



## Pemberdayaan Masyarakat Melalui Sistem Vertiminaponik Berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk Pertanian dan Perikanan Berkelanjutan

### *Community Empowerment Through the Implementation of an Internet of Things (IoT) Based Vertiminaponic System for Sustainable Agriculture and Aquaculture*

Atep Iman<sup>1\*</sup>, Frintis Septa Marpaung<sup>2</sup>, Nazwa Amelia Purnama<sup>3</sup>, Khalika Khaldan Nurshofa<sup>4</sup>, Rayhan Al Hayubi<sup>5</sup>, Muhammad Rizki<sup>6</sup>, Rafif Abyakto<sup>7</sup>, Riyan Aditya<sup>8</sup>, Naufal Cahyo Widodo<sup>9</sup>, Sandi Rahyadi<sup>10</sup>, Umar Hamzah<sup>11</sup>

<sup>1-11</sup>Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

\*Penulis korespondensi: [2283230005@unitrta.ac.id](mailto:2283230005@unitrta.ac.id)<sup>1</sup>

#### Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 15 April 2026;

Revisi: 12 Mei 2026;

Diterima: 18 Juni 2026;

Terbit: 24 Juni 2026

**Keywords:** ESP32; *Internet of Things* (IoT); pH Sensor; Smart Village; Vertiminaponics.

**Abstract.** Limited land and low use of digital technology are the main challenges in the development of the community's agricultural and fisheries sectors. This Community Service activity aims to increase the capacity of the people of Citangkil Village through the implementation of an *Internet of Things* (IoT)-based vertiminaponic system. The implementation method includes observation, system design, training, implementation, and evaluation using pretest and posttest of 15 participants. The developed system uses an ESP32 microcontroller and pH sensor to monitor water quality in real-time. The results of the activity showed an increase in participants' understanding from 66.00% to 88.67%, or an increase of 22.67%. Testing of pH sensors showed good accuracy, while mixing well water and rainwater was able to lower the pH from 8.60 to 7.00, making it more suitable for vertiminaponic cultivation. This activity succeeded in increasing public knowledge while supporting the application of sustainable agricultural and fisheries technology. The main contribution of this program is the provision of innovative solutions that are applicable to overcome land limitations and encourage digital transformation in local resource management.

#### Abstrak

Keterbatasan lahan dan rendahnya pemanfaatan teknologi digital menjadi tantangan utama dalam pengembangan sektor pertanian dan perikanan masyarakat. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan meningkatkan kapasitas masyarakat Desa Citangkil melalui penerapan sistem vertiminaponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode pelaksanaan meliputi observasi, perancangan sistem, pelatihan, implementasi, serta evaluasi menggunakan *pretest* dan *posttest* terhadap 15 peserta. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor pH untuk memantau kualitas air secara *real-time*. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman peserta dari 66,00% menjadi 88,67%, atau meningkat sebesar 22,67%. Pengujian sensor pH memperlihatkan akurasi yang baik, sementara pencampuran air sumur dan air hujan mampu menurunkan pH dari 8,60 menjadi 7,00 sehingga lebih sesuai untuk budidaya vertiminaponik. Kegiatan ini berhasil meningkatkan pengetahuan masyarakat sekaligus mendukung penerapan teknologi pertanian dan perikanan berkelanjutan. Kontribusi utama dari program ini adalah penyediaan solusi inovatif yang aplikatif untuk mengatasi keterbatasan lahan dan mendorong transformasi digital dalam pengelolaan sumber daya lokal.

**Kata Kunci:** ESP32; *Internet of Things* (IoT); Sensor pH; Smart Village; Vertiminaponik.

## 1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian dan perikanan adalah sektor penting yang berada di area strategis pertanian dan perikanan karena berperan penting dalam ketahanan pangan, kesejahteraan masyarakat, dan pengembangan ekonomi daerah. Namun, industrialisasi kawasan industri dan pemukiman di berbagai bagian negara telah menyebabkan penurunan lahan produktif yang

dapat digunakan untuk budidaya pertanian dan perikanan. Ini adalah tantangan bagi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan pangan dan mencapai hasil ekonomi bagi anggota keluarga. Oleh karena itu, inovasi teknologi diperlukan untuk memanfaatkan lahan terbatas dengan metode yang lebih produktif dan tanpa mengurangi produktivitas hasil budidaya (Babar & Akan, 2024).

Teknologi vertiminaponik telah dikembangkan dan dianggap mampu mengatasi masalah ini. Vertiminaponik adalah integrasi sistem budidaya tanaman vertikal dan budidaya ikan dalam ekosistem yang saling mendukung. Sistem ini didasarkan pada konsep pertanian akuaponik dan menggabungkan akuakultur dengan hidroponik untuk menciptakan sistem budidaya yang hemat lahan, hemat air, dan ramah lingkungan di mana limbah metabolisme ikan dapat digunakan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman, mengurangi penggunaan pupuk kimia dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya (Ibrahim, Shaghaleh, & El-Kassar, 2023).

