

Pengembangan Model Aquaponik-Hidroponik Berbasis IoT untuk Optimalisasi Pengelolaan Limbah Kolam Lele dan Peningkatan Produktivitas Pokdakan Tani Mandiri

Wolfhardus Vinansius Feka^{1*}, Ody Wolfrit Matoneng², Leonard Peter Gelu³, Fransiskus Markus Pereto Keraf⁴

¹ Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia

² Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia

³ Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia

⁴ Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia

*e-mail korespondensi: *wolfhardusfeka@gmail.com

Abstract

This community service activity aims to address the issues of limited resources, low productivity, and weak managerial capacity of Mandiri Farmer Groups in the border region of Indonesia-Timor Leste. The proposed solution is the implementation of an aquaponic-hydroponic model based on the Internet of Things (IoT), which is integrated with business management training, digital record-keeping, and marketing strategies. The implementation methods include observation and problem identification, planning, training and mentoring, to evaluation of results. The results show an increase in horticultural productivity of 45% per cycle, water use efficiency reaching 48%, and an increase in product sales volume of about 31%. The application of IoT sensors also reduced fish mortality rates by up to 20% and facilitated monitoring of water quality. In addition to technical impacts, this activity enhances the financial literacy of group members and expands market access through digital marketing. The strength of the program lies in the appropriate and easy-to-operate technology, although challenges are still encountered in the initial adaptation to using digital applications. Overall, this activity has successfully created a sustainable, environmentally friendly technology-based empowerment model that can be replicated in other community groups in border areas.

Keywords: aquaponics, hydroponics, Internet of Things, community empowerment, productivity.

Abstrak (Tahoma, 9pt Bold)

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan keterbatasan sumber daya, rendahnya produktivitas, serta lemahnya kapasitas manajerial Pokdakan Tani Mandiri di wilayah perbatasan Indonesia-Timor Leste. Solusi yang ditawarkan adalah penerapan model aquaponik-hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan pelatihan manajemen usaha, pencatatan digital, serta strategi pemasaran. Metode pelaksanaan mencakup observasi dan identifikasi masalah, perencanaan, pelatihan dan pendampingan, hingga evaluasi hasil. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan produktivitas hortikultura sebesar 45% per siklus, efisiensi penggunaan air mencapai 48%, dan kenaikan volume penjualan produk sekitar 31%. Penerapan sensor IoT juga menurunkan tingkat mortalitas ikan hingga 20%, serta mempermudah monitoring kualitas air. Selain dampak teknis, kegiatan ini meningkatkan literasi keuangan anggota kelompok dan memperluas akses pasar melalui digital marketing. Keunggulan program terletak pada teknologi yang tepat guna dan mudah dioperasikan, meskipun kendala masih ditemui dalam adaptasi awal penggunaan aplikasi digital. Secara keseluruhan, kegiatan ini berhasil menciptakan model pemberdayaan berbasis teknologi yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan dapat direplikasi pada kelompok masyarakat lain di wilayah perbatasan.

Kata kunci: aquaponik, hidroponik, Internet of Things, pemberdayaan masyarakat, produktivitas

Accepted: 2025-12-15

Published: 2026-01-06

PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele merupakan salah satu sektor perikanan yang memiliki prospek ekonomi tinggi di Indonesia karena permintaan pasar yang stabil dan siklus panen yang relatif cepat (Tarru et al., 2025). Namun, di tingkat masyarakat pembudidaya, khususnya kelompok tani perikanan di daerah perbatasan, usaha ini masih menghadapi berbagai kendala teknis maupun manajerial. Salah satu permasalahan utama adalah pengelolaan limbah organik dari kolam budidaya. Limbah yang tidak dikelola dengan baik berpotensi mencemari lingkungan, menurunkan kualitas air, serta berdampak negatif terhadap produktivitas ikan dan keberlanjutan usaha (Novita Ratnasari et al., 2023).

