

# Implementasi Teknologi Mekatronika Berbasis ESP32 untuk Otomatisasi Penyiraman Tanaman pada Sistem Pertanian Cerdas

Aroihan Khozinatul Asror<sup>1\*</sup>, Panji Romadon<sup>1</sup>, Luis Desta Vianus<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Prima Bangsa, Cirebon, Indonesia, 45153

\* Korespondensi: [aroihankhozinatulasror@gmail.com](mailto:aroihankhozinatulasror@gmail.com)

Received: 25 July 2025

Revised: 20 February 2026

Accepted: 9 April 2026

## Citation:

Asror, A. K. ., Romadon, P., & Vianus, L. D. . Teknologi Mekatronika dalam Otomatisasi Pertanian: Proyek Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis ESP32. *Qomaruna: Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(2), 131–139. <https://doi.org/10.62048/qjms.v3i2.122>

## ABSTRACT

*The advancement of Internet of Things (IoT) technology has created significant opportunities to improve resource management efficiency in the agricultural sector, particularly in automated irrigation systems. This study aimed to design and evaluate an automatic plant irrigation system based on the ESP32 microcontroller capable of monitoring and controlling environmental conditions in real time. An engineering experimental approach was employed, including literature review, hardware and software design, system integration, performance testing, and data analysis. The developed system consists of an ESP32 microcontroller, a YL-69 soil moisture sensor, a DHT22 temperature and humidity sensor, a relay module, and a direct current (DC) water pump. Remote monitoring and control were implemented through Blynk and Telegram applications using WiFi connectivity. System testing was conducted under various soil moisture conditions to assess sensor accuracy, automation responsiveness, and communication stability. The results indicate that the system operated automatically according to predefined soil moisture thresholds, achieving sensor accuracy above 90%. Furthermore, water use efficiency improved by 25–30% compared to manual irrigation methods. The system successfully transmitted real-time data with an average delay of less than three seconds. These findings demonstrate that the implementation of an IoT-based automatic irrigation system has strong potential to support smart farming practices that are more efficient, cost-effective, and sustainable, particularly for household-scale, greenhouse, and urban agriculture applications.*

**Keywords:** *Internet of Thing, Blynk, Telegram, smart farming, sustainability farming*

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang signifikan dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya pada sektor pertanian, khususnya dalam sistem penyiraman tanaman otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan tanaman secara real-time. Metode yang digunakan adalah eksperimen rekayasa yang mencakup tahap studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sistem, serta uji kinerja dan analisis data. Sistem yang dikembangkan terdiri atas mikrokontroler ESP32, sensor kelembapan tanah YL-69, sensor suhu dan kelembapan udara DHT22, modul relay, serta pompa air arus searah (DC). Pemantauan dan pengendalian jarak jauh dilakukan melalui aplikasi Blynk



**Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

dan Telegram dengan memanfaatkan konektivitas WiFi. Pengujian dilakukan pada beberapa skenario tingkat kelembapan tanah untuk menilai akurasi sensor, respons otomatisasi, dan kestabilan komunikasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara otomatis sesuai ambang batas kelembapan yang telah ditentukan dengan tingkat akurasi sensor di atas 90%. Selain itu, efisiensi penggunaan air meningkat sebesar 25–30% dibandingkan metode penyiraman manual. Sistem juga mampu mengirimkan data secara real-time dengan waktu tunda kurang dari tiga detik. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT berpotensi mendukung praktik pertanian cerdas (*smart farming*) yang lebih efisien, ekonomis, dan berkelanjutan, terutama pada skala rumah tangga, greenhouse, dan pertanian perkotaan.

