

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PEMANFAATAN DAN IRIGASI PERTANIAN OTOMATIS BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 DAN LORA DENGAN SUMBER DAYA PANEL SURYA****Ardian Sriyono¹, Randy Rahmanto²**¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Informatika, Universitas Dian Nusantara
Jakarta² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Informatika, Universitas Dian Nusantara
JakartaEmail: 53119036@mahasiswa.undira.ac.id, randy.rahmanto@undira.ac.id**Abstrak**

Penelitian ini membahas pengembangan prototipe sistem pemantauan dan irigasi pertanian otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan modul komunikasi LoRa sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan akurasi pemantauan kondisi lahan. Sistem dirancang untuk mengukur kelembaban dan pH tanah secara real-time menggunakan sensor SEN-023 dan SEN0161-V2. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui jaringan LoRa ke gateway dan ditampilkan pada aplikasi Blynk, yang memungkinkan pengguna memantau serta mengendalikan pompa air secara otomatis maupun manual sesuai ambang batas kelembaban yang telah ditentukan. Metodologi penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE, pengujian sensor, pengujian konektivitas LoRa, serta simulasi sistem dalam kondisi buatan dengan catu daya panel surya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil, akurat, dan efisien, dengan tingkat kesalahan sensor kelembaban tanah sebesar 2,5% dan sensor pH sebesar 1,82%. Komunikasi LoRa berfungsi efektif hingga jarak 300 meter dengan tingkat keberhasilan transmisi data mencapai 80%. Panel surya berkapasitas 12V 5000mAh mampu mendukung operasi sistem hingga 12 jam tanpa gangguan. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT berbasis ESP32 dan LoRa efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, meminimalkan pemborosan sumber daya, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap penerapan pertanian cerdas dan berkelanjutan di daerah dengan keterbatasan infrastruktur jaringan.

Kata Kunci; Internet of Things (IoT); ESP32; LoRa; Irigasi Otomatis; Sensor Kelembaban Tanah; Sensor pH Tanah; Pertanian Cerdas

Abstract

This study discusses the development of a prototype for an automatic agricultural monitoring and irrigation system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller and LoRa communication module. The system was designed to improve water use efficiency and enhance real-time monitoring of soil conditions. It measures soil moisture and pH using SEN-023 and SEN0161-V2 sensors, with data transmitted through the LoRa network to a gateway and displayed on the Blynk

Article History

Received: Oktober 2025

Reviewed: Oktober 2025

Published: Oktober 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under
a [Creative Commons
Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



application. This allows users to monitor and control the water pump automatically or manually according to the predefined soil moisture threshold. The research methodology includes hardware and software design using Arduino IDE, sensor testing, LoRa connectivity testing, and prototype simulation under controlled conditions powered by a solar panel. The results show that the system operates stably, accurately, and efficiently, with soil moisture sensor error at 2.5% and soil pH sensor error at 1.82%. LoRa communication worked effectively up to a distance of 300 meters with an 80% transmission success rate. The 12V 5000mAh solar panel successfully supported system operation for up to 12 hours. The study concludes that the implementation of IoT technology using ESP32 and LoRa effectively optimizes water use, minimizes resource waste, and significantly contributes to the development of smart and sustainable agriculture in areas with limited network infrastructure.

Keywords: Internet of Things (IoT); ESP32; LoRa; Automatic Irrigation; Soil Moisture Sensor; Soil pH Sensor; Solar Panel; Smart Agriculture.

1. Pendahuluan

Pertanian merupakan sektor penting yang berperan dalam penyediaan pangan bagi populasi global yang terus berkembang. Namun, dengan semakin meningkatnya tekanan terhadap sumber daya alam, termasuk air dan lahan, sektor pertanian menghadapi tantangan yang kompleks. Menurut laporan FAO (Food and Agriculture Organization), sekitar 70% penggunaan air global dialokasikan untuk kegiatan pertanian, namun banyak praktik irigasi tradisional yang tidak efisien, menyebabkan pemborosan sumber daya dan dampak negatif terhadap lingkungan.

Di sisi lain, pertumbuhan teknologi informasi dan komunikasi telah membuka peluang untuk menerapkan konsep Internet of Things (IoT) dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan berbagi data secara real-time, memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Dengan memanfaatkan teknologi sensor dan komunikasi, sistem pertanian cerdas dapat dikembangkan untuk memantau dan mengelola kondisi lahan secara lebih akurat.

