

# Smart Farming Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Otomasi Irigasi Sawah Tadah Hujan di Desa Margodadi, Kabupaten Pringsewu, Lampung

Trisya Septiana<sup>\*1</sup>, Rizkima Akbar Setiawan<sup>2</sup>, Puput Budi Wintoro<sup>3</sup>, Muhamad Nur Khawarizmi<sup>4</sup>,  
Arnest Sefyo Eristiyan Putra<sup>5</sup>, Fadhil Abdul Fattah<sup>6</sup>, Tia Tanjung<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia

<sup>7</sup>Faculty of Industrial & Manufacturing Technology & Engineering, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, Malaysia

\*e-mail: trisya.septiana@eng.unila.ac.id<sup>1</sup>, rizkimaakbarsetiawan@eng.unila.ac.id<sup>2</sup>,  
budi.wintoro@eng.unila.ac.id<sup>3</sup>, mnkhawarizmi@eng.unila.ac.id<sup>4</sup>, 2215061135@student.unila.ac.id<sup>5</sup>,  
2215061019@student.unila.ac.id<sup>6</sup>, p142310022@student.utm.edu.my<sup>7</sup>

## Abstrak

Kabupaten Pringsewu, Lampung, merupakan sentra padi yang sebagian besar petani di sawah tadah hujan, termasuk Kelompok Tani Sri Makmur I, masih mengandalkan sistem irigasi konvensional. Ketergantungan pada sistem manual tanpa kontrol berbasis data menyebabkan inefisiensi operasional, pemborosan air, serta risiko penurunan hasil panen. Untuk mengatasi masalah krusial tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi pengairan. Sistem ini dikembangkan dengan mikrokontroler yang terintegrasi sensor kelembapan tanah, pH tanah, water level, dan sensor ultrasonik. Mekanisme pengoperasian dibagi otomatis secara adaptif: fase awal tanam dikontrol oleh sensor ultrasonik untuk menjaga ketinggian air, sementara fase pertengahan hingga panen dikelola oleh sensor soil moisture untuk membaca kondisi lahan secara real-time. Selain itu, petani dapat melakukan pengendalian manual jarak jauh melalui aplikasi Telegram di smartphone. Hasil implementasi menunjukkan sistem ini berhasil mengatur suplai air secara otomatis dan terukur pada lima petak sawah. Dampak non-teknis menunjukkan peningkatan kemampuan peserta yang signifikan; rata-rata pemahaman materi teknis naik dari 24% menjadi 82%. Secara keseluruhan, monitoring dan evaluasi membuktikan penggunaan air menjadi lebih efisien dengan sistem otomasi ini. Meskipun terjadi delay respons sistem hingga 45 detik (melebihi target 10 detik), penundaan tersebut masih dapat diterima dalam operasional harian. Penerapan teknologi Smart Farming ini merupakan solusi tepat guna untuk menekan biaya operasional, meningkatkan efisiensi air, dan mendukung keberlanjutan usaha tani padi di wilayah Pringsewu

**Kata kunci:** Efisiensi Air, Internet Of Things, Irigasi Otomatis, Sawah Tadah Hujan, Smart Farming.

## Abstract

Pringsewu Regency, Lampung, is a rice production center where most farmers in rainfed rice fields, including the Sri Makmur I Farmer Group, still rely on conventional irrigation systems. This dependency on manual, data-less control leads to operational inefficiency, water wastage, and a high risk of reduced crop yields. To address this crucial problem, this Community Service (PkM) activity aims to design, implement, and evaluate an Internet of Things (IoT)-based automatic irrigation system to improve watering efficiency. The system was developed using a microcontroller integrated with soil moisture, soil pH, water level, and ultrasonic sensors. The operation mechanism is automatically divided and adaptive: the initial planting phase is controlled by the ultrasonic sensor to maintain water height, while the mid-season to harvest phase is managed by the soil moisture sensor to read real-time soil conditions. Furthermore, farmers can perform remote manual control via the Telegram application on their smartphones. Implementation results show that the system successfully regulates water supply automatically and precisely across five rice plots. Non-technical impacts indicate a significant increase in participant capability; the average understanding of technical material rose from 24% to 82%. Overall, monitoring and evaluation confirmed that water usage became more efficient with this automation system. Although the system response delay reached 45 seconds (exceeding the 10-second target), this delay remains acceptable for daily operational use. The implementation of this Smart Farming technology is a right-on-target solution to reduce operational costs, increase water efficiency, and support the sustainability of rice farming in the Pringsewu region.