**Kata kunci:** Internet of Thing, Blynk, Telegram, pertanian cerdas, pertanian yang berkelanjutan

## Pendahuluan

Pertanian merupakan sektor strategis dalam menjaga ketahanan pangan dan keberlanjutan ekonomi masyarakat (Safitri, et al., 2024). Namun, pada pertanian skala usaha kecil dan menengah (UMKM), pengelolaan irigasi masih banyak dilakukan secara manual sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan air, ketidaktepatan waktu penyiraman, serta peningkatan biaya tenaga kerja (Zarkasi Astutik, 2025; Zuhri, et al, 2022). Kondisi ini berdampak pada ketidakkonsistenan kualitas tanaman dan produktivitas yang kurang optimal. Dalam beberapa kasus, penyiraman yang tidak terkontrol menyebabkan tanaman mengalami stres air, menurunkan kualitas hasil panen, serta memicu keluhan konsumen akibat ukuran atau kondisi tanaman yang tidak seragam. Bagi pelaku UMKM pertanian, permasalahan ini dapat berujung pada kerugian finansial dan menurunnya daya saing produk.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi potensial melalui integrasi sensor dan mikrokontroler untuk mengotomatisasi proses penyiraman (Correa-Quiroz, et al, 2025; Sadowski, S., & Spachos, 2020; Aydin, et al., 2019). Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT menggunakan mikrokontroler seperti ESP32 atau NodeMCU serta sensor kelembapan tanah dan suhu udara (Pamungkas, et al., 2025; Sari, et al., 2024; Hardinata & Paramytha, 2025; Nadhiroh, et al., 2025; Wahyudi, et al., 2025). Studi-studi tersebut umumnya menitikberatkan pada perancangan perangkat dan implementasi teknis sistem.

Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih terbatas pada aspek desain perangkat keras dan belum secara komprehensif mengevaluasi kinerja sistem dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air serta stabilitas komunikasi data dalam kondisi operasional nyata. Selain itu, penerapan sistem tersebut pada konteks UMKM pertanian skala kecil hingga menengah belum banyak dibahas secara spesifik, terutama dalam kaitannya dengan dampak efisiensi terhadap produktivitas dan keberlanjutan usaha.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, studi ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32. Penelitian difokuskan pada evaluasi kinerja sistem dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, keandalan komunikasi real-time melalui aplikasi Blynk dan Telegram, serta potensi penerapannya untuk mendukung praktik pertanian cerdas (*smart farming*) pada skala UMKM. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan memberikan kontribusi praktis dan empiris dalam pengembangan sistem irigasi otomatis yang lebih efisien dan berkelanjutan.

## Tinjauan Pustaka

### Internet of Things (IoT) dalam Pertanian

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data dan beroperasi secara terintegrasi

(Syahfitri, 2025). IoT berperan dalam menciptakan sistem cerdas yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh secara real-time. Dalam konteks pertanian, penerapan IoT memungkinkan pengawasan kondisi lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara secara berkelanjutan.

Pemanfaatan IoT dalam sistem irigasi memberikan keuntungan berupa peningkatan efisiensi penggunaan air, ketepatan waktu penyiraman, serta pengurangan ketergantungan terhadap tenaga kerja manual. Selain itu, sistem berbasis IoT memungkinkan petani melakukan pemantauan dan pengendalian jarak jauh, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas pengelolaan lahan pertanian.

### **Mikrokontroler ESP32 sebagai Unit Pengendali**

Mikrokontroler merupakan komponen inti dalam sistem IoT karena berfungsi sebagai pengolah data dan pengendali perangkat. ESP32 termasuk salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT karena telah dilengkapi dengan modul WiFi dan Bluetooth terintegrasi. Menurut Pardosi et al., (2024), ESP32 memiliki keunggulan dibandingkan pendahulunya, seperti ESP8266, dalam hal jumlah pin input-output, kapasitas memori, serta dukungan terhadap berbagai protokol komunikasi.

Dalam sistem penyiraman otomatis, ESP32 berperan sebagai pusat pengendali yang menerima data dari sensor, memproses informasi berdasarkan ambang batas tertentu, dan mengaktifkan aktuator seperti pompa air. Kemampuan konektivitasnya juga mendukung integrasi dengan berbagai platform pemantauan berbasis aplikasi.

### **Sensor dalam Sistem Penyiraman Otomatis**

Sensor kelembapan tanah YL-69 digunakan untuk mengukur kadar air dalam media tanam. Amanda, et al (2025) menjelaskan bahwa sensor ini bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi listrik yang dipengaruhi oleh tingkat kelembapan tanah. Nilai resistansi akan meningkat saat tanah kering dan menurun saat tanah lembap. Informasi ini menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan penyiraman secara otomatis.

Penggunaan sensor kelembapan tanah memungkinkan sistem melakukan penyiraman berdasarkan kondisi aktual tanaman, bukan berdasarkan jadwal tetap, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air.