Penggunaan modul ESP32 dan LoRa dalam implementasi IoT pertanian menawarkan solusi inovatif untuk permasalahan yang ada. ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta dukungan untuk berbagai sensor, menjadikannya pilihan yang tepat untuk aplikasi pertanian. Di sisi lain, LoRa (Long Range) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang memungkinkan transmisi data dalam jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, sangat cocok untuk digunakan di lahan pertanian yang luas dan terpencil di mana koneksi Wi-Fi tidak tersedia.

Sistem pemantauan dan irigasi otomatis yang berbasis IoT ini bertujuan untuk mengoptimalkan



penggunaan air dan meminimalkan dampak lingkungan dengan memanfaatkan data sensor secara real-time. Melalui pengukuran kelembaban tanah dan pH tanah, sistem ini dapat memberikan informasi yang akurat tentang kondisi tanaman, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang tepat dalam pengelolaan lahan. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe sistem pemantauan dan irigasi otomatis menggunakan ESP32 dan LoRa untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam praktik pertanian.

2. Tinjauan Pustaka

Rancang Bangun

Rancang bangun serangkaian langkah yang digunakan untuk mengubah temuan analisis sistem menjadi bahasa pemrograman yang memberikan deskripsi terperinci tentang implementasi komponen sistem. Di sisi lain, pembangunan atau pengembangan sistem didefinisikan sebagai proses pengembangan sistem baru atau penggantian atau perbaikan sistem yang sudah ada, baik seluruhnya maupun sebagian.

Rancang bangun, yang merupakan komponen penting dalam pembuatan dan pengembangan aplikasi, terkait erat dengan desain. Tugas sistem adalah mengidentifikasi data dan prosedur yang dibutuhkan sistem baru. Desain dapat mencakup spesifikasi untuk jenis peralatan yang akan digunakan jika sistem berbasis komputer. Perancangan sistem dapat didefinisikan sebagai gambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisahkan kedalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi.

IoT (Internet of Things) Pada Petanian

Pertanian merupakan sektor yang sangat dipengaruhi oleh kemajuan teknologi, terutama melalui penerapan Internet of Things (IoT). Teknologi ini memungkinkan penggunaan sensor untuk memantau kelembaban, hama, dan polusi lingkungan, sehingga hasil pertanian dapat meningkat secara cepat dan akurat. Dengan IoT, petani dapat mengontrol lahan melalui smartphone serta menerapkan irigasi cerdas dan pertanian presisi yang menyediakan data real-time tentang kondisi lahan, seperti kesuburan, suhu tanah, dan cuaca.

ESP32

ESP32 merupakan chip tunggal yang mengintegrasikan modul Bluetooth dan Wi-Fi, diproduksi oleh Espressif Systems dengan teknologi 40 nm berdaya rendah oleh TSMC. Chip ini dirancang hemat energi namun memiliki performa frekuensi radio (RF) tinggi, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai modul eksternal untuk pengembangan sistem Internet of Things (IoT).

LoRa (Long Range)

LoRa (Long Range Access) merupakan teknologi komunikasi nirkabel berdaya rendah yang banyak digunakan dalam jaringan sensor nirkabel. LoRa bekerja pada pita frekuensi tak berlisensi seperti 433 MHz, 868/915 MHz, dan 2,4 GHz, serta termasuk dalam kategori LPWAN (Low Power Wide Area Network) yang memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya minimal.

Panel Surya

Pemanfaatan panel surya dalam sektor pertanian di Indonesia memiliki potensi besar untuk mendukung berbagai aktivitas seperti penyemprotan, pemupukan, pencahayaan, pengeringan, irigasi, serta pengaturan pH dan suhu, dengan menyediakan energi ramah lingkungan yang efisien dan hemat biaya bagi petani; selain itu, penggunaan panel surya portabel pada kolam budidaya ikan juga terbukti memberikan penerangan yang mudah dipindahkan dan membantu pemantauan kolam, menunjukkan bahwa teknologi ini mampu bekerja efektif sepanjang hari meskipun dipengaruhi kondisi cuaca, sehingga menjadi solusi energi terbarukan yang mendukung keberlanjutan pertanian dan peternakan di Indonesia.



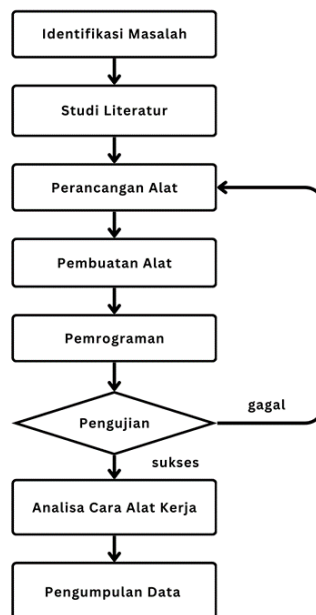
3. Metodologi Penelitian

Prosedur Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe sistem IoT yang dirancang untuk memantau kelembaban tanah dan pH tanah secara real-time. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah merancang dan membangun sistem irigasi otomatis berbasis ESP32 dan LoRa yang dapat mengoptimalkan penggunaan air dan pemantauan kondisi tanah secara berkelanjutan.

Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, diagram alir digunakan untuk menunjukkan hubungan antara identifikasi masalah, studi literatur, perancangan, pembuatan prototipe, pengujian, hingga analisis kinerja sistem. Tahapan-tahapan tersebut membantu memastikan bahwa setiap aspek dari penelitian telah direncanakan dengan cermat dan dapat direplikasi oleh peneliti lain. Selain itu, diagram alir ini juga memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana setiap proses berkontribusi terhadap tujuan akhir penelitian, yaitu menghasilkan sistem irigasi otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi pertanian serta memudahkan pemantauan lahan secara real-time.

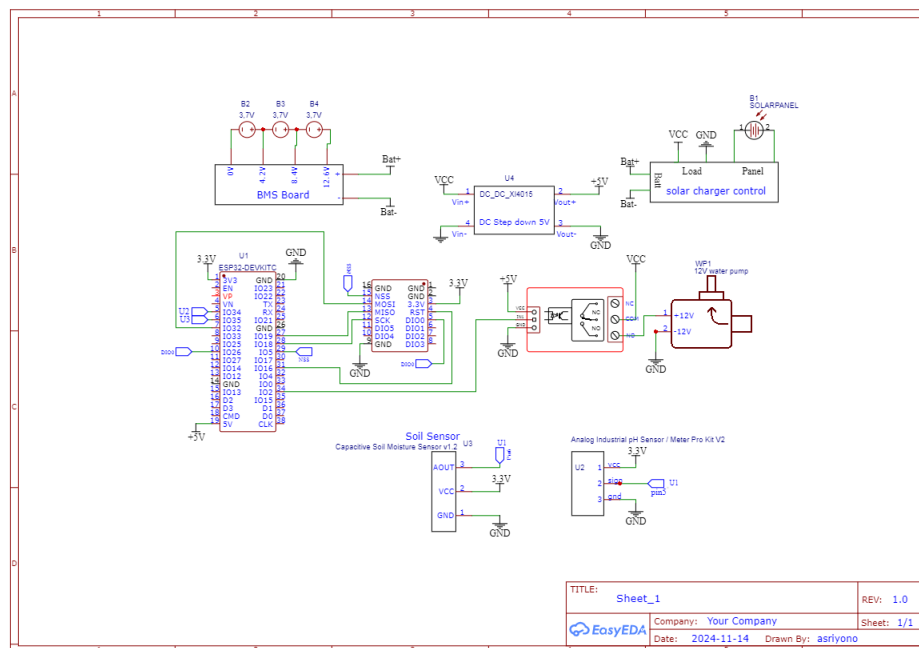


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

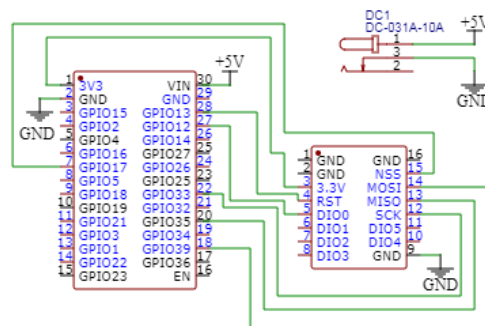
4. Hasil Penelitian

Hasil Perancangan Perangkat Keras

Setelah semua peralatan yang diperlukan telah terkumpul, peneliti melanjutkan dengan perakitannya sesuai dengan pin Rangkaian yang menghubungkan beberapa komponen. Skema sistem dirancang menggunakan EasyEDA yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 4.1 Skema rangkaian node



Gambar 4.2 Skema rangkaian gateway

Setelah semua komponen dirakit sesuai dengan skematik dan diagram hasil dari perakitan seperti yang ditampilkan pada gambar.

Hasil Perancangan Perangkat Lunak dan Aplikasi

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Sistem dirancang untuk membaca sensor secara periodik, memutuskan aksi irigasi berdasarkan ambang batas kelembapan, dan mengirimkan data melalui LoRa ke gateway penerima.