**Keywords:** Automatic Irrigation, Internet Of Things, Rainfed Rice Fields, Smart Farming, Water Efficiency.

## 1. PENDAHULUAN

Desa Margodadi, Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung, merupakan salah satu sentra pertanian padi yang dominan memiliki lahan sawah tadah hujan. Kondisi geografis ini menyebabkan petani sangat bergantung pada curah hujan musiman sebagai sumber utama irigasi. Sayangnya, wilayah Pringsewu umumnya belum memiliki sistem irigasi teknis yang terintegrasi, di mana sebagian besar praktik pengairan masih dilakukan secara manual dan tidak optimal. Ketergantungan ini menjadikan pertanian sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim, seperti fenomena El Niño yang memicu pergeseran musim hujan dan kekeringan berkepanjangan. Hal ini menyebabkan ketidakpastian pola tanam, peningkatan risiko gagal panen, dan menurunnya hasil panen dari musim ke musim. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi yang adaptif dan berbasis data untuk memastikan ketepatan waktu dan efisiensi dalam pengelolaan air.[1]

Saat ini, praktik pertanian di Desa Margodadi masih bersifat konvensional, khususnya pada Kelompok Tani Sri Makmur I yang menjadi mitra dalam kegiatan ini. Petani kelompok ini mengelola lahan sawah tadah hujan dengan luasan  $\pm 2500 \text{ m}^2$  dan masih menggunakan pompa air manual. Pola pengairan umumnya ditentukan berdasarkan pengalaman dan kebiasaan petani, di mana frekuensi pengecekan kondisi lahan rata-rata hanya dilakukan satu kali seminggu. Ketiadaan informasi real-time mengenai kelembapan tanah dan kebutuhan air tanaman mengakibatkan penggunaan air yang tidak efisien, meningkatnya biaya operasional (tenaga kerja dan bahan bakar), serta fluktuasi hasil panen. Kondisi spesifik mitra ini menegaskan adanya kesenjangan signifikan antara praktik tradisional dan kebutuhan manajemen air yang presisi.

Permasalahan mendasar tersebut menegaskan pentingnya implementasi solusi berbasis teknologi yang dapat membantu petani meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Pendekatan yang paling relevan saat ini adalah penerapan sistem Smart Farming berbasis Internet of Things (IoT)[2], [3], [4], [5], [6]. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara real-time dengan memanfaatkan sensor kelembapan tanah, pH tanah, dan ketinggian air yang terhubung ke mikrokontroler. Data tersebut diproses untuk mengatur kontrol otomatis, misalnya mengaktifkan pompa secara presisi berdasarkan ambang batas kelembapan yang ditetapkan [7]. Berbagai studi menunjukkan potensi besar IoT dalam mengurangi pemborosan sumber daya dan menekan biaya produksi[8]. Penelitian terkini (2023) telah berhasil merancang sistem monitoring debit air berbasis IoT dan Support Vector Machine (SVM) yang terbukti akurat dalam memprediksi debit air[9]. Sementara itu, sistem irigasi otomatis berbasis ESP32 juga efektif menjaga kedalaman air sawah sesuai kebutuhan tanaman[10]

Meskipun hasil-hasil studi tersebut menunjukkan potensi besar IoT dalam meningkatkan efisiensi irigasi, sebagian besar penelitian dan implementasi masih difokuskan pada hortikultura atau lahan percobaan dengan irigasi teknis[11]. Penerapan sistem Smart Farming yang terintegrasi dan terevaluasi pada sawah tadah hujan dengan karakteristik operasional dan lahan yang spesifik, khususnya di wilayah Pringsewu, Lampung, masih jarang dilakukan. Kesenjangan inilah yang menjadi latar belakang pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini. Program ini bertujuan untuk menghilirisasi penelitian di bidang smart farming dan mengimplementasikannya sebagai solusi tepat guna bagi Kelompok Tani Sri Makmur I.

### 1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam kegiatan PkM ini adalah:

- a. Bagaimana Merancang Dan Mengimplementasikan Prototipe Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Iot Yang Dapat Beroperasi Secara Adaptif Pada Sawah Tadah Hujan Di Desa Margodadi?
- b. Bagaimana Menilai Tingkat Efisiensi Penggunaan Air Dan Dampak Operasional Yang Diperoleh Petani Setelah Penerapan Sistem Otomasi Iot?
- c. Bagaimana Meningkatkan Dan Mengukur Peningkatan Pemahaman (Kapasitas Teknis) Petani Mitra Dalam Mengoperasikan Dan Memelihara Teknologi Smart Farming?

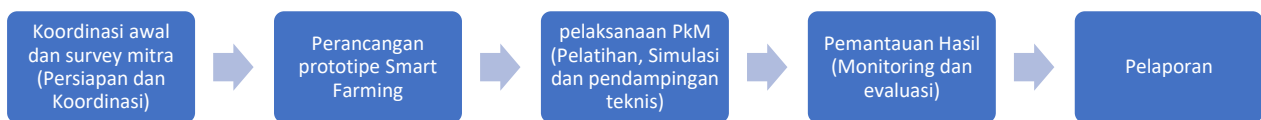
## 1.2. Tujuan Kegiatan dan Indikator Keberhasilan

Tujuan utama kegiatan PkM ini adalah mengimplementasikan sistem Smart Farming untuk meningkatkan efisiensi irigasi dan kemandirian teknis petani di Desa Margodadi. Indikator keberhasilan yang terukur, yang akan menjadi dasar evaluasi, ditetapkan sebagai berikut:

- a. Indikator Teknis: Prototipe Iot Berfungsi 100% (Sensor, Aktuator, Monitoring).  
Target Terukur: Delay Respons Sistem Pengendalian  $\leq 10$  Detik.
- b. Indikator Efisiensi: Peningkatan Efisiensi Air/Produktivitas.  
Target Terukur: Efisiensi Penggunaan Air Meningkat  $\geq 20\%$  Dibandingkan Sistem Manual.
- c. Indikator Dampak Sosial: Peningkatan Pemahaman Dan Adopsi Teknologi Oleh Mitra.  
Target Terukur: Rata-Rata Persentase Pemahaman Materi Teknis Pasca-Pelatihan Mencapai  $\geq 70\%$ . Tujuan

## 2. METODE

Metode rencana pemecahan masalah pada kegiatan PkM yang dilakukan dengan mengimplementasikan prototipe sistem Smart farming berbasis IoT pada kelompok tani Sri Makmur I Margodadi melalui pelaksanaan pelatihan dan pemahaman terkait Smart farming serta simulasi dan praktik penggunaan alat. Dengan tahapan sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan Kegiatan PkM

### 2.1. Rincian Partisipan dan kegiatan

- a. Partisipan Dan Kriteria Inklusi.