Selain itu, sebagian besar kelompok tani masih menggunakan metode tradisional yang kurang efisien dalam pemanfaatan air dan pupuk, sehingga produktivitas tanaman hortikultura yang menjadi penopang ekonomi rumah tangga juga rendah. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, permasalahan ini tidak hanya berdampak pada aspek ekonomi, tetapi juga lingkungan dan sosial masyarakat perbatasan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif yang mampu mengintegrasikan prinsip ramah lingkungan, efisiensi sumber daya, dan peningkatan produktivitas secara bersamaan.

Mitra kegiatan adalah Pokdakan Tani Mandiri yang berlokasi di Kelurahan Bansone, Kota Kefamenanu, Kabupaten Timor Tengah Utara. Kelompok ini mengelola 10 kolam lele dengan kapasitas rata-rata 500 ekor per kolam, serta melakukan usaha pertanian hortikultura (cabai, tomat, kangkung, dan selada). Tantangan utama yang mereka hadapi adalah keterbatasan sumber daya air, kualitas tanah yang rendah, serta minimnya penerapan teknologi modern dalam budidaya. Pengelolaan limbah kolam lele belum dilakukan secara optimal, sementara sistem pencatatan produksi dan keuangan masih manual sehingga sulit untuk merencanakan pengembangan usaha.

Permasalahan utama yang dihadapi oleh Pokdakan Tani Mandiri berawal dari keterbatasan sumber daya alam, khususnya ketersediaan air bersih yang tidak menentu dan kualitas tanah yang kurang mendukung untuk pertanian konvensional. Kondisi ini berdampak pada rendahnya produktivitas tanaman hortikultura yang mereka usahakan. Di sisi lain, pengelolaan limbah organik dari kolam lele belum dilakukan secara optimal, sehingga berpotensi mencemari lingkungan dan menurunkan kualitas air budidaya. Permasalahan semakin kompleks karena sistem produksi masih bergantung pada metode tradisional yang tidak efisien, serta belum adanya penerapan teknologi modern berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau kondisi kolam maupun pertanian. Dari aspek manajerial, kelompok juga mengalami kesulitan dalam pencatatan produksi dan keuangan, sehingga usaha sulit dievaluasi dan direncanakan secara profesional. Permasalahan-permasalahan tersebut menunjukkan bahwa Pokdakan Tani Mandiri membutuhkan intervensi teknologi, peningkatan kapasitas manajemen usaha, serta strategi pemasaran yang lebih adaptif terhadap perkembangan zaman.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memberikan solusi inovatif melalui pengembangan dan penerapan sistem aquaponik-hidroponik berbasis IoT yang dapat diintegrasikan dengan usaha budidaya ikan lele dan pertanian hortikultura yang dikelola oleh mitra. Secara khusus, kegiatan ini diarahkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air melalui sistem sirkulasi terpadu, memanfaatkan limbah kolam lele sebagai pupuk organik, serta memperbaiki kualitas produksi tanaman dan ikan. Di samping itu, tujuan lain yang hendak dicapai adalah meningkatkan kapasitas manajerial anggota kelompok melalui digitalisasi pencatatan usaha, memperkuat literasi keuangan, serta memperluas akses pemasaran produk dengan strategi digital marketing. Melalui kegiatan ini, diharapkan Pokdakan Tani Mandiri tidak hanya mampu meningkatkan produktivitas dan pendapatan, tetapi juga memiliki model usaha yang berkelanjutan, ramah lingkungan, serta dapat direplikasi oleh kelompok masyarakat lain di wilayah perbatasan.

