



Desain Prototype Smart Greenhouse Monitoring System Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32

Christoper Alfredo Laoli^{1*}, Ongku Puadi Harahap², Arga Sakti Oktavianus Sihombing³, Eka Dodi Suryanto⁴, Dian Putra Saragi⁵

¹⁻⁵Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20221

*Penulis Korespondensi: christoperAlvredo09@gmail.com, puadiharahap29@gmail.com, argasaktioktavianussihombing@gmail.com, ekadodisuryanto@unimed.ac.id, dianpsaragi@unimed.ac.id.

Abstract. *The development of Internet of Things (IoT) technology provides solutions to improve the efficiency of monitoring and managing plant environments, particularly in greenhouse systems. A common problem is the lack of optimal monitoring of environmental conditions such as temperature, air humidity, soil moisture, and light intensity, which significantly affect plant growth. This study aims to design and implement a prototype smart greenhouse monitoring system based on IoT using the ESP32 microcontroller to monitor environmental conditions in real-time and support automatic irrigation. The research method used is an experimental approach involving system design, assembly, and testing in an indoor environment using potted plants. The system utilizes a DHT11 sensor for temperature and humidity, a soil moisture sensor for soil conditions, an LDR sensor for light intensity, and an ultrasonic sensor for measuring water level. The collected data were analyzed descriptively to evaluate system performance. The results show that all sensors function properly and are able to detect environmental changes accurately, and the system successfully transmits data in real-time to a monitoring platform. The implication of this research is that the developed system can serve as an effective solution for automated plant monitoring and irrigation in small to medium-scale applications.*

Keywords: *ESP32; Internet of Things; plant monitoring; sensors; smart greenhouse*

Abstrak. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengelolaan tanaman, khususnya pada sistem greenhouse. Permasalahan yang sering terjadi adalah kurang optimalnya pemantauan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, serta intensitas cahaya yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototype smart greenhouse monitoring system berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 guna memantau kondisi lingkungan tanaman secara real-time dan mendukung sistem penyiraman otomatis. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen melalui tahap perancangan, perakitan, dan pengujian sistem pada lingkungan indoor dengan media tanam dalam pot. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara, sensor soil moisture untuk kelembapan tanah, sensor LDR untuk intensitas cahaya, serta sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sensor bekerja dengan baik dan mampu mendeteksi perubahan kondisi lingkungan secara akurat, serta sistem dapat mengirimkan data secara real-time ke platform monitoring. Implikasi dari penelitian ini adalah sistem yang dirancang dapat menjadi solusi efektif dalam membantu pemantauan dan penyiraman tanaman secara otomatis pada skala kecil hingga menengah..

Kata kunci: ESP32; Internet of Things; monitoring tanaman; sensor; smart greenhouse

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi di era digital saat ini telah mendorong berbagai sektor untuk beradaptasi dengan sistem yang lebih modern dan efisien, termasuk dalam bidang pertanian. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah Internet of Things (IoT),

yang memungkinkan berbagai perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data secara real-time melalui jaringan internet. Dalam bidang pertanian, penerapan teknologi IoT memberikan peluang besar dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi, khususnya dalam pengelolaan lingkungan tanaman secara otomatis dan terintegrasi.

Salah satu implementasi teknologi IoT dalam pertanian adalah sistem smart greenhouse. Greenhouse merupakan lingkungan buatan yang dirancang untuk melindungi tanaman dari kondisi eksternal yang tidak stabil serta menciptakan kondisi pertumbuhan yang optimal. Namun, pengelolaan greenhouse secara konvensional masih menghadapi berbagai kendala, seperti kurangnya efisiensi dalam pemantauan kondisi lingkungan, ketergantungan pada tenaga manusia, serta keterlambatan dalam pengambilan keputusan akibat tidak tersedianya data secara real-time. Hal ini dapat berdampak pada menurunnya kualitas dan kuantitas hasil tanaman.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti penggunaan sensor suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, serta intensitas cahaya yang terintegrasi dengan mikrokontroler. Sistem ini mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara real-time dan memungkinkan pengendalian otomatis terhadap parameter tertentu. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa keterbatasan, seperti belum optimalnya integrasi antar sensor, keterbatasan dalam pengolahan data secara real-time, serta kurangnya fleksibilitas sistem dalam skala prototype yang sederhana namun fungsional.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu mengintegrasikan berbagai sensor lingkungan dalam satu platform yang efisien, akurat, dan mudah dikembangkan. Penggunaan mikrokontroler ESP32 menjadi salah satu solusi yang tepat karena memiliki kemampuan komunikasi nirkabel serta performa yang cukup baik untuk mendukung sistem berbasis IoT. Dengan memanfaatkan sensor suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah, sensor ultrasonik, serta sensor cahaya, sistem dapat dirancang untuk melakukan monitoring kondisi lingkungan tanaman secara menyeluruh.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototype smart greenhouse monitoring system berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu melakukan monitoring kondisi

lingkungan tanaman secara real-time serta memberikan data yang akurat sebagai dasar dalam pengambilan keputusan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi solusi sederhana namun efektif dalam pengembangan sistem pertanian cerdas, khususnya pada skala kecil maupun prototype.

2. KAJIAN TEORITIS

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik seperti sensor dan aktuator terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu melakukan monitoring dan pengendalian secara real-time. Dalam konteks pertanian modern, penerapan IoT menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta akurasi dalam pengelolaan tanaman. Salah satu implementasi IoT yang berkembang pesat adalah sistem smart greenhouse, yang mampu mengontrol kondisi lingkungan secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman (Pamungkas, 2020).