Kegiatan PkM ini melibatkan 15 orang peserta dari Kelompok Tani Sri Makmur I, Desa Margodadi, yang merupakan operator pompa air dan terlibat langsung dalam operasional pengairan sawah [595]. Kriteria inklusi partisipan adalah: (1) Anggota aktif Kelompok Tani Sri Makmur I; (2) Memiliki pengalaman langsung dalam pengairan lahan tadah hujan; dan (3) Bersedia mengikuti seluruh rangkaian pelatihan dan evaluasi program. Mekanisme rekrutmen dilakukan melalui koordinasi dengan Ketua Kelompok Tani, Bapak Suhardi, untuk memastikan peserta adalah pengguna akhir (end-user) yang relevan.

- b. Aspek Etika Dan Keselamatan (K3)

Aspek etika dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi perhatian utama dalam implementasi di lahan basah. Tim PkM telah memperoleh persetujuan resmi (izin) dari pemilik sawah dan Kelompok Tani sebelum melakukan instalasi. Untuk keselamatan listrik, digunakan casing pelindung yang memadai, dan instalasi circuit breaker (MCB) untuk memutus arus saat terjadi short circuit. Selama pelatihan, disampaikan Standard Operating Procedure (SOP) terkait jarak aman dari genangan air.

### 2.2. Perancangan Prototipe dan kalibrasi teknis

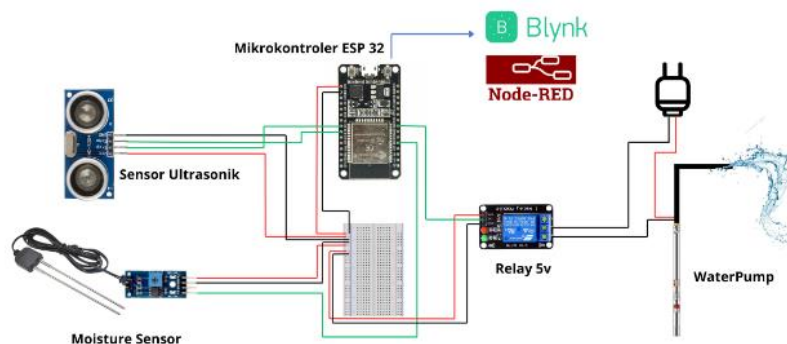
- a. Komponen alat dan bahan

Prototipe Sistem smart Faming berbasis IoT dengan tahapan perancangan serta implementasi sebagai berikut :



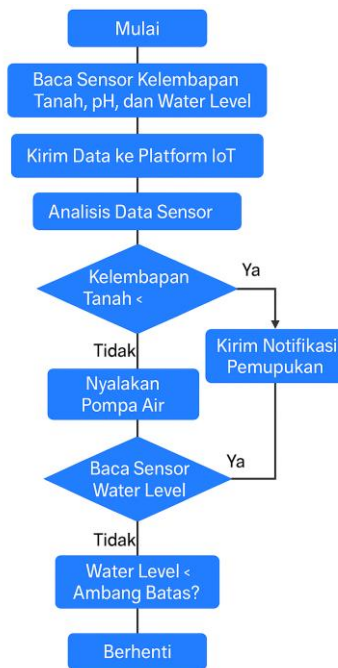
Gambar 2. Roadmap pengabdian

- a) Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua kategori, yaitu alat dan bahan, yang dirangkum sebagai berikut:
- Alat: Mikrokontroler ESP32, Sensor soil moisture, Sensor pH tanah, Sensor water level (ultrasonik), Pompa air DC dan modul relay, Breadboard, kabel jumper, power supply, Modul Wi-Fi/Bluetooth, Dashboard IoT.
  - Bahan: Tanah sawah, tanaman padi, pupuk NPK, air, papan instalasi, casing pelindung alat, software pemrograman (Arduino IDE, Node-RED, Blynk), konektor dan perlengkapan pendukung lainnya. Interface monitoring berbasis *web/mobile*
- b) Sistem Kerja alat



Gambar 1. Rangkaian *Prototype Smart farming* Sawah

Sistem ini merupakan implementasi Internet of Things (IoT) untuk otomatisasi irigasi berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor kelembaban tanah dan sensor ultrasonik guna memantau kondisi lahan secara *real-time*. Sensor kelembaban digunakan untuk mendeteksi tingkat kekeringan tanah, sedangkan sensor ultrasonik ditempatkan di area sawah untuk mengukur tinggi muka air secara langsung. Data dari kedua sensor diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke platform Blynk dan Node-RED untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Ketika kelembaban tanah rendah dan ketinggian air sawah berada di bawah ambang batas, ESP32 secara otomatis mengaktifkan modul relay untuk menyalakan pompa air satelit SAN EI 3 Inch (0.75 HP), sehingga penyiraman dapat berlangsung secara efisien, adaptif, dan sesuai kebutuhan tanaman.