Program Mikrokontroler (Firmware)

Firmware dikembangkan menggunakan Arduino IDE. Struktur kode terdiri dari:

- Inisialisasi pin dan variabel sensor
- Pembacaan sensor pH dan kelembapan secara periodik
- Logika kontrol untuk mengaktifkan pompa jika nilai kelembapan < threshold
- Pengiriman data melalui LoRa setiap 5 menit
- Penanganan relay dan delay sistem penyiraman

Pengembangan Aplikasi Monitoring dengan Blynk

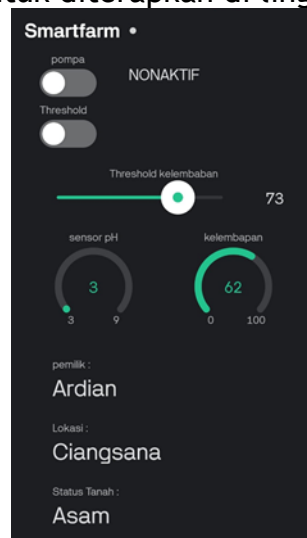
Sistem monitoring dibuat dengan menggunakan platform Blynk. Berikut rincian desain aplikasinya:

- ESP32 sebagai Blynk Client, menggunakan koneksi WiFi lokal atau hotspot Android.
- Tampilan aplikasi menampilkan:



- Nilai pH tanah (Virtual Pin V1)
- Nilai kelembapan tanah (%) (Virtual Pin V2)
- Status irigasi (ON/OFF) (Virtual Pin V3)
- Tombol kontrol manual untuk pompa (V4)
- Tombol kontrol untuk mematikan dan menghidupkan threshold (V6)

Dengan desain prototipe ini, sistem menjadi sepenuhnya otomatis, tetapi juga dapat dimonitor dan dikendalikan secara manual melalui aplikasi Blynk jika dibutuhkan. Ini menjadikan alat sangat fleksibel untuk diterapkan di lingkungan pertanian terpencil.



Gambar 4.3 dashboard aplikasi

Pengujian Tegangan dan Arus Panel Surya

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa panel surya dalam menghasilkan tegangan dan arus listrik saat terpapar sinar matahari langsung. Panel dihubungkan ke solar charge controller 20A yang berfungsi mengatur arus masuk ke baterai lithium 3S. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel menghasilkan tegangan rata-rata 17.4 V dengan arus maksimum sekitar 0.85 A pada pukul 08.00 - 12.00 WIB. Tegangan baterai meningkat secara bertahap dalam waktu ± 5 jam. Hal ini menunjukkan sistem pengisian bekerja efektif pada kondisi cuaca cerah.

Tabel 4.1 Pengujian Tegangan dan Arus Panel Surya

Waktu	Cuaca	Tegangan Panel (V)	Arus Panel (A)	Status Baterai
08:00 WIB	Cerah	17.2	0.45	<i>Charging</i>
09:00 WIB	Cerah	17.4	0.68	<i>Charging</i>
10:00 WIB	Cerah	17.6	0.92	<i>Charging</i>
11:00 WIB	Terik	17.5	1.10	<i>Charging</i>
12:00 WIB	Terik	17.6	1.12	<i>Charging (maksimal)</i>

Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Pengujian dilakukan untuk mengukur akurasi sensor kelembapan tanah dengan membandingkan nilai yang dihasilkan sensor dengan alat referensi. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi tanah: kering, lembap, dan basah. Pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan, didapati hasil pengujian dengan nilai rata-rata tingkat kelembapan tanah pada kategori sangat kering 7.7%, kering 17%, lembab 22.6%, basah 27.5% dan sangat basah 41.6%.



Pada kelima kategori tersebut, tumbuhan yang memiliki kesuburan ideal berada pada tingkat kategori kelembapan tanah lembab dan basah [40].

Pengujian sistem irigasi dilakukan untuk memastikan bahwa pompa air dapat aktif secara otomatis berdasarkan nilai kelembapan tanah yang dibandingkan dengan nilai threshold dari Blynk. *Threshold* ini dapat diubah-ubah langsung oleh pengguna melalui slider di aplikasi. Dalam pengujian ini, threshold awal disetel pada 35%. Ketika nilai kelembapan terbaca lebih rendah dari *threshold*, maka ESP32 akan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa. Setelah tanah menjadi lembap dan nilai kelembapan melewati ambang batas tersebut, sistem akan otomatis mematikan pompa. Fitur ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan irigasi berdasarkan jenis tanaman, musim tanam, atau kondisi tanah, menjadikannya jauh lebih fleksibel dan adaptif dibandingkan sistem otomatis dengan ambang tetap. Hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Kelembapan (%)	Threshold Blynk (%)	Status Pompa	Durasi Aktif
25%	35%	ON	±2 menit
55%	35%	OFF	0 menit
78%	35%	OFF	0 menit