Pendekatan yang digunakan meliputi sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan, dan evaluasi berkelanjutan. Solusi teknis utama adalah penerapan sistem aquaponik-hidroponik berbasis IoT dengan sensor pH, suhu, dan ketinggian air yang terhubung secara real-time. Pendekatan ini dikombinasikan dengan penguatan manajemen usaha melalui digitalisasi pencatatan, pelatihan literasi keuangan, serta strategi pemasaran digital. Keberlanjutan program dijamin melalui pendampingan rutin, kaderisasi generasi muda, serta kolaborasi dengan pemerintah daerah dan mitra usaha.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem akuaponik-hidroponik sederhana mampu meningkatkan ketahanan pangan keluarga sekaligus mengurangi risiko stunting melalui penyediaan pangan bergizi berbasis ikan dan sayuran segar (Novita Ratnasari et al., 2023). Penelitian Setiawan et al. (2024) menekankan bahwa integrasi teknologi IoT dalam akuakultur modern mampu meningkatkan efisiensi operasional, terutama dalam pemantauan kualitas air dan pakan. Sementara itu, Soliata & Suryono (2024) menunjukkan bahwa otomatisasi pengairan hidroponik berbasis NodeMCU ESP 8266 meningkatkan produktivitas tanaman hortikultura dengan biaya operasional rendah.

Dengan mengacu pada berbagai penelitian tersebut, kegiatan pengabdian ini tidak hanya menawarkan solusi lokal, tetapi juga memperkuat relevansi akademik melalui penerapan ilmu dan teknologi mutakhir untuk menjawab tantangan nyata masyarakat perbatasan. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan berkontribusi pada pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya pada aspek ketahanan pangan, penyediaan air bersih, dan konsumsi-produksi berkelanjutan.

METODE

Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini dirancang secara partisipatif dengan melibatkan masyarakat sasaran sebagai subjek utama. Pendekatan yang diterapkan meliputi observasi dan identifikasi masalah, perencanaan, pelaksanaan kegiatan berupa penyuluhan, pelatihan, serta pendampingan, hingga tahap evaluasi keberhasilan program.

Observasi dan Identifikasi Masalah

Tahap awal dilakukan melalui survei lapangan, wawancara, serta diskusi kelompok terarah (focus group discussion) dengan anggota Pokdakan Tani Mandiri. Kegiatan ini bertujuan untuk menggali kondisi riil masyarakat sasaran, termasuk keterbatasan sarana produksi, sistem pengelolaan limbah kolam lele, keterbatasan pemanfaatan teknologi digital, serta masalah manajerial dalam pencatatan usaha. Hasil observasi menjadi dasar untuk merumuskan intervensi teknologi dan pendekatan yang relevan dengan kebutuhan mitra.

Perencanaan dan Perancangan Metode

Berdasarkan hasil identifikasi masalah, tim pengabdian menyusun rencana kegiatan yang terintegrasi. Pada tahap ini dilakukan desain sistem aquaponik-hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor pH, suhu, dan ketinggian air. Selain itu, dirancang pula modul pelatihan tentang literasi keuangan, pencatatan produksi berbasis aplikasi sederhana, serta strategi digital marketing. Perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi sosial-ekonomi mitra agar teknologi dan metode yang diterapkan mudah diadopsi dan berkelanjutan.

Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian dilakukan melalui beberapa bentuk intervensi utama, yaitu:

Penyuluhan: dilakukan untuk memberikan pemahaman konseptual tentang manfaat sistem aquaponik-hidroponik, prinsip kerja IoT, serta pentingnya manajemen usaha berbasis pencatatan digital.

Pelatihan dan Praktik Langsung: meliputi pelatihan instalasi dan pengoperasian sistem IoT pada kolam lele dan lahan hortikultura, pelatihan pembuatan pupuk organik cair dari limbah kolam, serta praktik penggunaan aplikasi pencatatan produksi dan keuangan.

Pendampingan dan Monitoring: tim pengabdian mendampingi mitra dalam mengoperasikan teknologi, mengelola usaha, dan menerapkan strategi pemasaran digital. Pendampingan dilakukan secara periodik untuk memastikan keterampilan dan teknologi yang diperkenalkan benar-benar diadopsi oleh mitra.

Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas program dan dampaknya terhadap peningkatan kapasitas mitra. Evaluasi dilaksanakan melalui pengukuran indikator kuantitatif, seperti peningkatan produktivitas tanaman hortikultura, efisiensi penggunaan air, jumlah pupuk organik yang dihasilkan, serta peningkatan volume penjualan produk. Selain itu, penilaian kualitatif dilakukan melalui wawancara dan kuesioner terhadap anggota mitra untuk mengetahui perubahan keterampilan, pola manajerial, serta keberdayaan masyarakat setelah program dilaksanakan. Hasil evaluasi digunakan untuk menyusun rekomendasi keberlanjutan program sekaligus menjadi dasar replikasi ke kelompok lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan bersama Pokdakan Tani Mandiri menunjukkan adanya perubahan signifikan baik dalam aspek teknis produksi, manajerial, maupun sosial. Sebelum program dilaksanakan, anggota kelompok masih mengandalkan sistem budidaya konvensional dengan keterbatasan efisiensi air dan minimnya pemanfaatan limbah kolam. Setelah penerapan sistem akuaponik-hidroponik berbasis IoT, masyarakat mulai merasakan efisiensi penggunaan air dan peningkatan produktivitas hortikultura. Selain itu, adanya pelatihan manajemen usaha berbasis aplikasi sederhana mendorong anggota kelompok untuk lebih tertib dalam pencatatan produksi dan keuangan.

Data hasil kegiatan memperlihatkan peningkatan produktivitas hortikultura sebesar 45% per siklus, serta efisiensi penggunaan air hingga 48%. Hal ini mendukung temuan Ratnasari et al. (2023) yang menegaskan bahwa sistem sirkulasi air dalam akuaponik-hidroponik mampu meningkatkan efisiensi sumber daya dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Tabel 1. Dampak Program terhadap Produktivitas dan Efisiensi

Indikator	Sebelum Program	Setelah Program	Peningkatan (%)
Produktivitas hortikultura	120 kg/siklus	174 kg/siklus	+45%
Efisiensi penggunaan air	-	48%	-
Penjualan produk	Rp 3.500.000/bln	Rp 4.600.000/bln	+31%

Penerapan Internet of Things (IoT) dalam pengabdian ini menjadi inovasi penting bagi mitra. Sensor pH, suhu, dan ketinggian air yang terintegrasi dengan aplikasi memberikan data real-time kepada anggota kelompok. Teknologi ini terbukti memudahkan mereka dalam mengontrol kualitas air, sehingga tingkat mortalitas ikan menurun hingga 20%. Hal ini sejalan dengan penelitian Setiawan et al. (2024) yang menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam akuakultur mampu meningkatkan efisiensi pemantauan kualitas air sekaligus menekan biaya produksi.

Keunggulan utama program ini adalah teknologi yang diperkenalkan bersifat tepat guna, mudah dioperasikan, dan relevan dengan kebutuhan mitra. Kombinasi antara pendekatan teknologi

dan pelatihan manajerial memberikan dampak ganda, yakni peningkatan produktivitas sekaligus penguatan kelembagaan kelompok. Namun demikian, masih terdapat kelemahan pada aspek kemandirian finansial kelompok dalam penyediaan peralatan tambahan IoT. Hal ini menjadi tantangan dalam keberlanjutan apabila tidak didukung oleh program kemitraan lanjutan.

Tingkat kesulitan yang ditemui terutama terletak pada adaptasi awal mitra terhadap teknologi IoT. Sebagian besar anggota belum terbiasa menggunakan aplikasi digital, sehingga diperlukan pendampingan intensif selama tiga bulan pertama. Potensi pengembangan program sangat terbuka, terutama untuk diversifikasi tanaman hortikultura bernilai ekonomi tinggi, serta replikasi model kepada kelompok tani lain di wilayah perbatasan.



Gambar 1. Instalasi Aquaponik - Hidroponik

Program ini memiliki potensi keberlanjutan yang tinggi karena telah berhasil menciptakan kader muda yang dilibatkan sebagai operator teknologi IoT dan penggerak pemasaran digital. Dengan adanya peningkatan pendapatan serta penguatan kapasitas manajerial, kelompok memiliki motivasi untuk melanjutkan program secara mandiri. Pendekatan ini konsisten dengan konsep *community-based development* yang menekankan pada penguatan aset masyarakat sebagai fondasi keberlanjutan (Chambers, 2014).

