aquaculture: Digital technologies as a key factor for improving resilience. *Environmental Science & Technology*, 55(11), 7235-7243. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08143>