Pengujian Sensor pH Tanah

Sensor pH diuji dengan beberapa sampel tanah dengan nilai pH yang berbeda, menggunakan alat uji pH standar sebagai pembanding. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Pengujian Sensor pH Tanah

Sampel Tanah	Nilai Referensi (pH)	Nilai Sensor (pH)	Error (%)
Tanah Asam	5.5	5.6	1.82
Tanah Netral	7.0	7.0	0.00
Tanah Basa	8.5	8.4	1.18

Pengujian Sistem Irigasi

Pengujian sistem irigasi dilakukan untuk memastikan bahwa pompa air dapat aktif secara otomatis berdasarkan nilai kelembapan tanah yang dibandingkan dengan nilai threshold dari Blynk. *Threshold* ini dapat diubah-ubah langsung oleh pengguna melalui slider di aplikasi. Dalam pengujian ini, threshold awal disetel pada 35%. Ketika nilai kelembapan terbaca lebih rendah dari *threshold*, maka ESP32 akan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa. Setelah tanah menjadi lembap dan nilai kelembapan melewati ambang batas tersebut, sistem akan otomatis mematikan pompa. Fitur ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan irigasi berdasarkan jenis tanaman, musim tanam, atau kondisi tanah, menjadikannya jauh lebih fleksibel dan adaptif dibandingkan sistem otomatis dengan ambang tetap.

Tabel 4.4 Pengujian Sistem Irigasi

Kelembapan (%)	Threshold Blynk (%)	Pompa Aktif	Lama Penyiraman
25%	35%	YA	2 menit
45%	35%	TIDAK	0 menit
70%	35%	TIDAK	0 menit



32%	30%	YA	1 menit
-----	-----	----	---------

Pengujian Sistem Catu Daya Mandiri

Pengujian Pengisian Energi (*Charging*) Panel surya diletakkan di luar ruangan dalam kondisi sinar matahari penuh (cerah). Tegangan dan arus panel dicatat setiap jam untuk mengetahui efektivitas pengisian ke baterai melalui charge controller.

Tabel 4.5 Pengujian Pengisian Energi (*Charging*)

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Tegangan Panel (V)	Arus Pengisian (A)	Status Baterai
08:00 WIB	11.4	17.2	0.52	Mulai <i>charging</i>
09:00 WIB	11.8	17.4	0.68	<i>Charging</i>
10:00 WIB	12.1	17.6	0.85	<i>Charging</i>
11:00 WIB	12.4	17.5	1.05	<i>Charging</i> stabil
12:00 WIB	12.6	17.6	0.20	Baterai penuh

Tabel 4.6 Pengujian Pemakaian Energi (*Discharging*)

Lama Operasi	Tegangan Baterai Akhir (V)	Status Pompa	Status Sistem
3 jam	12.3	Aktif 1x	Normal
6 jam	11.9	Aktif 2x	Normal
9 jam	11.3	Aktif 3x	Normal
10.5 jam	10.8	Aktif 4x	Masih Menyala
12 jam	10.1	Aktif 5x	Mulai Lemah

Pengujian Koneksi Modul LoRa

ESP32 sebagai pusat kendali diuji kemampuannya dalam membaca sensor, mengirimkan data via LoRa, dan merespon perintah logika. Modul LoRa SX1278 diuji untuk transmisi data pada jarak bertahap hingga 500 meter dalam kondisi *Line of Sight* (LOS). Pengiriman data dilakukan setiap 5 menit dan delay transmisi berada di bawah 3 detik.

Tabel 4.7 Pengujian Koneksi Modul LoRa

Jarak (Meter)	Pengujian	Jumlah Data Dikirim	Jumlah Data Diterima	Presentase Keberhasilan (%)	Status Sinyal
10		10	10	100%	Stabil
100		10	10	100%	Stabil
200		10	9	90%	Cukup Stabil



300	10	8	80%	Mulai Lemah
400	10	6	60%	Lemah
500	10	4	40%	Tidak Stabil

Pengujian Respon Relay dan Pompa

Pengujian dilakukan dengan cara mengubah *threshold* kelembapan dari aplikasi Blynk dan memantau reaksi sistem ketika nilai kelembapan aktual tanah berubah akibat disiram atau dibiarkan mengering.

- Ketika kelembapan lebih kecil dari *threshold*, maka:
 - Relay aktif (*HIGH*)
 - Pompa menyala
- Ketika kelembapan melebihi *threshold*, maka:
 - Relay mati (*LOW*)
 - Pompa berhenti menyiram

Pengujian juga mencakup perubahan *threshold* secara dinamis dari Blynk, dan sistem terbukti dapat menyesuaikan logika kerja secara langsung tanpa restart.