Pertanian berkelanjutan telah menjadi fokus utama untuk teknologi budidaya modern dalam beberapa tahun terakhir. Sistem akuaponik dan vertiminaponik dianggap mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan dalam hal penggunaan air yang efektif, produktivitas lahan, dan pengurangan limbah budidaya (Setiawan et al., 2024). Selain itu, sistem semacam ini memberikan peluang bagi bisnis berbasis pangan skala kecil untuk berkembang di lahan yang relatif kecil (Umar, 2024). Teknologi digital juga menciptakan peluang baru untuk pertanian dan perikanan. Ini adalah salah satu teknologi yang berkembang paling cepat - Internet of Things (IoT). Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik untuk terhubung satu sama lain dan memproses data secara otomatis. Teknologi IoT telah banyak digunakan dalam pertanian untuk memantau kualitas air, kelembaban, suhu lingkungan, dan parameter kunci lainnya dalam budidaya (Ivan et al., 2025).

Penerapan IoT dalam sistem akuaponik membawa banyak manfaat, terutama dalam pemantauan kualitas air secara real-time. pH, suhu, kadar oksigen terlarut, dan tingkat air dapat dipantau secara terus-menerus sehingga pengguna dapat mengambil tindakan korektif jika terjadi perubahan kondisi lingkungan budidaya (Alif et al., 2024). Teknologi ini juga meningkatkan efisiensi manajemen sistem dan meminimalkan risiko kegagalan panen akibat deteksi perubahan kualitas lingkungan yang terlambat (Akinkiku & Ubochi, 2024). Salah satu komponen sistem pemantauan IoT yang paling banyak digunakan adalah mikrokontroler ESP32. Dengan kemampuan komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi, ESP32 sangat cocok untuk aplikasi pemantauan jarak jauh dengan biaya yang relatif rendah (Annisa & Fahreza, 2025). Selain itu, ESP32 dapat diintegrasikan dengan banyak jenis sensor dan karenanya

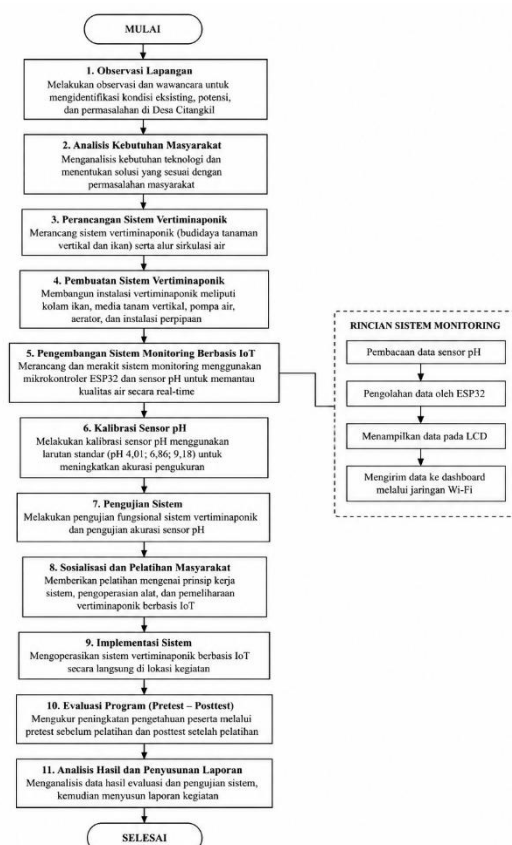
banyak digunakan dalam pengembangan sistem pemantauan akuaponik dan akuakultur saat ini.

Konsep *Smart Village* adalah salah satu pendekatan yang sangat populer dan banyak digunakan untuk masyarakat pedesaan dalam menjalani transformasi digital. Konsep *Smart Village* adalah metode pengembangan desa yang memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan produktivitas mereka dalam bidang pengelolaan sumber daya dan ekonomi lokal (Setiawan et al., 2024). Dalam praktiknya, Konsep *Smart Village* tidak terbatas pada layanan publik berbasis digital tetapi juga mencakup pertanian, perikanan, energi terbarukan, pendidikan, dan kewirausahaan masyarakat (Umar, 2024). Penerapan teknologi IoT dalam sistem vertiminaponik adalah salah satu cara menerapkan konsep Konsep *Smart Village* dalam pertanian dan perikanan. Apa yang ditawarkan teknologi ini adalah bahwa masyarakat tidak hanya memiliki produktivitas budidaya yang meningkat tetapi juga mempelajari keterampilan baru dalam menggunakan teknologi digital. Pelatihan dan bantuan teknologi untuk masyarakat sangat penting untuk memungkinkan keberhasilan transformasi digital dan dukungan di tingkat desa 15 . (Sujana & Rahmany, 2025).