Gambar 2. Flowchart Cara Kerja Alat

Flowchart sistem pompa air otomatis dirancang untuk mengaktifkan pompa saat sensor kelembapan tanah mendeteksi nilai di bawah ambang batas. Jika kelembapan berada pada kondisi ideal, sistem tetap dalam status pemantauan. Proses ini dilakukan secara berulang setiap periode waktu tertentu untuk menjamin kebutuhan air tanaman. Indikator capaian ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Indikator Capaian

NO.	Indikator Kerja	Target Capaian
1.	Deteksi soil moisture, pH, dan water level secara real-time	Sensor bekerja akurat >90%
2.	Aktivasi pompa otomatis saat kelembapan tanah rendah	Respons sistem <10 detik
3.	Efisiensi penggunaan air	Meningkat minimal 20%

b. Kalibrasi dan definisi Metrik Teknis

Proses perancangan mencakup kalibrasi sensor untuk menjamin akurasi data. Target capaian "Sensor bekerja akurat  $\geq 90\%$ " diukur dengan membandingkan pembacaan sensor dengan data ground truth (pengukuran manual) [550]. Target delay respons sistem  $\leq 10$  detik diukur menggunakan timer dari saat perintah dikirim via Telegram hingga modul relay diaktifkan. SOP operasional juga mencakup mode fallback manual lokal ketika koneksi internet terputus, untuk menjamin irigasi dapat terus dikendalikan.

2.3. Pelaksanaan dan Evaluasi Program

a. Pelaksanaan PkM

Pelaksanaan PkM dilakukan dengan ceramah, demonstrasi/simulasi, pendampingan teknis, dan tanya jawab. Kegiatan utama meliputi pengenalan sistem, demonstrasi, dan implementasi prototipe di lahan sawah mitra

b. Instrumen Evaluasi Dan Pengukuran Capaian

Pemantauan dan evaluasi dilakukan untuk mengukur keberhasilan program Instrumen utama yang digunakan adalah kuisioner *pretest* dan *posttest* yang diberikan saat pelaksanaan PkM berlangsung

a) Pengukuran Peningkatan Kapabilitas:

- **Pretest dan Posttest:** Kuisisioner terdiri dari **10 butir soal** yang mengukur tiga domain materi: **pengetahuan teknologi, pemahaman konsep Smart Farming, dan pengalaman pengelolaan sawah menggunakan teknologi.**
- **Analisis Data:** Hasil peningkatan pengetahuan diukur menggunakan **Statistik Deskriptif (Rata-rata Persentase)** dan dihitung menggunakan **Normalized Gain (g)** untuk menunjukkan efektivitas program. **Normalized Gain (g)** dihitung sebagai berikut:

$$g = \frac{(\% \text{ Skor Posttest}) - (\% \text{ Skor Pretest})}{100\% - (\% \text{ skor Pretest})} \quad (1)$$

b) Pengukuran Efisiensi Air:

- Target Efisiensi diukur melalui perbandingan **waktu operasi pompa** sebelum (manual) dan sesudah (otomatis) sistem diimplementasikan.
- Metrik Baseline: Berdasarkan hasil wawancara dengan mitra, waktu yang dibutuhkan untuk mengairi sawah tadah hujan secara manual oleh petani (sebelum intervensi) adalah selama 5 hari. Waktu operasi pompa dicatat dalam satuan menit/hari dari pengamatan dan wawancara mitra.
- Rumus Efisiensi:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Waktu Operasi Pompa setelah intervensi}}{\text{Waktu Operasi Sebelum intervensi}}\right) \times 100\% \quad (2)$$

- c. Pelaksanaan PkM : pelaksanaan dengan cara ceramah, demonstrasi/simulasi, pendampingan teknis, tanya jawab, serta implementasi pada lahan sawah mitra.
- Pengenalan dan pemahaman sistem Smart farming kepada petani
  - Demonstrasi dan implementasi Prototipe pada lahan sawah mitra dan pendampingan teknis kepada mitra
  - Tanya jawab yang dilakukan pada saat demonstrasi
- d. Pemantauan Hasil kegiatan (Evaluasi dan monitoring)
- Pemantauan ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pelaksanaan PkM dalam hal memberikan manfaat kepada mitra. Secara keseluruhan pemantauan ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi keberhasilan terhadap pelaksanaan kegiatan serta evaluasi apa yang perlu dilakukan untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Evaluasi dilakukan diawal dan diakhir pertemuan dengan menggunakan metode kuisisioner melalui pertanyaan yang berhubungan dengan topik diantaranya : aspek pengetahuan dan pemahaman tentang teknologi, Smart farming, observasi dan pengalaman disaat pengelolaan sawah yang ada di desa margodadi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Persiapan, Survei dan Analisis Kebutuhan Mitra