Tabel 4.8 Pengujian Respon Relay dan Pompa

Kelembapan (%)	Threshold Blynk (%)	Status Relay	Status Pompa
25	35	ON	Aktif
38	35	OFF	Mati
32	30	ON	Aktif
50	30	OFF	Mati
50	60	ON	Aktif

Pengujian Keseluruhan Sistem dalam Kondisi Buatan

Untuk menguji fungsi keseluruhan sistem monitoring dan irigasi otomatis berbasis IoT, yang mencakup sensor kelembapan tanah, relay, pompa, ESP32, modul LoRa, aplikasi Blynk, serta catu daya dari panel surya dan baterai. Pengujian dilakukan dalam kondisi buatan dengan skenario yang diatur secara manual untuk meniru berbagai keadaan tanah dan parameter lingkungan. Langkah-Langkah Pengujian:

Persiapan sistem:

- Semua komponen dihubungkan: sensor → ESP32 → LoRa → Blynk → pompa.
- Threshold kelembapan disetel dari Blynk (misalnya 35%).
- ESP32 dan sensor diberi daya dari baterai hasil pengisian panel surya.

Simulasi kondisi tanah:

- Tanah awal dalam kondisi kering.
- Setelah waktu tertentu, disiram air secara manual untuk menaikkan kelembapan.
- Diamati perubahan nilai kelembapan, respon sistem, dan kerja pompa.

Simulasi perubahan threshold:

- *Threshold* pada aplikasi diubah secara real-time (misalnya dari 35% menjadi 50%).
- Diamati apakah sistem menyesuaikan logika kerja pompa otomatis berdasarkan perubahan nilai tersebut.

Simulasi pemantauan jarak jauh:

- Monitoring dilakukan melalui Blynk dari *smartphone*.
- Data *real-time* seperti kelembapan dan status irigasi terlihat di aplikasi.



Tabel 4.9 Pengujian Keseluruhan Sistem

Waktu	Kelembapan (%)	Threshold (%)	Status Pompa	Tindakan Sistem	Keterangan
08:00	27	35	ON	Irigasi aktif	Tanah kering
08:03	39	35	OFF	Irigasi berhenti	Setelah penyiraman
08:10	38	50	ON	Irigasi aktif	Setelah threshold dinaikkan
08:15	55	50	OFF	Irigasi berhenti	Tanah lembap
08:30	46	50	OFF	Tidak aktif	Stabil tanpa tindakan

Analisis Hasil Pengujian

pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap sistem dengan tujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam penggunaannya. Hasil analisis tersebut kemudian ditampilkan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Analisis Hasil Pengujian

Komponen yang Diuji	Hasil Pengujian	Analisis
Panel Surya & Baterai	Mengisi penuh baterai 12V 5000mAh dalam ± 5 jam cuaca cerah. Daya tahan ± 12 jam	Daya cukup untuk sistem IoT harian. Efisiensi baik untuk operasional tanpa listrik PLN.
Sensor Kelembapan	Mendeteksi kondisi tanah (kering, lembap, basah) secara <i>real-time</i>	Output sensor konsisten dan dapat digunakan sebagai acuan sistem irigasi otomatis.
Sensor pH	Menampilkan pH tanah dalam skala netral hingga asam	Sensor pH mampu bekerja bersama sensor kelembapan tanpa interferensi data.
Tampilan Serial & Blynk	Data tampil setiap 5 detik, threshold dapat diubah dari aplikasi	Komunikasi dua arah berjalan baik. Monitoring & kontrol jarak jauh dapat dilakukan stabil.
Relay & Pompa	Pompa aktif ketika kelembapan < threshold, mati saat kelembapan terpenuhi	Respon cepat dan sesuai logika. Aktuator bekerja otomatis tanpa perlu input manual.



Komunikasi LoRa	Jarak berhasil hingga 300 meter dengan keberhasilan 80%	Cocok untuk lahan pertanian kecil-menengah. Komunikasi jarak jauh cukup stabil tanpa repeater.
Pengujian Terintegrasi	Sistem dapat bekerja penuh dari sensor → Blynk → pompa → panel → LoRa	Sistem berhasil bekerja otomatis, sinkron, dan stabil dalam kondisi buatan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem pemantauan dan irigasi pertanian otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, modul komunikasi LoRa SX1278, serta dukungan sensor kelembapan tanah (SEN-023) dan sensor pH tanah (SEN0161-V2). Sistem ini dikembangkan untuk memantau kondisi tanah secara real-time serta mengontrol irigasi secara otomatis sesuai ambang batas kelembapan yang telah ditentukan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem mampu bekerja secara terpadu dan stabil. Sensor kelembapan dan pH mampu memberikan data yang akurat dengan tingkat kesalahan rendah, sedangkan sistem irigasi otomatis dapat beroperasi sesuai logika pengendalian yang ditetapkan. Komunikasi data menggunakan LoRa terbukti efektif dengan tingkat keberhasilan pengiriman mencapai 80% pada jarak 300 meter tanpa repeater, menjadikannya cocok untuk aplikasi pertanian berskala kecil hingga menengah. Selain itu, sistem tenaga surya yang digunakan mampu menyediakan pasokan daya mandiri selama ± 12 jam, sehingga prototipe dapat beroperasi secara berkelanjutan tanpa bergantung pada listrik PLN.