Desa Citangkil memiliki potensi besar di sektor pertanian dan perikanan. Namun, teknologi digital masih belum digunakan dalam kegiatan budidaya. Keterbatasan lahan dan biaya operasional adalah hambatan utama bagi masyarakat untuk mengembangkan bisnis pertanian dan perikanan berkelanjutan (Hadiyoso & Alfaruq, 2024). Ini menciptakan kebutuhan untuk menggunakan teknologi yang mudah dioperasikan, efisien secara ekonomi, dan cocok untuk melayani masyarakat lokal (Ibrahim, Shaghaleh, El-kassar, et al., 2023). Berdasarkan observasi lapangan, sebagian besar masyarakat belum familiar dengan sistem vertiminaponik dan tidak memahami potensi penggunaan IoT dalam kegiatan budidaya. Padahal, integrasi kedua teknologi ini dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan produktivitas lahan, efisiensi penggunaan air, dan kualitas hasil budidaya. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian masyarakat diperlukan yang tidak hanya fokus pada transfer teknologi tetapi juga pada peningkatan kapasitas masyarakat dalam mengelola teknologi secara mandiri (Maliki, 2024).

Proyek pengabdian masyarakat ini akan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat Desa Citangkil dalam menerapkan sistem vertiminaponik berbasis Internet of Things (IoT), mengembangkan sistem pemantauan kualitas air menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor pH, serta menerapkan konsep Konsep *Smart Village* melalui penggunaan teknologi digital dalam sektor pertanian dan perikanan berkelanjutan.

## 2. METODE



**Gambar 1.** Alur Kegiatan.

Gambar 1 merupakan alur kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dilaksanakan pada tanggal 11 Juni 2026 di Desa Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Kegiatan melibatkan 15 peserta yang terdiri dari masyarakat, kelompok tani, pemuda desa, dan warga yang memiliki minat terhadap pengembangan teknologi pertanian dan perikanan berkelanjutan. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metode Pemberdayaan Masyarakat (Community Empowerment) yang dipadukan dengan pendekatan Research and Development (R&D) untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem vertiminaponik berbasis Internet of Things (IoT).

Pendekatan pemberdayaan masyarakat dipilih karena menempatkan masyarakat sebagai subjek utama dalam proses transfer teknologi sehingga diharapkan mampu meningkatkan kemandirian masyarakat dalam mengelola sistem budidaya secara berkelanjutan. Sementara itu, pendekatan Research and Development digunakan untuk menghasilkan sistem teknologi tepat guna yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat serta kondisi lingkungan Desa Citangkil. Secara umum tahapan kegiatan terdiri atas observasi lapangan, perancangan sistem, pembuatan alat, pengembangan sistem monitoring berbasis IoT, pelatihan masyarakat, implementasi sistem, serta evaluasi keberhasilan program. Alur

pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 1.

### **Observasi Lapangan**



**Gambar 2.** Kegiatan Observasi.

Tahap awal kegiatan dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan masyarakat Desa Citangkil. Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting masyarakat, potensi sumber daya yang tersedia, serta berbagai permasalahan yang dihadapi dalam kegiatan pertanian dan perikanan. Hasil observasi menunjukkan bahwa masyarakat masih menghadapi beberapa kendala utama, yaitu keterbatasan lahan budidaya, rendahnya pemanfaatan teknologi digital, serta kurangnya sistem monitoring kualitas air yang dapat membantu pengelolaan budidaya secara efektif. Selain itu, sebagian besar masyarakat masih menggunakan metode konvensional dalam pemeliharaan tanaman dan ikan sehingga produktivitas yang dihasilkan belum optimal. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, tim pengabdian merancang sistem vertiminaponik berbasis IoT sebagai solusi yang dapat diterapkan sesuai dengan kondisi masyarakat Desa Citangkil.

### **Perancangan Sistem Vertiminaponik**

Tahap perancangan dilakukan dengan membuat desain sistem vertiminaponik yang mengintegrasikan budidaya tanaman dan budidaya ikan dalam satu siklus sirkulasi air tertutup. Sistem dirancang menggunakan rak vertikal berbahan pipa PVC sebagai media tanam dan kolam ikan berbahan fiber sebagai sumber nutrisi tanaman. Konsep vertikal dipilih untuk mengoptimalkan penggunaan lahan yang terbatas. Sistem sirkulasi air memanfaatkan pompa air yang mengalirkan air dari kolam ikan menuju media tanam. Air yang telah melalui akar tanaman kemudian dikembalikan ke kolam sehingga membentuk sistem resirkulasi yang hemat air dan ramah lingkungan. Tanaman yang digunakan dalam sistem ini adalah sayuran daun seperti pakcoy karena memiliki masa panen yang relatif singkat dan mudah dibudidayakan. Sementara itu, ikan yang digunakan adalah ikan lele yang memiliki tingkat adaptasi tinggi terhadap lingkungan budidaya.

## **Pembuatan Sistem Monitoring Berbasis IoT**

Sistem monitoring dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi sehingga memungkinkan pengiriman data secara real-time ke platform monitoring digital (23).