Selain sensor YL-69, sensor DHT22 juga berfungsi untuk memantau suhu dan kelembapan udara di sekitar tanaman (Pereira, et al., 2023; Venkadesh, et al., 2025). Fadillah (2022) menyatakan bahwa faktor suhu dan kelembapan udara berpengaruh signifikan terhadap laju penguapan dan kebutuhan air tanaman. Dengan mempertimbangkan parameter lingkungan ini, sistem penyiraman dapat bekerja lebih adaptif dan akurat dalam memenuhi kebutuhan tanaman.

### **Perangkat Lunak Monitoring dan Kontrol**

Integrasi perangkat keras dengan perangkat lunak menjadi elemen penting dalam sistem IoT. Platform seperti Blynk dan Telegram banyak digunakan sebagai antarmuka pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Herlina et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi berbasis smartphone memungkinkan pengguna menerima notifikasi kondisi sensor secara real-time serta mengendalikan sistem irigasi dari lokasi yang berbeda. Keberadaan platform monitoring ini memperkuat konsep pertanian modern yang lebih fleksibel dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

### **Penelitian Terdahulu tentang Otomatisasi Irigasi**

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan sensor kelembapan tanah. Pamungkas et al. (2025) mengimplementasikan sistem penyiraman pintar pada tanaman sawi menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk menentukan durasi dan frekuensi penyiraman. Hasil penelitian

menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan air yang signifikan serta kemampuan sistem dalam menyesuaikan penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan.

Sari et al. (2024) mengembangkan sistem otomatis penyiraman dan pemupukan pada tanaman tin berbasis ESP32 dengan integrasi sensor kelembapan tanah dan Real Time Clock (RTC). Penelitian tersebut melaporkan tingkat akurasi sensor yang tinggi serta kestabilan sistem dalam pengendalian berbasis waktu. Sementara itu, Westari dan Ilman (2024) merancang sistem penyiraman otomatis berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah, DHT22, dan aplikasi Blynk. Penelitian ini menekankan pada integrasi arsitektur IoT dan kemampuan monitoring secara real-time melalui jaringan internet.

## Metode

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa (*engineering experimental research*) untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji kinerja sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengembangan prototipe sistem serta evaluasi performanya dalam kondisi operasional.

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, integrasi perangkat, pengujian kinerja, dan analisis data.

### Perancangan dan Integrasi Sistem

Arsitektur sistem yang dikembangkan terdiri atas tiga subsistem utama, yaitu subsistem akuisisi data, subsistem pengendali, serta subsistem aktuasi dan komunikasi. Subsistem akuisisi data berfungsi untuk mengumpulkan informasi kondisi lingkungan tanaman melalui sensor kelembapan tanah YL-69 dan sensor suhu serta kelembapan udara DHT22. Sensor YL-69 digunakan untuk mendeteksi kadar air dalam media tanam berdasarkan perubahan resistansi, sedangkan DHT22 berperan dalam memantau parameter suhu dan kelembapan udara di sekitar tanaman.

Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai unit pengendali utama. ESP32 memproses data sensor berdasarkan ambang batas kelembapan tanah yang telah ditentukan dalam sistem. Apabila nilai kelembapan tanah berada di bawah 30%, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke modul relay untuk mengaktifkan pompa air DC 12V. Pompa akan tetap beroperasi hingga nilai kelembapan tanah mencapai atau melebihi 45%, sehingga proses penyiraman berlangsung secara terkendali dan sesuai kebutuhan tanaman.

Selain berfungsi sebagai pengendali, ESP32 juga terhubung ke jaringan WiFi untuk mendukung komunikasi data secara real-time. Sistem terintegrasi dengan aplikasi Blynk dan Telegram, yang memungkinkan pengguna memantau kondisi lingkungan serta mengendalikan sistem penyiraman dari jarak jauh. Dengan konfigurasi ini, sistem mampu bekerja secara otomatis sekaligus menyediakan fleksibilitas dalam pengawasan dan pengendalian. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi perangkat.