Saran

Berdasarkan keberhasilan pengembangan dan pengujian prototipe, serta identifikasi area-area yang memerlukan peningkatan, berikut adalah rekomendasi yang diajukan untuk penelitian dan pengembangan di masa mendatang guna lebih meningkatkan kinerja, skalabilitas, dan utilitas praktis sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Food and Agriculture Organization (FAO). 2020. Mengatasi Tantangan Air dalam Pertanian. <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-agriculture/2020/en/>
- Kumar, S., Singh, R., & Verma, P. 2019. Smart Farming using IoT: A Comprehensive Review. *International Journal of Agricultural Sciences*, 8(3), 220-235. doi:10.1016/j.agri.2019.03.008.
- Thompson, R., Clark, E., & Zeng, M. 2021. LoRaWAN for Agriculture: An Overview of Benefits and Challenges. *Wireless Networks Journal*, 36(8), 1020-1035. doi:10.1016/j.winet.2021.08.001.
- Rusli, R. 2020. Efisiensi Penggunaan Air Irigasi pada Daerah Irigasi Palisue, Desa Lembang. Skripsi, Universitas Hasanuddin. [Online]. Tersedia: <https://repository.unhas.ac.id>



- Putra, A. 2019. Analisis Ketidakseimbangan Distribusi Air pada Jaringan Irigasi Tersier di Provinsi Lampung. Skripsi, Universitas Lampung. [Online]. Tersedia: <https://digilib.unila.ac.id>
- Yulianti, T. 2020. Analisis Pengaruh Variabilitas Curah Hujan terhadap Produktivitas Tanaman Padi di Jawa Tengah. Skripsi, Universitas Diponegoro. [Online]. Tersedia: <https://repository.undip.ac.id>
- Sihotang, W. 2024. Rancang Bangun Prototipe Sistem Pengairan Sawah Berbasis IoT. Skripsi, Universitas Medan Area.
- Sudaryana, I. P. G. E. E. K., & Ekayana, A. A. G. 2022. Rancang Bangun Sistem Smart Farming Berbasis IoT Studi Kasus Kebun Nyoman Gunitir. Jurnal Krisnadana, Vol. 10(10): 37-46.
- Darusman, Suhaedi, A., & Saputra, A. 2021. Rancang Bangun Server Internet of Thing (IoT) untuk Optimisasi Pertanian Cerdas. Jurnal Computer Informatik, 41-46.
- Waluyo, S., Cahyanto, T., & Murwanti, R. 2021. Sistem Penyemprot Tanaman Elektrik dan Konsep Pertanian Cerdas Berbasis Sensor untuk Budidaya Cabai. Jurnal Ilmu Pertanian, Vol. 15(2): 99-107. [Online]. Tersedia: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/download/22702/10492>
- Wulandari, A., & Andayani, S. 2019. Pemanfaatan IoT dalam Pemantauan Kelembaban Tanah dan Irigasi Otomatis. Jurnal Teknologi dan Informatika, Vol. 7(3): 78-85. [Online]. Tersedia: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/download/22702/10492>
- Pressman, R. 2005. Software Engineering: A Practitioner's Approach. New York: McGraw-Hill.
- Sutabri, T. 2005. Sistem Informasi Manajemen. Yogyakarta: Andi.
- Jogiyanto, H. M. 2017. Analisis dan Desain (Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis). Yogyakarta: Andi.
- Khoirie, F. S. 2022. Penerapan IoT (Internet of Things) pada Sistem Irigasi Sprinkler Fogger Tanaman Selada. Program Studi Tata Air Pertanian, Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia. [Online]. Tersedia: <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/18120>
- Nalendra, K. N., & Mujiono, M. 2020. Perancangan IoT (Internet of Things) pada Sistem Irigasi Tanaman Cabai. Generation Jurnal, Vol. 4(2): 61-68.
- Espressif System. 2019. ESP32 Series Datasheet Version 4.7. <https://www.espressif.com>. [Diakses pada 12 Oktober 2024].
- Wagya, A., & Rahmat. 2019. Prototype Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). Jurnal Ilmiah Setrum, 240-241.