Komponen utama yang digunakan dalam sistem monitoring meliputi:

- a. ESP32 DevKit V1
- b. Sensor pH
- c. LCD Display
- d. Modul Wi-Fi
- e. Power Supply
- f. Pompa Air
- g. Aerator

Sensor pH berfungsi untuk memantau kualitas air pada kolam ikan dan media budidaya. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 kemudian ditampilkan pada LCD serta dikirimkan ke dashboard monitoring untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pengawasan sistem.

## **Pemrograman Mikrokontroler ESP32**

Pemrograman ESP32 dilakukan menggunakan perangkat lunak **Arduino IDE**. Program yang dikembangkan bertujuan untuk membaca data sensor pH, melakukan pengolahan data, menampilkan hasil pengukuran pada LCD, serta mengirimkan data ke platform monitoring berbasis internet.

Algoritma sistem terdiri dari beberapa tahapan yaitu:

- a. Inisialisasi sensor pH.
- b. Pembacaan data sensor secara berkala.
- c. Konversi data analog menjadi nilai pH.
- d. Menampilkan hasil pengukuran pada LCD.
- e. Mengirimkan data ke dashboard monitoring.
- f. Menyimpan data hasil pengukuran secara periodik.

Tahap pengujian program dilakukan untuk memastikan seluruh komponen dapat beroperasi dengan baik sebelum sistem diterapkan kepada masyarakat.

## **Kalibrasi Sensor pH**

Kalibrasi dilakukan untuk meningkatkan akurasi pengukuran sensor pH. Proses kalibrasi menggunakan larutan standar pH 4,01; pH 6,86; dan pH 9,18 sebagai pembanding.

**Tabel 1.** Kalibrasi Sensor pH.

pH Meter Standar	Tegangan Sensor (V)
4.01	3.02
6.86	2.51
9.18	2.08

Tabel 1 merupakan hasil kalibrasi yang menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara nilai pH dan tegangan keluaran sensor. Data hasil kalibrasi digunakan untuk membentuk persamaan regresi yang diterapkan pada program ESP32 sehingga hasil pembacaan sensor lebih mendekati nilai sebenarnya.

### **Implementasi dan Pelatihan Masyarakat**

Tahap implementasi dilakukan melalui pemasangan sistem vertiminaponik dan sistem monitoring berbasis IoT di lokasi kegiatan. Setelah sistem beroperasi, peserta diberikan pelatihan mengenai:

- a. Prinsip kerja vertiminaponik.
- b. Pengoperasian sistem monitoring.
- c. Pembacaan data pH.
- d. Pemeliharaan tanaman dan ikan.
- e. Penanganan gangguan sistem.

Pelatihan dilakukan melalui metode ceramah, demonstrasi, dan praktik langsung sehingga peserta dapat memahami cara penggunaan teknologi secara lebih efektif (25).

### **Evaluasi Program**

Evaluasi dilakukan menggunakan metode pretest dan posttest untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan pelatihan. Instrumen evaluasi terdiri dari 10 butir pertanyaan yang mencakup tiga indikator utama, yaitu:

- a. Pemahaman sistem vertiminaponik.
- b. Pemahaman sensor monitoring.
- c. Pemahaman Internet of Things (IoT).

Data hasil evaluasi dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa nilai rata-rata dan persentase peningkatan pemahaman peserta. Selain itu, dilakukan pengujian sensor pH untuk mengetahui tingkat akurasi alat yang telah dikembangkan.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian**

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan pada tanggal 11 Juni 2026 di Desa Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Kegiatan diawali dengan sosialisasi mengenai

konsep pertanian dan perikanan berkelanjutan berbasis teknologi digital. Selanjutnya peserta diberikan pelatihan mengenai prinsip kerja sistem vertiminaponik, penggunaan sensor monitoring, serta implementasi Internet of Things (IoT) dalam kegiatan budidaya. Peserta kegiatan berjumlah 15 orang yang terdiri atas masyarakat umum, kelompok tani, dan pemuda desa. Seluruh peserta mengikuti kegiatan mulai dari penyampaian materi, praktik perakitan sistem, hingga simulasi penggunaan dashboard monitoring. Program ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan masyarakat dalam memanfaatkan teknologi digital sebagai solusi pengembangan pertanian dan perikanan pada lahan terbatas. Selain itu, peserta juga diberikan pemahaman mengenai pentingnya pengelolaan kualitas air sebagai faktor utama keberhasilan sistem vertiminaponik.

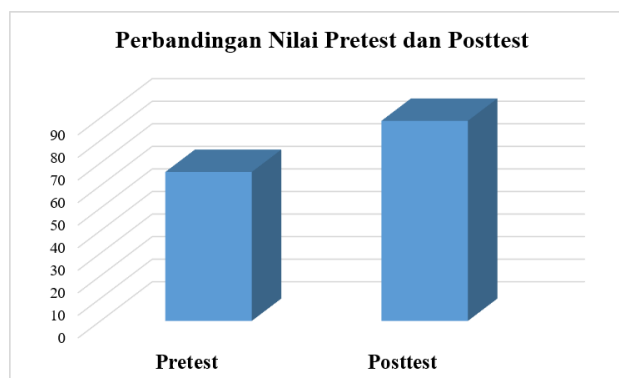
### **Evaluasi Pengetahuan Peserta**

Evaluasi dilakukan menggunakan metode pretest dan posttest dengan jumlah soal sebanyak 10 pertanyaan. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan pelatihan.