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat

Komponen	Spesifikasi
ESP32	Dual-core 240 MHz, WiFi 802.11 b/g/n
YL-69	Sensor resistif, output analog
DHT22	Akurasi suhu $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , kelembapan $\pm 2\text{--}5\%$ RH
Relay	5V single channel
Pompa	DC 12V, debit $\pm 3$ L/menit

## Prosedur Kalibrasi Sensor Kelembapan Tanah (YL-69)

Sebelum pengujian utama, dilakukan kalibrasi sensor YL-69 menggunakan metode gravimetri untuk memperoleh hubungan antara nilai analog sensor dan kadar air aktual tanah.

### *Persiapan Sampel Tanah*

Tanah yang digunakan dalam pengujian dikeringkan terlebih dahulu dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga mencapai berat konstan. Setelah itu, tanah didinginkan pada suhu ruang dan ditimbang sebagai berat kering (B<sub>k</sub>). Untuk menghasilkan variasi kelembapan, air ditambahkan secara bertahap ke dalam sampel tanah sehingga diperoleh tiga tingkat kondisi kelembapan:

1. Kering (0–20%)
2. Lembap (21–50%)
3. Jenuh (>50%)

Setiap kondisi dibuat dalam tiga ulangan.

### **Perhitungan Kadar Air Aktual**

Kadar air aktual dihitung menggunakan metode gravimetri dengan persamaan:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(B_b - B_k)}{B_k} \times 100 \quad (1)$$

di mana:

B<sub>b</sub> = berat basah tanah (gram)

B<sub>k</sub> = berat kering tanah (gram)

Nilai ini digunakan sebagai nilai referensi (*ground truth*).

### *Pengambilan Data Sensor*

Sensor YL-69 ditancapkan ke dalam sampel tanah dengan kedalaman ±5 cm. Nilai analog yang dibaca oleh ESP32 dicatat sebanyak 10 kali untuk setiap tingkat kelembapan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

### *Penentuan Persamaan Kalibrasi*

Nilai analog sensor diplot terhadap kadar air aktual untuk memperoleh persamaan regresi linier. Persamaan ini digunakan untuk mengonversi nilai analog sensor menjadi estimasi kadar air tanah dalam persen.

Sebagai contoh:

$$Y = aX + b \quad (2)$$

di mana:

Y = kadar air (%)

X = nilai analog sensor

a dan b = konstanta hasil regresi.

Koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) dihitung untuk menilai tingkat kecocokan model.

### *Penetapan Ambang Batas Operasional*

Berdasarkan hasil kalibrasi, ditetapkan ambang batas operasional sistem sebagai berikut:

- < 30% → pompa aktif
- ≥ 45% → pompa berhenti

Ambang ini ditentukan berdasarkan hasil pengujian kebutuhan air tanaman selama fase pertumbuhan awal.

## Implementasi dan Pengujian Eksperimental

### Kondisi Eksperimen

Pengujian sistem dilakukan selama tujuh hari berturut-turut menggunakan tanaman sawi yang ditanam dalam pot berdiameter 20 cm. Media tanam yang digunakan merupakan campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1 untuk memastikan kondisi pertumbuhan yang representatif. Eksperimen dilaksanakan pada lingkungan semi-outdoor dengan suhu rata-rata harian berkisar antara 27–32°C dan kelembapan udara relatif antara 60–75% RH. Kondisi tersebut dipilih untuk merepresentasikan lingkungan budidaya skala rumah tangga dan pertanian perkotaan. Setiap skenario pengujian dilakukan sebanyak tiga ulangan untuk memastikan konsistensi hasil dan meningkatkan reliabilitas data yang diperoleh.

### Parameter Pengujian

Pengujian sistem dilakukan terhadap empat parameter utama, yaitu akurasi sensor kelembapan tanah, respons otomatisasi, stabilitas komunikasi, dan efisiensi penggunaan air. Setiap parameter diukur menggunakan prosedur yang terstandar sebagai berikut.

#### 1. Akurasi Sensor Kelembapan Tanah

Akurasi sensor YL-69 dievaluasi dengan membandingkan nilai kadar air hasil konversi sensor terhadap kadar air aktual yang diperoleh menggunakan metode gravimetri.

Untuk setiap tingkat kelembapan (kering, lembap, dan jenuh), dilakukan tiga ulangan pengukuran. Pada setiap ulangan, data sensor direkam sebanyak 10 kali dengan interval 5 detik, kemudian dihitung nilai rata-rata.