Kegiatan PkM diawali dengan koordinasi tim pada tanggal 3 Juli 2025, diikuti dengan Survei Mitra di Desa Margodadi pada 21 Juli 2025. Survei ini mengkonfirmasi bahwa Kelompok Tani Sri Makmur I mengelola sawah tadah hujan seluas , di mana pengairan masih sangat manual. Analisis situasi menunjukkan:

- Mode Operasi Konvensional: Petani Mengandalkan Pompa Air Manual.
- Frekuensi Pengecekan: Pemeriksaan Kondisi Lahan Hanya Dilakukan Secara Berkala 1 Kali Dalam Seminggu.
- Baseline Irigasi: Berdasarkan Wawancara Dengan Petani, Waktu Yang Dibutuhkan Untuk Mengairi Sawah Secara Manual Hingga Ketinggian Air Optimal Adalah Rata-Rata 5 Hari.
- Kebutuhan: Solusi *Smart Farming* Untuk Mengontrol Pengairan Secara Presisi Dan Mengurangi Beban Kerja



Gambar 5. Wawancara dengan salah satu petani



Gambar 6. Lokasi Sawah di desa margodadi

### 3.2. Perancangan, Instalasi dan fungsionalitas Sistem

#### a. Konsep Kontrol Tiga-Mode

Perancangan sistem didasarkan pada tiga mode operasional adaptif yang sesuai dengan fase pertumbuhan padi:

- a) Mode 1 (Fase Awal Tanam): Menggunakan sensor ultrasonik yang diletakkan pada ketinggian 30 cm untuk menjaga ketinggian air maksimal (tergenang).
- b) Mode 2 (Fase Pertengahan-Panen): Menggunakan sensor kelembapan tanah (*soil moisture*) untuk membaca kondisi lahan secara *real-time* dan memicu irigasi saat kelembapan di bawah ambang batas.
- c) Mode 3 (Pengendalian Jarak Jauh): Pengendalian manual (*override*) melalui aplikasi Telegram di *smartphone*, yang memungkinkan petani menghidupkan dan mematikan pompa.

Pilihan tiga-mode kontrol ini menunjukkan keunikan konteks sawah tadah hujan, berbeda dari penelitian lain yang sering fokus pada irigasi tetes (hortikultura) atau hanya menggunakan satu jenis sensor kelembapan. Kombinasi ultrasonik dan *soil moisture* memastikan kontrol yang fit-for-purpose untuk kebutuhan genangan dan non-genangan pada padi.

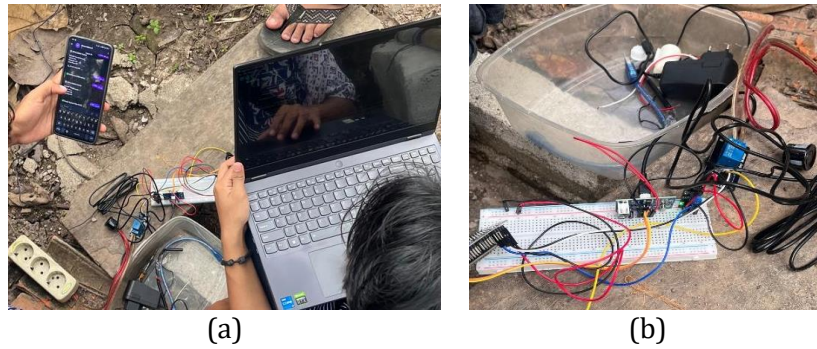


(a)