**Tabel 2.** Hasil Pretest dan Posttest.

<b>Data Dasar</b>	
<b>Pertanyaan</b>	<b>Data</b>
Jumlah peserta	15 orang
Jumlah soal	10 soal
Total nilai pretest	99
Total nilai posttest	133
Rata-rata pretest	6,60
Rata-rata posttest	8,87
Rata-rata pretest (%)	66,00%
Rata-rata posttest (%)	88,67%
Peningkatan	22,67%

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa adanya peningkatan nilai rata-rata peserta dari 66,00% menjadi 88,67%. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan yang diberikan mampu meningkatkan pemahaman peserta mengenai sistem vertiminaponik dan teknologi IoT.



**Gambar 3.** Perbandingan Nilai.

Berdasarkan gambar 3, rata-rata nilai peserta meningkat dari 66,00% menjadi 88,67% dengan kenaikan sebesar 22,67%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis praktik dan demonstrasi mampu meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap teknologi vertiminaponik dan IoT. Peningkatan nilai posttest sebesar 22,67% menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis demonstrasi dan praktik mampu meningkatkan pemahaman peserta terhadap teknologi vertiminaponik dan IoT. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pendekatan demonstrasi lapangan memberikan peningkatan adopsi teknologi dan pemahaman peserta secara signifikan (Henson et al., 2026).

### Analisis Berdasarkan Indikator

Analisis lebih lanjut dilakukan berdasarkan tiga indikator utama yaitu sistem vertiminaponik, sensor monitoring, dan Internet of Things.

**Tabel 3.** Hasil Evaluasi Berdasarkan Indikator.

Indikator	Jumlah Soal	Pretest (%)	Posttest (%)	Peningkatan (%)
Sistem Vertiminaponik	2	70,00	93,33	23,33
Sensor Monitoring	4	63,33	86,67	23,34
Internet of Things (IoT)	4	65,00	86,00	21,00
<b>Rata-rata</b>	<b>10</b>	<b>66,00</b>	<b>88,67</b>	<b>22,67</b>

Hasil menunjukkan bahwa seluruh indikator mengalami peningkatan pemahaman. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator sensor monitoring sebesar 23,34%, sedangkan peningkatan terendah terjadi pada indikator IoT sebesar 21,00%. Hal ini menunjukkan bahwa peserta lebih mudah memahami konsep sensor karena dapat diamati secara langsung melalui proses pengukuran dan monitoring.

### Kalibrasi Sensor pH

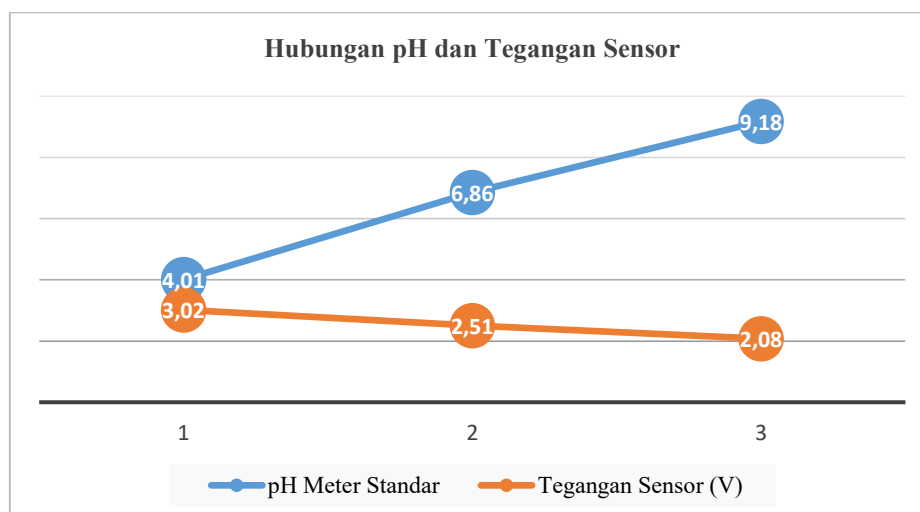
Sensor pH yang digunakan pada sistem monitoring terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan larutan standar.

**Tabel 4.** Data Pengukuran Kalibrasi Sensor pH.

Sensor pH	Tegangan Sensor (V)
4.01	3.02
6.86	2.51
9.18	2.08

Berdasarkan data pengukuran, semakin tinggi nilai pH maka tegangan keluaran sensor semakin rendah. Hubungan tersebut menunjukkan karakteristik sensor yang sesuai dengan

spesifikasi pengukuran pH.