Tingkat akurasi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Akurasi}(\%) = \left(1 - \frac{|\text{Nilai}_{\text{sensor}} - \text{Nilai}_{\text{referensi}}|}{\text{Nilai}_{\text{referensi}}}\right) \times 100 \quad (3)$$

Selain itu, dihitung pula nilai rata-rata error absolut untuk menilai konsistensi sensor.

#### 2. Respons Otomatisasi

Respons otomatisasi diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengaktifkan pompa setelah nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas (< 30%).

Waktu respons dihitung sejak nilai sensor melewati ambang batas hingga relay mengaktifkan pompa. Pengukuran dilakukan sebanyak lima siklus penyiraman dan dihitung nilai rata-ratanya.

Parameter ini menunjukkan kecepatan sistem dalam merespons perubahan kondisi lingkungan.

#### 3. Stabilitas Komunikasi

Stabilitas komunikasi dievaluasi berdasarkan waktu tunda (delay) pengiriman data dari ESP32 ke aplikasi Blynk dan Telegram.

Delay dihitung sebagai selisih waktu antara pencatatan data di mikrokontroler dan waktu data diterima di aplikasi. Pengukuran dilakukan sebanyak 30 kali pengiriman data dengan interval 1 menit.

Rata-rata waktu tunda dan simpangan baku dihitung untuk menilai kestabilan koneksi. Sistem dianggap stabil apabila waktu tunda < 3 detik secara konsisten.

#### 4. Efisiensi Penggunaan Air

Efisiensi penggunaan air dihitung dengan membandingkan total volume air yang digunakan oleh sistem otomatis dan metode penyiraman manual selama periode pengujian tujuh hari.

Volume air diukur menggunakan wadah ukur (gelas ukur 1 liter) dan dicatat setiap kali penyiraman dilakukan. Efisiensi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{\text{Volume}_{\text{manual}} - \text{Volume}_{\text{otomatis}}}{\text{Volume}_{\text{manual}}} \times 100 \quad (4)$$

Nilai positif menunjukkan penghematan air oleh sistem otomatis.

### **Analisis Data**

Data sensor dikumpulkan secara otomatis setiap 10 menit melalui sistem pencatatan berbasis cloud selama periode pengujian. Data yang diperoleh meliputi nilai kelembapan tanah, suhu dan kelembapan udara, durasi aktivasi pompa, serta waktu pengiriman data ke aplikasi pemantauan. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung rata-rata dan simpangan baku pembacaan sensor untuk menilai konsistensi dan akurasi pengukuran. Selain itu, dihitung pula rata-rata waktu respons sistem terhadap perubahan kelembapan tanah serta rata-rata waktu tunda komunikasi antara perangkat dan aplikasi monitoring. Evaluasi efisiensi penggunaan air dilakukan dengan membandingkan total volume air yang digunakan selama tujuh hari pengujian antara sistem otomatis dan metode penyiraman manual.

Hasil analisis menunjukkan bahwa sensor kelembapan tanah memiliki tingkat akurasi di atas 90% dibandingkan metode referensi. Waktu tunda komunikasi data tercatat kurang dari tiga detik, yang menunjukkan stabilitas konektivitas sistem. Selain itu, penerapan sistem penyiraman otomatis mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air rata-rata sebesar 25% dibandingkan metode manual.

### **Hasil dan Pembahasan**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) mampu beroperasi secara stabil dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Sensor kelembapan tanah YL-69 menghasilkan pembacaan yang konsisten pada berbagai tingkat kelembapan, dengan tingkat akurasi di atas 90% berdasarkan perbandingan dengan metode gravimetri. Hasil ini sejalan dengan temuan Sari et al. (2024) yang melaporkan tingkat akurasi sensor kelembapan tanah yang tinggi dalam sistem berbasis ESP32. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor YL-69 masih layak digunakan dalam aplikasi pertanian skala kecil apabila dikalibrasi dengan baik.

Respons otomatis sistem berjalan sesuai ambang batas yang ditentukan. Ketika kelembapan tanah berada di bawah 30%, pompa aktif secara otomatis dan berhenti ketika nilai mencapai  $\geq 45\%$ . Mekanisme berbasis ambang ini berbeda dengan pendekatan Fuzzy Mamdani yang digunakan oleh Pamungkas et al. (2025), namun tetap mampu menghasilkan kontrol penyiraman yang adaptif dan stabil dalam kondisi eksperimen terkontrol. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berbasis threshold sederhana tetap efektif apabila didukung kalibrasi dan pengujian parameter yang sistematis.