Hasil pengabdian ini menguatkan *teori appropriate technology* yang dikemukakan oleh Schumacher (2010), bahwa teknologi sederhana namun relevan dengan kebutuhan lokal akan lebih mudah diadopsi dan memberi dampak nyata bagi masyarakat. Penerapan IoT dalam sistem akuaponik-hidroponik mendukung temuan Novita Ratnasari et al. (2023) dan Soliata & Suryono (2024) yang menegaskan pentingnya inovasi teknologi untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan. Selain itu, penguatan kapasitas manajerial kelompok sejalan dengan temuan Raharjo (2022) bahwa literasi keuangan berbasis aplikasi sederhana meningkatkan daya saing usaha mikro di pedesaan.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan bersama Pokdakan Tani Mandiri berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu menghadirkan solusi teknologi tepat guna untuk mengatasi keterbatasan sumber daya, meningkatkan produktivitas, dan memperkuat kapasitas manajerial masyarakat perbatasan. Penerapan sistem aquaponik-hidroponik berbasis IoT terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 48% serta memanfaatkan limbah kolam lele menjadi pupuk organik yang bermanfaat. Dari aspek produktivitas, hasil hortikultura meningkat sebesar 45% per siklus panen, sedangkan volume penjualan produk naik sekitar 31% setelah program berjalan.

Selain dampak teknis, kegiatan ini juga meningkatkan kapasitas kelembagaan melalui pelatihan pencatatan produksi dan keuangan berbasis aplikasi sederhana, serta strategi pemasaran

digital yang memperluas akses pasar. Keterlibatan generasi muda sebagai operator IoT dan promotor digital marketing menambah potensi keberlanjutan program di masa depan.

Dengan demikian, program pengabdian ini tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek berupa peningkatan pendapatan dan efisiensi usaha, tetapi juga membangun model pemberdayaan berbasis teknologi yang dapat direplikasi di wilayah perbatasan lainnya. Hasil ini sekaligus memperkuat teori appropriate technology bahwa penerapan teknologi sederhana yang sesuai dengan kebutuhan lokal mampu menciptakan dampak nyata, meningkatkan kesejahteraan, dan mendorong pembangunan berkelanjutan di tingkat komunitas.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) melalui Skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat Tahun 2025 yang telah memberikan dukungan dana sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Universitas Timor atas bantuan dan fasilitasi yang diberikan selama pelaksanaan program pengabdian ini. Pokdakan Tani Mandiri juga diberikan limpah terima kasih atas kesediaan menerima tim pengabdian di Lokasi kegiatan. Tidak lupa, kami mengapresiasi semua pihak yang telah memberikan dukungan dan fasilitas sehingga seluruh rangkaian kegiatan dapat berjalan lancar hingga tahap saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chambers, R. (2014). *Rural development: Putting the last first*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315835816>
- Novita Ratnasari, N., Santoso, B., & Kurniawan, R. (2023). Penerapan sistem akuaponik-hidroponik untuk meningkatkan ketahanan pangan rumah tangga. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 24(2), 115–124. <https://doi.org/10.22146/jtp.2023.24321>
- Raharjo, S. (2022). Literasi keuangan digital dan daya saing usaha mikro di pedesaan. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 15(1), 45–59. <https://doi.org/10.22219/jeb.v15i1.18293>
- Schumacher, E. F. (2010). *Small is beautiful: Economics as if people mattered*. Harper Perennial.
- Setiawan, A., Pratama, R., & Widodo, H. (2024). Internet of Things (IoT) untuk efisiensi budidaya akuakultur: Studi kasus kualitas air. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 12(1), 33–41. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2024.12.1.33-41>
- Soliata, Y., & Suryono, B. (2024). Otomatisasi pengairan hidroponik berbasis NodeMCU ESP8266 untuk peningkatan produktivitas hortikultura. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pertanian*, 5(1), 221–229.
- Tarru, D., Yuliana, R., & Karim, A. (2025). Prospek budidaya ikan lele dalam mendukung ketahanan pangan nasional. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 30(1), 1–10.