**Gambar 4.** Hubungan pH dan Tegangan Sensor.

Berdasarkan gambar 4 terlihat bahwa kenaikan nilai pH menyebabkan tegangan keluaran sensor menurun secara linier. Karakteristik tersebut sesuai dengan prinsip kerja elektroda pH yang menghasilkan perubahan potensial listrik akibat perbedaan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Hubungan antara nilai pH dan tegangan sensor menunjukkan karakteristik yang sesuai dengan prinsip kerja elektroda pH dimana peningkatan pH menyebabkan penurunan tegangan keluaran sensor. Karakteristik serupa juga dilaporkan pada sistem monitoring kualitas air berbasis IoT untuk budidaya perikanan dan akuaponik (Manoj et al., 2022).

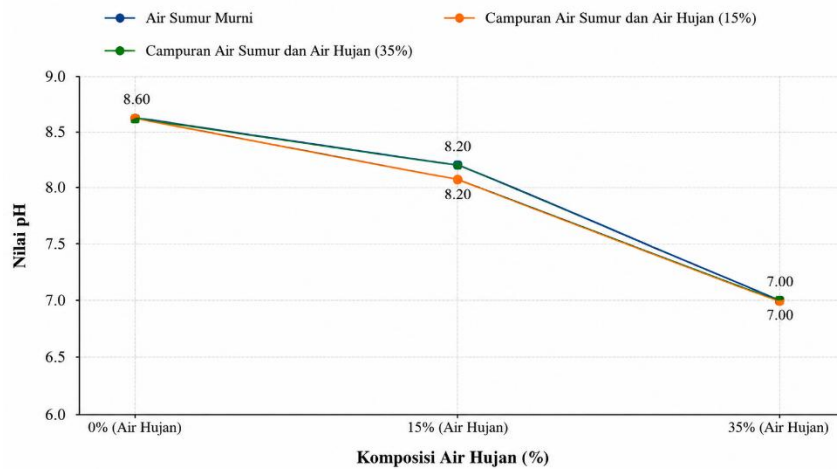
### Pengujian Campuran Air Sumur dan Air Hujan

**Tabel 5.** Pengujian Sensor pH.

No	Komposisi Air	Volume Air Sumur (L)	Volume Air Hujan (L)	pH Sensor
1	Air sumur murni	300	0	8,55
2	Campuran air sumur dan air hujan	255	45	8,12
3	Campuran air sumur dan air hujan	195	105	7,08

Berdasarkan Tabel 4, pengujian sensor pH dilakukan pada tiga variasi komposisi campuran air sumur dan air hujan untuk mengetahui pengaruh perubahan komposisi air terhadap nilai pH yang terukur. Pada kondisi air sumur murni dengan volume 300 L, sensor menghasilkan nilai pH sebesar 8,55. Setelah dilakukan penambahan 45 L air hujan dan 255 L air sumur, nilai pH menurun menjadi 8,12. Penurunan yang lebih signifikan terjadi pada campuran 105 L air hujan dan 195 L air sumur, dimana nilai pH yang terukur mencapai 7,08. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan proporsi air hujan dalam campuran menyebabkan nilai pH air mengalami penurunan. Kondisi ini menunjukkan bahwa air hujan memiliki karakteristik yang lebih netral dibandingkan air sumur sehingga mampu menurunkan

tingkat kebasaaan air. Penurunan pH dari 8,55 menjadi 7,08 menunjukkan bahwa penambahan air hujan dapat digunakan sebagai metode sederhana untuk memperoleh kualitas air yang lebih sesuai bagi sistem vertiminaponik.



**Gambar 5.** Pengaruh Komposisi Air Sumur dan Air Hujan terhadap Nilai pH.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa nilai pH menurun secara konsisten seiring bertambahnya volume air hujan. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan kualitas air dengan baik dan dapat digunakan sebagai alat monitoring pada sistem vertiminaponik berbasis Internet of Things (IoT). Selain itu, campuran air sumur dan air hujan menghasilkan nilai pH yang lebih mendekati kondisi ideal untuk budidaya dibandingkan penggunaan air sumur murni.

#### 4. DISKUSI

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilaksanakan di Desa Citangkil, Kota Cilegon, telah berjalan sesuai dengan tahapan yang telah direncanakan, mulai dari observasi lapangan, perancangan sistem vertiminaponik, pengembangan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT), pelatihan masyarakat, hingga evaluasi kegiatan. Program ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam memanfaatkan teknologi vertiminaponik berbasis IoT sebagai solusi budidaya tanaman dan ikan pada lahan yang terbatas. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa masyarakat memiliki antusiasme yang tinggi dalam mengikuti seluruh rangkaian pelatihan, mulai dari penyampaian materi hingga praktik penggunaan sistem monitoring.