- Diana, M., Nazir, R., & Rufiyanto, A. 2017. Harvesting RF Ambient Energy dari End Device LoRa (Long Range Access). Jurnal Infotel, 9(4), 387. <https://doi.org/10.20895/infotel.v9i4.282>
- Alhasan, M. M. Implementasi Wireless Sensor Network sebagai Pendeteksi Kebakaran Berbasis LoRa. Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Aoudia, F. A. et al. 2017. Long-short Range Communication Network Leveraging LoRa and Wake-up. Microprocessors and Microsystems.
- Aroeboesman, F. N., Ichsan, M. H. H., & Primananda, R. 2019. Analisis Kinerja LoRa SX1278 Menggunakan Topologi Star Berdasarkan Jarak dan Besar Data pada WSN. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 3(4): 3860-3865.
- Al, M., & Rosyid, A. 2022. Sistem Monitoring dan Kendali Alat Pengaturan Budidaya Bibit Cabai Berbasis Website. Jurnal Elkon, Vol. 2(2): 32-43.
- Birnadi, S. 2020. Otomasi Sistem Penyiraman untuk Beberapa Jenis Tanaman Sayuran pada Urban Agriculture. Skripsi, UIN SGD Bandung.
- Meivaldi, R. 2018. Sistem Pengecekan pH Tanah Otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Android dengan Algoritma Binary Search.
- Vien, B. H. 2023. Sistem Monitoring pH Tanah, Suhu, dan Kelembaban Tanah pada Tanaman Jagung Berbasis Internet of Things (IoT). Skripsi, Universitas Tanjungpura.
- Ulalopi, Z., Luthfiyah, S., & Ariswati, H. G. 2019. Rancang Bangun Alat pH Meter Dilengkapi dengan Kalibrasi Otomatis. Prosiding Seminar Nasional Kesehatan Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya.
- Iqtimal, Z., dkk. 2018. Aplikasi Sistem Tenaga Surya sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Hasanah, A. C. 2020. Rancang Bangun Alat Penakar Minuman Kopi Otomatis Menggunakan Mini Water Pump dengan Kontrol Android. Skripsi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Darmawan, I. A. 2020. Faktor-Faktor Kegagalan Pemasangan Komponen Chip pada Papan PCB Menggunakan Mesin Chip Mounter. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika Untirta, Vol. 3(1): 397-403.
- Sonsank, M., Huda, Y., & Budayawan, K. 2015. Penerapan Metode Template Matching dalam Menganalisa Cacat pada Keping PCB. Jurnal Vokasional Teknik Elektronika & Informatika, Vol. 3(1): 186-193.
- Saleh, M., & Munnik, H. 2017. Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay. Universitas Suryadarma, Vol. 8(3).
- Sinaulan, M., & Olivia, dkk. 2015. Perancangan Alat Ukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan ATmega 16. UNSRAT, Manado.



- Fuadiyah, T., & Sudarti, S. 2022. Potensi Pemanfaatan Sel Surya untuk Mendukung Energi di Bidang Pertanian. Jurnal Teknologi Pangan, Vol. 7(2): 960. <https://dx.doi.org/10.30869/jtpg.v7i2.960>
- Pamuji, B., & Utami, N. 2023. Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable untuk Penerangan Kolam Budidaya Ikan (Studi Kasus: Kolam Warga Desa Jembrana, Kecamatan Waway Karya, Lampung Timur). Electrician Jurnal, Vol. 17(3): 2512. <https://dx.doi.org/10.23960/elc.v17n3.2512>
- Muner, M. 2021. Pemanfaatan Energi Matahari melalui Panel Surya dengan Beban Mesin Pengering Larva BSF. Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Yudharta Pasuruan.
- Bakhtiar, & Tadjuddin. 2021. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M), 85-91.
- Alfianto, F. 2020. Perancangan dan Analisis Konverter DC-DC Step Down (Buck Converter). Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- Morrison, G. L., & Sudjito. 1992. Solar Radiation Data for Indonesia. Solar Energy, Vol. 48(6): 361-368.
- Qorni, Q. A., Pamungkas, D. P., Wibowo, S. A., & Hermanto, D. 2023. Pemantauan dan Pengingat Kondisi Kelembaban Lahan Menggunakan ESP8266 dan IoT. 2nd MDP Student Conference (MSC). [Online]. Tersedia: <https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/msc/article/view/4056>