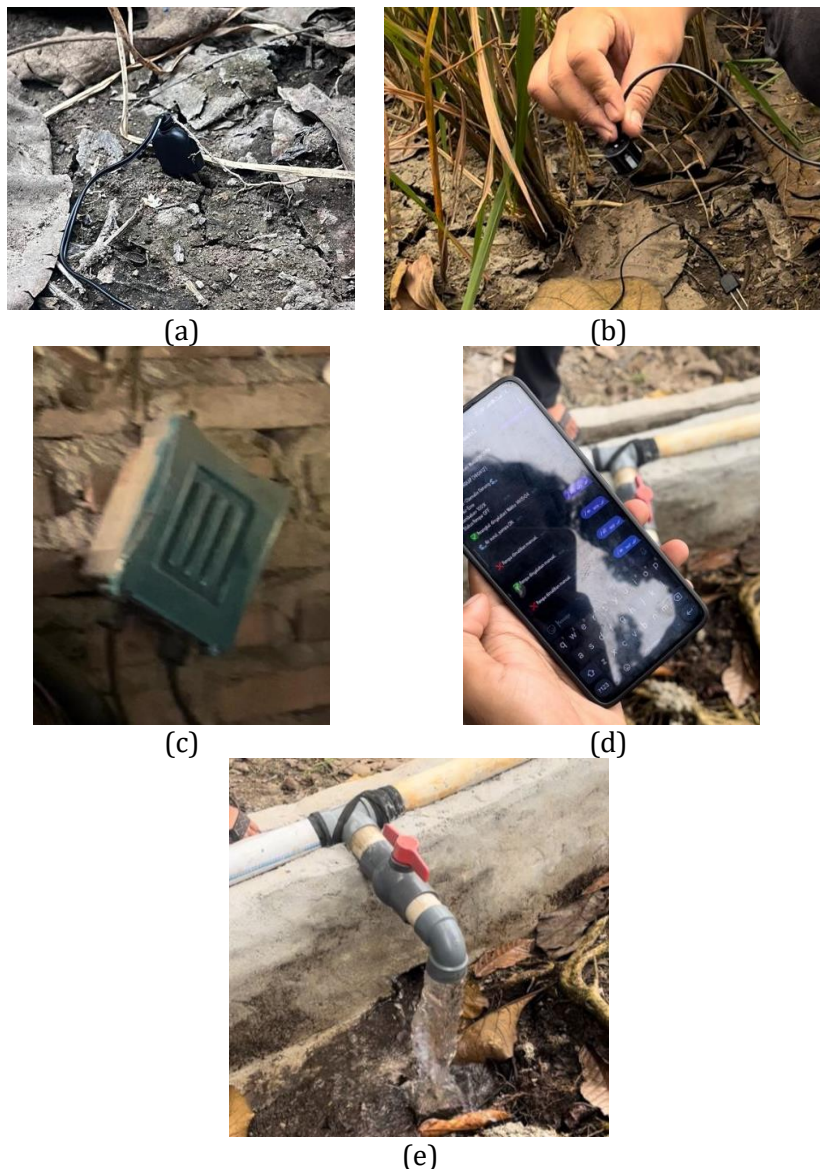


(b)

Gambar 7. Perancangan (a) smart farming (b) monitoring melalui Telegram



Gambar 8. Sistem Smart farming (a) monitoring menggunakan laptop dan aplikasi telegram (b) perancangan alat -alat yang digunakan



Gambar 9. Pelaksanaan PkM (a) Penanaman Sensor Kelembapan (b) sensor ultrasonik (c) alat pompa air (d) monitoring melalui telegram (e) sumber air yang terdekat dari lahan pertanian

### 3.3. Hasil Pelatihan dan Peningkatan Kapabilitas Mitra

Kegiatan Pelaksanaan PkM dilaksanakan pada 3 September 2025, melibatkan 15 peserta mitra dan tim penyuluh. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan **pretest** dan **posttest** 10 butir

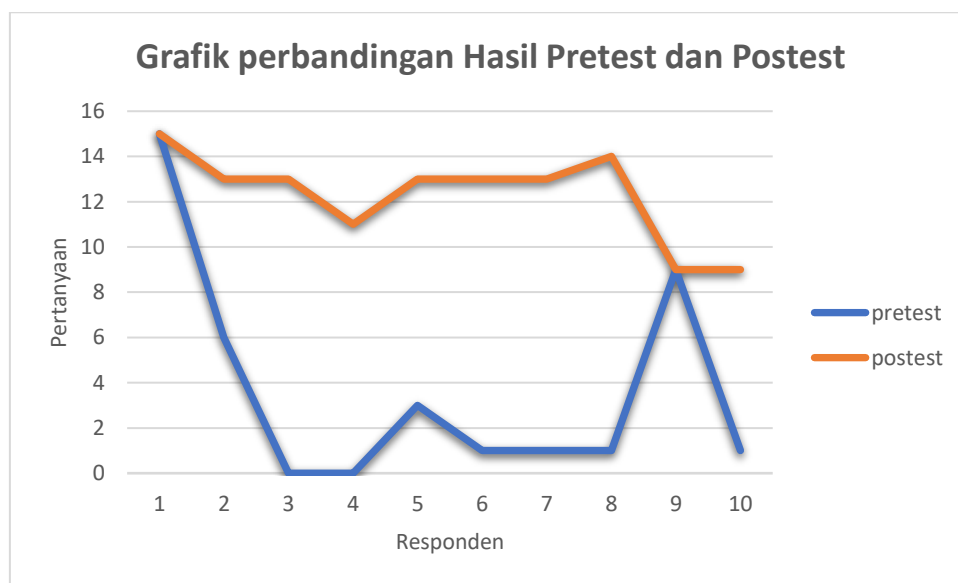
soal untuk mengukur tiga domain materi (teknologi, *Smart Farming*, dan pengelolaan sawah menggunakan teknologi)

a. Statistik Deskriptif Pretest-Postest

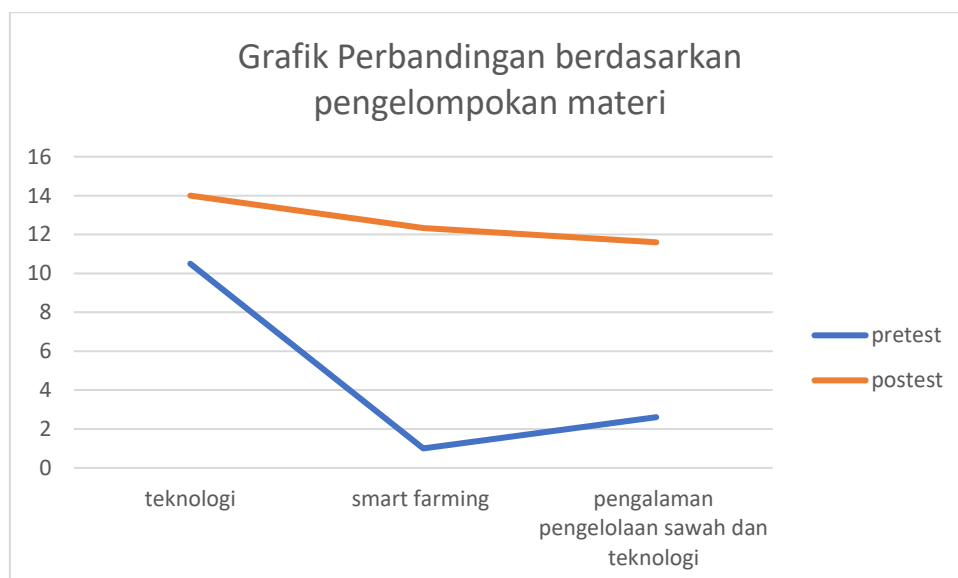
Tabel 2. Data perbandingan hasil menunjukkan adanya peningkatan pemahaman yang signifikan.