**Gambar 6.** Penyuluhan tentang manfaat sistem vertiminaponik.

Ditunjukkan kegiatan penyuluhan mengenai manfaat sistem vertiminaponik kepada masyarakat. Pada tahap ini peserta diberikan pemahaman mengenai konsep integrasi budidaya tanaman dan ikan dalam satu sistem yang saling mendukung. Penyuluhan juga menjelaskan keuntungan sistem vertiminaponik, seperti efisiensi penggunaan lahan, penghematan air, serta peningkatan produktivitas budidaya. Kegiatan ini menjadi langkah awal yang penting untuk meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap teknologi pertanian dan perikanan berkelanjutan.



**Gambar 7.** Foto bersama Peserta Pengenalan Manfaat Sistem Vertiminaponik.

Pada Gambar 7, terlihat kegiatan foto bersama antara tim pelaksana dan peserta setelah pelaksanaan sosialisasi dan pelatihan. Antusiasme peserta menunjukkan adanya ketertarikan masyarakat terhadap teknologi vertiminaponik berbasis IoT yang diperkenalkan. Keterlibatan aktif peserta selama kegiatan menjadi indikator bahwa teknologi yang diperkenalkan dapat diterima dengan baik oleh masyarakat dan berpotensi untuk diterapkan secara mandiri dalam kegiatan budidaya sehari-hari.

Implementasi sistem pemantauan berbasis ESP32 juga menunjukkan kinerja yang baik. Sensor pH yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dengan perbedaan pengukuran yang rendah dibandingkan dengan alat ukur standar. Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa ESP32 dan sensor pH dapat digunakan secara efektif untuk pemantauan kualitas air dalam sistem akuaponik dan akuakultur berbasis IoT (Ivan et al., 2025). Selain pemantauan, IoT memungkinkan pengguna untuk mendapatkan

informasi kondisi budidaya secara real-time di bidang budidaya yang memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih cepat. Untuk sistem vertiminaponik, perubahan kualitas air penting bagi pertumbuhan ikan dan tanaman dan dapat mempengaruhi produktivitas perairan. Hasil ini konsisten dengan temuan penelitian bahwa IoT dalam sistem akuaponik akan meningkatkan efisiensi pemantauan lingkungan dan meningkatkan produktivitas sistem secara keseluruhan (Setiawan et al., 2024).

Penurunan pH dari campuran air sumur dan air hujan (8,60 menjadi 7,00) diamati dalam hasil uji ini. Ini bermanfaat untuk budidaya ikan dan tanaman karena sebagian besar organisme akuaponik tumbuh dalam rentang pH netral hingga sedikit basa. Menyesuaikan kualitas air adalah salah satu cara terpenting untuk menjaga keseimbangan ekosistem vertiminaponik (Ibrahim, Shaghaleh, El-kassar, et al., 2023). Kegiatan ini juga meningkatkan penerapan konsep *Smart Village* melalui teknologi digital di sektor pertanian dan perikanan di daerah pedesaan dengan penggunaan program ini. Tidak hanya masyarakat belajar tentang budidaya tetapi juga belajar bagaimana menggunakan teknologi pemantauan berbasis internet. Jadi semua ini berkontribusi pada kapasitas kita untuk mengembangkan pengetahuan masyarakat dan kemampuan untuk beradaptasi dengan transformasi digital dalam industri pertanian modern (Akinsiku & Ubochi, 2024).

## 5. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada Masyarakat berupa pelatihan dan implementasi sistem vertiminaponik berbasis *internet of things* di desa citangkil, kota Cilegon telah dilaksanakan dengan baik. Program ini diharapkan mampu meningkatkan pengetahuan dan keterampilan Masyarakat dalam pemanfaatan teknologi berkelanjutan pada sistem vertiminaponik berbasis *internet of things* (IoT) sebagai Solusi budidaya pertanian dan perikanan pada lahan yang terbatas. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pemahaman peserta dari rata-rata nilai pretest sebesar 66,00% menjadi 88,67% pada posttest atau mengalami peningkatan sebesar 22,67%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa metode pelatihan yang digunakan, yaitu kombinasi ceramah, demonstrasi, dan praktik langsung, mampu meningkatkan pengetahuan peserta mengenai sistem vertiminaponik, sensor monitoring, dan teknologi IoT. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pendekatan pelatihan berbasis praktik dapat meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap penerapan teknologi tepat guna.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengelola sistem vertiminaponik berbasis IoT. Program ini tidak hanya memberikan manfaat berupa peningkatan pengetahuan dan keterampilan teknologi, tetapi juga

membuka peluang pengembangan usaha pertanian dan perikanan yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan. Ke depan, diperlukan pendampingan lanjutan agar masyarakat dapat mengoperasikan dan mengembangkan sistem secara mandiri sehingga manfaat program dapat dirasakan dalam jangka panjang. Dengan demikian, penerapan sistem vertiminaponik berbasis IoT berpotensi menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan produktivitas budidaya, efisiensi penggunaan sumber daya, serta pemberdayaan masyarakat menuju pengelolaan pertanian dan perikanan yang lebih berkelanjutan.