Sensor DHT22 berfungsi dengan baik dalam memantau suhu dan kelembapan udara, serta mendukung pemantauan kondisi mikro tanaman secara real-time. Integrasi DHT22 dan aplikasi Blynk yang digunakan dalam penelitian ini sejalan dengan arsitektur sistem yang dikembangkan oleh Westari dan Ilman (2024), yang menekankan pentingnya monitoring berbasis jaringan dalam sistem pertanian cerdas.

Dari sisi komunikasi data, rata-rata waktu tunda pengiriman informasi dari ESP32 ke aplikasi tercatat kurang dari tiga detik. Nilai ini menunjukkan stabilitas koneksi WiFi yang memadai untuk aplikasi monitoring pertanian skala kecil. Dibandingkan dengan penelitian Nadhiroh et al. (2024) yang melaporkan delay sekitar satu detik menggunakan kombinasi ESP32 dan PLC, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini tetap berada dalam rentang respons yang dapat diterima untuk kebutuhan operasional non-kritis.

Analisis efisiensi menunjukkan bahwa sistem mampu menghemat penggunaan air sebesar 25–30% dibandingkan metode manual selama tujuh hari pengujian. Nilai ini mendekati hasil penelitian Nurhaliza (2025) yang melaporkan penghematan air sebesar 28,6% pada skala lahan pertanian kering. Kesamaan temuan ini memperkuat argumentasi bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT berkontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, khususnya pada skala kecil hingga menengah.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini tidak hanya memvalidasi fungsi teknis sistem, tetapi juga menunjukkan bahwa evaluasi terintegrasi yang mencakup akurasi sensor, respons sistem, stabilitas komunikasi, dan efisiensi air memberikan gambaran performa yang lebih komprehensif dibandingkan studi yang hanya berfokus pada rancang bangun prototipe.

## Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor YL-69, dan DHT22 untuk mendukung efisiensi pengelolaan air pada pertanian skala kecil hingga menengah. Sistem beroperasi secara otomatis sesuai ambang batas kelembapan yang telah ditentukan, dengan peningkatan efisiensi penggunaan air sebesar 25–30% dibandingkan metode penyiraman manual. Integrasi dengan aplikasi Blynk dan Telegram memungkinkan pemantauan serta pengendalian jarak jauh secara real-time, sekaligus mendukung pencatatan data historis untuk pengelolaan pertanian berbasis data.

Keterbatasan penelitian ini meliputi ketergantungan terhadap koneksi WiFi dan sumber listrik, serta potensi penurunan akurasi sensor dalam penggunaan jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu difokuskan pada pengembangan sistem dengan sumber energi mandiri, peningkatan keandalan sensor, integrasi sistem pemupukan otomatis, serta penerapan algoritma pembelajaran mesin untuk memprediksi kebutuhan air tanaman secara lebih adaptif.

Secara praktis, sistem yang dikembangkan memberikan kontribusi nyata bagi pelaku UMKM pertanian di Indonesia dalam meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi pemborosan air, dan menjaga konsistensi kualitas tanaman. Dengan demikian, sistem ini berpotensi mendukung implementasi pertanian cerdas yang lebih efisien dan berkelanjutan pada tingkat lokal maupun nasional.

## Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflict of Interest*)

Para penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan terkait dengan penelitian, penulisan, dan/atau publikasi dari artikel ini.