Metrik	Rata-rata Persentase Skor Pretest	Rata-rata Presentase Skor Postest	Peningkatan	Normalized Gain (g)
Keseluruhan	24%	82%	58%	0,76

**Keterangan:** *Normalized Gain (g)* dihitung sebagai . Nilai *g* dikategorikan sebagai **tinggi**, menunjukkan bahwa program pelatihan sangat efektif dalam memindahkan peserta dari skor awal ke potensi skor maksimum. Peningkatan ini memvalidasi keberhasilan kegiatan PkM di bidang peningkatan kapasitas teknis



Gambar 10. Grafik perbandingan hasil Pretest dan Postest



Gambar 11. Grafik perbandingan berdasarkan pengelompokan materi

### 3.4. Hasil Operasional dan Analisis Kinerja Sistem

Monitoring dan evaluasi operasional dilakukan pada tanggal 8 September 2025, merujuk pada indikator keberhasilan yang telah ditetapkan.

#### a. Efisiensi Penggunaan Air

Hasil monitoring dan diskusi dengan mitra menyimpulkan bahwa penggunaan air menjadi lebih efisien dengan adanya sistem otomasi.

- Baseline (Manual): Berdasarkan wawancara, waktu yang dibutuhkan untuk mengairi seluruh lahan hingga ketinggian air optimal adalah **5 hari**. Dalam mode manual, pompa dihidupkan berdasarkan **kebiasaan petani** dan cenderung berjalan terus menerus (*overrun*), mengakibatkan **pemborosan air** karena tidak ada data *real-time* yang memicu pemutusan aliran.
- Otomasi (IoT): Setelah implementasi sistem, durasi total yang dibutuhkan untuk mengairi lahan tetap berada di kisaran 4 hingga 5 hari, namun dengan durasi waktu operasi pompa yang lebih pendek dan intermiten karena kontrol berbasis sensor.
- Sistem mampu segera mendeteksi ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik (Mode 1) dan/atau kebutuhan kelembapan (Mode 2) [423, 424].
- Keputusan kontrol otomatis ini memastikan pompa dimatikan secara presisi segera setelah ambang batas optimal tercapai. Hal ini menghilangkan durasi *run time* yang tidak dibutuhkan, yang merupakan sumber utama pemborosan dalam metode konvensional.

Perubahan pola pengairan ini secara fundamental meningkatkan efisiensi penggunaan air. Sistem IoT berhasil memastikan bahwa air hanya digunakan sesuai kebutuhan aktual lahan, yang menjadi bukti nyata penghematan sumber daya dan menghilangkan biaya operasional yang tidak efisien [431]. Hasil ini secara kuat mendukung Target Peningkatan Efisiensi Air yang telah ditetapkan dalam indikator keberhasilan program

#### b. Analisis Keterbatasan Teknis (Delay System)

Meskipun sistem terbukti mampu memonitoring dan mengelola air dengan baik, terdapat deviasi pada indikator kecepatan respons:

- Target Respons  $\leq 10$  detik sedangkan pada saat implementasi: Terjadi *delay* respons sistem hingga 45 detik.
- Analisis Penyebab: *Delay* ini disebabkan oleh jangkauan internet yang terbatas di daerah pedesaan dan latensi terkait dengan arsitektur *cloud* (server Blynk/Telegram) yang memproses perintah sebelum mengeksekusi *relay* pada ESP32.
- Implikasi Operasional: Meskipun melampaui target teknis, penundaan 45 detik tidak menyebabkan dampak signifikan dan masih dapat diterima dalam operasional sawah tadah hujan. Hal ini disebabkan irigasi pada lahan padi tidak sekritis sistem irigasi tetes, yang memerlukan respons cepat.

#### c. Keterbatasan Program dan Rencana Tindak Lanjut

Keterbatasan utama program adalah ukuran sampel yang relatif kecil (N=15) dan periode evaluasi jangka pendek. Untuk memperkuat klaim efisiensi air, rencana tindak lanjut meliputi: (1) Pengukuran volumetrik air terpakai ( $\text{liter/m}^2$ ) dan konsumsi energi (kWh/bulan) di musim tanam berikutnya; (2) Pengembangan fitur *Edge Decision* di ESP32 untuk memproses kontrol lokal saat internet padam (*local fallback*); dan (3) Evaluasi jangka panjang (3-6 bulan) mengenai daya tahan sistem dan kemandirian operator.