## **PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS**

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Pemerintah Desa Citangkil, Kelompok Wanita Tani (KWT) Sintrong Desa Citangkil, serta seluruh masyarakat Desa Citangkil yang telah berpartisipasi aktif, memberikan dukungan, dan bekerja sama selama proses perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi kegiatan. Dukungan dan antusiasme masyarakat menjadi faktor penting dalam keberhasilan program penerapan sistem vertiminaponik berbasis Internet of Things (IoT) ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada seluruh dosen pembimbing, anggota tim pengabdian, mahasiswa, serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan kegiatan ini.

Penulis berharap ilmu pengetahuan, keterampilan, dan teknologi yang telah diperkenalkan melalui kegiatan pengabdian ini dapat memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat, mendukung peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta menjadi salah satu upaya dalam mewujudkan pertanian dan perikanan yang produktif, mandiri, dan berkelanjutan di Desa Citangkil.

## **DAFTAR REFERENSI**

- Abioye, E. A., Abidin, M. S. Z., Mahmud, M. S. A., Buyamin, S., Ishak, M. H. I., Rahman, M. K. I. A., Otuoze, A. O., Onotu, P., & Ramli, M. S. A. (2021). A review on monitoring and advanced control strategies for precision irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 173, Article 105441. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105441>
- Akinsiku, M. R., & Ubochi, B. (2024). IoT in smart villages: Challenges and prospects. *LAUTECH Journal of Engineering and Technology*.
- Alif, M. I., Prabowo, A., & Amir, S. (2024). Implementation of IoT-based aquaponics technology to enhance food security and economic independence. *Dinamisia*, 8(5), 1458–1471.
- Annisa, Y., & Fahreza, I. P. (2025). Measuring the success of smart villages: Empowering communities through digital skill development. 5(2), 121–135.

- Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E. H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. *IEEE Access*, 7, 129551–129583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>
- Babar, A. Z., & Akan, O. B. (2024). Sustainable and precision agriculture with the Internet of Everything (IoE). *arXiv*.
- Benyezza, H., Bouhedda, M., & Rebouh, S. (2021). Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving. *Journal of Cleaner Production*, 302, Article 127001. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127001>
- Hadiyoso, S., & Alfaruq, A. (2024). A smart aquaponics system: IoT-driven water quality control for lettuce cultivation. In *International Conference on Intelligent Systems and Technology*.
- Henson, B., & Twahirwa, D. (2026). How demonstration farms drive adoption: Evidence from a 20-year scoping review and dynamic payback analysis. *Agriculture & Environmental Sciences*, 10.
- Ibrahim, L. A., Shaghaleh, H., & El-Kassar, G. M. (2023). Aquaponics: A sustainable path to food sovereignty and enhanced water use efficiency. *Water*, 15(24), Article 4310. <https://doi.org/10.3390/w15244310>
- Ibrahim, L. A., Shaghaleh, H., El-Kassar, G. M., & Abu-Hashim, M. (2023). Aquaponics: A sustainable path to food sovereignty and enhanced water use efficiency. *Water*, 15(24), Article 4310. <https://doi.org/10.3390/w15244310>
- Ivan, I. M., Cakra, W., Rahmany, R. S., & Batubara, C. (2025). Pengembangan sistem monitoring IoT microbubble generator berbasis ESP32 untuk mendukung akuakultur. *Jurnal Mekanik*.
- Jawad, H. M., Nordin, R., Gharghan, S. K., Jawad, A. M., & Ismail, M. (2017). Energy-efficient wireless sensor networks for precision agriculture: A review. *Sensors*, 17(8), Article 1781. <https://doi.org/10.3390/s17081781>
- Maliki, M. R. (2024). The implementation of the smart village concept based on the Internet of Things in Ogan Ilir. *International Journal of Community Care of Humanity*, 2(6), 750–761.
- Manoj, M., Dhilip Kumar, V., Arif, M., Bulai, E. R., Bulai, P., & Geman, O. (2022). State-of-the-art techniques for water quality monitoring systems for fish ponds using IoT and underwater sensors.
- Setiawan, B., Styawati, S., & Alim, S. (2024). Implementasi sistem IoT pada akuakultur dan hidroponik (akuaponik) modern untuk pertumbuhan ikan nila. *Jurnal Pengembangan IT*, 9(1), 47–53.
- Shamshiri, R. R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., Ahmad, D., & Shad, Z. M. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(1), 1–22. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181101.3210>
- Sujana, I. M. I. W. C., & Rahmany, R. S. (2025). Pengembangan sistem monitoring IoT microbubble generator berbasis ESP32 untuk mendukung akuakultur. *Jurnal Mekanik Terapan*.
- Umar, U. (2024). Rancang bangun sistem kontrol dan monitoring pH, suhu air, dan TDS pada

sistem akuaponik berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Terapan*.

Verdouw, C. N., Wolfert, J., Beulens, A. J. M., & Riialand, A. (2016). Virtualization of food supply chains with the Internet of Things. *Journal of Food Engineering*, 176, 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.11.009>