## Daftar Pustaka

- Aydin, Ö., Kandemir, C. A., Kırac, U., & Dalkılıç, F. (2019). An artificial intelligence and Internet of Things-based automated irrigation system. In *International Conference on Computer Technologies and Applications in Food and Agriculture*, Konya, Turkey. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.04076>
- Correa-Quiroz, J. J., Toribio-Barrueto, M. A., & Castro-Vargas, C. (2025). IoT system with ESP32 for smart drip irrigation and climate monitoring in greenhouses. *Emerging Science Journal*, 9(3), 1133–1145. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2025-09-03-01>
- Doshi, J., Patel, T., & Bharti, S. K. (2019). Smart Farming using IoT, a solution for optimally monitoring farming conditions. *Procedia Computer Science*, 160, 746–751. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.016>
- Hardinata, M. E., & Paramytha, N. (2025). Perancangan alat otomatis untuk penyiraman dan pemupukan bibit tanaman buah. *URANUS: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, 3(1), 181–188. <https://doi.org/10.61132/uranus.v3i1.683>
- Nadhiroh, N., Wardhany, A. K., Setiana, H., Renaldy, R., Putri, A. A., & Handayani, M. D. (2024). Penyiram tanaman hidroponik otomatis berbasis IoT dengan PLC Outseal dan ESP32. *Electricres: Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan*, 6(1), 17–18. <https://doi.org/10.32722/ees.v6i1.6361>
- Nurhaliza. (2025). Perancangan sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk optimalisasi penggunaan air pada lahan pertanian kering. *Jurnal Teknik Indonesia*, 3(4), 129–136.
- Pamungkas, R., Ullah, A., Faizal, A., & Zarory, H. (2025). Sistem penyiraman pintar dan monitoring tanaman sawi otomatis berbasis ESP32 dan sensor kelembapan tanah menggunakan metode Fuzzy Mamdani. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 10(2), 143–150. <https://doi.org/10.36722/sst.v10i2.3687>
- Pardosi, V., Wijaya, T. K., Hasibuan, F., Algusri, M., & Irsyam, M. (2024). *Model optimalisasi untuk prototype robot tangki IoT dalam deteksi gas dan suhu*. CV. Tohar Media

- Pereira, G. P., Chaari, M. Z., & Daroge, F. (2023). IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System Using ESP32. *IoT*, 4(3), 221–243. <https://doi.org/10.3390/iot4030012>
- Sadowski, S., & Spachos, P. (2020). Wireless technologies for agricultural monitoring using Internet of Things devices with energy harvesting capabilities. *Computers and Electronics in Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105338>
- Safitri, M. G., Agustin, M., Syahroni, I., & Kurniati, E. (2024). Peran Sektor Pertanian dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan untuk Pemberdayaan Ekonomi di Pulau Sumatera. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 3(1), 195–204. <https://doi.org/10.61132/jepi.v3i1.1158>
- Sari, I. V., Darmayanti, D. R., Widiyanti, C., Indani, W., & Sitopu, M. W. (2024). Sistem otomatis penyiraman dan pemupukan tanaman tin menggunakan mikrokontroler ESP32. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3), 1997–1999. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4564>
- Syahfitri, A. (2025). Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya. *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains Dan Informatika*, 3(1), 113–120. <https://doi.org/10.61132/uranus.v3i1.667>
- Syahputra, A. B., & Ulinuha, A. (2025). Integrasi komponen elektronika berbasis ESP32 dan sensor kelembapan untuk penyiraman otomatis pada tanaman anggrek. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 14(1), 47–55. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v14i1.93007>
- Venkadesh, S. G. T., Shankar, S., Venkatachalam, M., Saroja, M., & Gowthaman, P. (2025). A drone-assisted smart irrigation and fertilization system using IoT-enabled ESP32 CAM and sensor networks. *Journal of Electrical Systems*, 21(1), 558–571. <https://doi.org/10.52783/jes.8984>
- Wahyudi, W., Pradana, A. I., & Permatasari, H. (2025). Implementasi sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk pertanian greenhouse. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 5(2), 435–446. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.656>
- Westari, D., & Ilman, S. (2024). Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32, moisture sensor, DHT22 sensor dan Blynk. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 3(4), 314–321. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i4.4941>
- Zarkasi, A. A., & Astutik, R. P. (2025). Rancang bangun sistem otomatisasi penyiram tanaman aquascape berbasis IoT. *INSANtek – Jurnal Inovasi dan Sains Teknik Elektro*, 6(1), 28–35. <https://doi.org/10.31294/insantek.v6i1.8881>
- Zuhri, H., Sulistiyanto, & Bachrudin, M. (2022). Rancang bangun sistem penyiraman bibit tanaman pepaya California berbasis Internet of Things (IoT). *TESLA*, 24(2), 195–196. <https://doi.org/10.24912/tesla.v24i2.20248>