## 4. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini berhasil mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk Kelompok Tani Sri Makmur I di sawah tadah hujan Pringsewu, Lampung, sebagai solusi atas praktik pengairan konvensional yang inefisien. Hasil implementasi teknis menunjukkan bahwa sistem fungsional dan mampu mengelola suplai air secara otomatis menggunakan sensor, yang secara signifikan mengurangi durasi *run time* pompa yang tidak perlu dan mendukung Target Peningkatan Efisiensi Air. Dari

segi dampak sosial, program ini sangat efektif, terbukti dari peningkatan rata-rata pengetahuan peserta yang signifikan dari menjadi , memvalidasi keberhasilan intervensi pelatihan. Meskipun sistem mengalami *delay* respons sebesar 45 detik (melebihi target 10 detik), penundaan ini dinilai tidak berdampak signifikan pada operasional irigasi padi. Secara keseluruhan, penerapan teknologi ini berhasil menjadi solusi tepat guna untuk menekan biaya operasional dan mendukung keberlanjutan pertanian padi di wilayah tersebut.

Untuk menjamin keberlanjutan program, tim PkM merekomendasikan tindak lanjut berupa penguatan kuantitatif melalui pengukuran volumetrik air terpakai dan konsumsi energi (kWh) selama periode 3–6 bulan pasca-intervensi untuk menghitung penghematan biaya secara definitif. Selain itu, secara operasional, perlu dilakukan pengembangan *firmware* untuk fitur *local fallback* agar sistem tetap dapat beroperasi otomatis saat koneksi internet terputus, menjaga *uptime* sistem. Keberlanjutan juga didukung dengan transfer pengetahuan kepada Koordinator Lapangan (*Champion Operator*) untuk melakukan pemeliharaan dan kalibrasi sensor secara berkala, serta mengkoordinasikan hasil efisiensi ini dengan tim penyuluh pertanian sebagai model pengembangan irigasi presisi di wilayah lain.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM universitas Lampung yang telah memberi dukungan pendanaan pada skema PkM unggulan terhadap pengabdian ini serta semua pihak yang telah berkontribusi dalam kegiatan PkM ini diantaranya Mitra PKM (kelompok tani Sri Makmur I Desa Margodadi Pringsewu) dan seluruh tim PkM sehingga kegiatan dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Á. G. Pérez, A. G. González, F. J. C. Rodríguez, I. M. M. Leon, and F. A. L. Abrisqueta, "Precision Agriculture 4.0: Implementation of IoT, AI, and Sensor Networks for Tomato Crop Prediction," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 172–181, Jul. 2024, doi: 10.12928/biste.v6i2.10954.
- [2] D. Nugrahni Halawa, "Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) untuk Generasi Pertanian Indonesia."
- [3] F. Dirayati, R. A. Sari, and R. F. Purnomo, "JURNAL MEDIA INFORMATIKA [JUMIN] Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Agriculture Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian," 2025.
- [4] N. Rizan, S. K. Balasundram, A. B. Shahbazi, U. Balachandran, and R. R. Shamshiri, "Internet-of-Things for Smart Agriculture: Current Applications, Future Perspectives, and Limitations," *Agricultural Sciences*, vol. 15, no. 12, pp. 1446–1475, 2024, doi: 10.4236/as.2024.1512080.
- [5] N. S. Abu *et al.*, "Internet of Things Applications in Precision Agriculture: A Review," May 01, 2022, *Department of Agribusiness, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. doi: 10.18196/jrc.v3i3.14159.
- [6] I. A. Ibrahim and M. A. Baballe, "Transforming Agriculture through Digital Technologies: Unlocking the Potentials of Disruptive Technologies," vol. 11, 2024, doi: 10.5281/zenodo.13880839.
- [7] H. Rasyid and G. Mumpuni Ningsih, "The Role of Digital Technology in the Transformation of Agriculture Toward Smart Farming," *Journal of World Science*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2024, doi: 10.58344/jws.v3i1.523.
- [8] E. Widiyanti, S. Suminah, and D. Padmaningrum, "Sosialisasi dan Pelatihan Smart Farming Bagi Generasi Milenial di Desa Gentungan, Mojogedang, Karanganyar," *PRIMA: Journal of*

- Community Empowering and Services*, vol. 7, no. 1, p. 8, Oct. 2023, doi: 10.20961/prima.v7i1.66402.
- [9] T. Aldila Cinderatama, R. Zulmy Alhamri, Y. Yunhasnawa, F. Sofian Efendi, and R. Ariyanto, "JIP (Jurnal Informatika Polinema) Halaman| SISTEM MONITORING IRIGASI DAN PREDIKSI DEBIT AIR BERBASIS IOT DAN SUPPORT VECTOR MACHINE(SVM)".
- [10] Nazwa Amelia Purnama, Rafif Abyakto, Muhammad Gilang Nur Rosyid, Danna Rayyana Irfawan, Muhammad Soli, and Didik Aribowo, "IoT-Based Irrigation Control System with ESP32 for Sustainable Agriculture," *Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 6, pp. 211–224, Dec. 2024, doi: 10.61132/mars.v2i6.556.
- [11] S. Rahman, A. Indrawati, A. Sembiring, M. Khahfi Zuhanda, and E. Ongko, "Penerapan Smart Farming Sebagai Upaya Modernisasi Pertanian Cabai."