Smart greenhouse merupakan sistem yang dirancang untuk menciptakan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan teknologi sensor dan sistem kendali otomatis. Parameter yang umumnya dikontrol dalam greenhouse meliputi suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, serta intensitas cahaya. Pengendalian parameter tersebut sangat penting karena setiap tanaman memiliki kebutuhan lingkungan yang berbeda untuk mencapai pertumbuhan optimal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem greenhouse berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya seperti air dan energi, serta mengurangi ketergantungan terhadap pengawasan manual (Rasyid et al., 2023; Ristian et al., 2022).

Mikrokontroler merupakan komponen utama dalam sistem IoT yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT adalah ESP32. ESP32 memiliki keunggulan berupa konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, sehingga memungkinkan pengiriman data secara langsung ke server atau perangkat pengguna. Selain itu, ESP32 juga memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup baik serta konsumsi daya yang relatif rendah,

sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem monitoring lingkungan berbasis IoT (Veda et al., 2022).

Sensor merupakan elemen penting dalam sistem smart greenhouse karena berfungsi untuk mengukur parameter lingkungan. Sensor suhu dan kelembapan udara seperti DHT11 digunakan untuk mengetahui kondisi atmosfer di sekitar tanaman. Sensor ini bekerja dengan cara mengukur suhu dan kelembapan relatif udara, yang kemudian dikonversi menjadi sinyal digital untuk diproses oleh mikrokontroler. Penggunaan sensor ini telah terbukti efektif dalam sistem monitoring berbasis IoT karena mampu memberikan data yang cukup stabil dan akurat (Akbar & Sugeng, 2021).

Selain itu, sensor kelembapan tanah atau soil moisture sensor digunakan untuk mengukur kadar air dalam tanah. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi listrik pada tanah, di mana nilai resistansi akan berubah sesuai dengan tingkat kelembapan tanah. Informasi ini sangat penting dalam sistem penyiraman otomatis karena dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan kapan tanaman membutuhkan air. Dengan demikian, penggunaan sensor ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mencegah kondisi overwatering atau kekurangan air pada tanaman (Daniel et al., 2022).

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur jarak dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan gelombang suara berfrekuensi tinggi yang kemudian dipantulkan kembali oleh objek dan diterima oleh sensor. Waktu tempuh gelombang tersebut digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dan objek. Dalam sistem greenhouse, sensor ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur ketinggian air dalam wadah atau tangki, sehingga membantu dalam pengelolaan sistem irigasi secara otomatis (Veda et al., 2022).

Sensor cahaya seperti Light Dependent Resistor (LDR) digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di lingkungan tanaman. LDR bekerja berdasarkan perubahan resistansi akibat intensitas cahaya yang diterima, di mana resistansi akan menurun ketika intensitas cahaya meningkat. Intensitas cahaya merupakan faktor penting dalam proses fotosintesis, sehingga pengukuran yang akurat sangat dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Penggunaan sensor LDR dalam sistem IoT memungkinkan pengendalian pencahayaan secara otomatis, seperti menyalakan lampu tambahan ketika cahaya alami tidak mencukupi (Rianti & Prastyo, 2022).

Integrasi berbagai sensor dengan mikrokontroler dalam sistem IoT memungkinkan terciptanya sistem monitoring dan kontrol yang terpusat. Data yang diperoleh dari sensor dapat dikirimkan secara real-time ke pengguna melalui jaringan internet, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman dari jarak jauh. Selain itu, sistem juga dapat dirancang untuk melakukan tindakan otomatis berdasarkan data yang diterima, seperti mengaktifkan pompa air ketika kelembapan tanah berada di bawah batas tertentu (Saputra & Papatungan, 2022; Fadhilah & Hardjianto, 2022).

Pengembangan sistem berbasis IoT dalam bidang pertanian tidak hanya terbatas pada greenhouse, tetapi juga mencakup konsep smart garden dan smart farming. Sistem ini mengintegrasikan berbagai teknologi untuk menciptakan lingkungan yang adaptif dan responsif terhadap kondisi lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT mampu meningkatkan produktivitas tanaman serta mengurangi kesalahan manusia dalam pengelolaan sistem pertanian (Ardiyani & Pradana, 2023).

Selain aspek teknis, penerapan smart greenhouse juga memiliki implikasi terhadap efisiensi sumber daya dan keberlanjutan lingkungan. Dengan adanya sistem monitoring dan kontrol otomatis, penggunaan air dan energi dapat dioptimalkan sehingga mengurangi pemborosan. Hal ini menjadi sangat penting dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya alam.

Berdasarkan berbagai kajian teoritis dan penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi IoT dalam sistem smart greenhouse memberikan solusi yang efektif dalam monitoring dan pengendalian lingkungan tanaman. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan prototype smart greenhouse berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan tanaman secara otomatis.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dalam bentuk rancang bangun sistem (prototype development). Metode ini digunakan untuk merancang, mengimplementasikan, serta menguji kinerja sistem monitoring dan penyiraman tanaman berbasis Internet of Things (IoT). Tahapan penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian

performa alat secara langsung. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode eksperimen efektif digunakan dalam pengembangan sistem IoT berbasis sensor dan mikrokontroler (Roziqin, Haq, dan Saputra, 2024).

Objek dalam penelitian ini adalah sistem monitoring tanaman berbasis ESP32 yang dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembapan udara (DHT), sensor kelembapan tanah (soil moisture), sensor ultrasonik, dan sensor cahaya (LDR). Sampel penelitian berupa data hasil pembacaan sensor yang diperoleh dari beberapa kondisi lingkungan yang berbeda, seperti variasi suhu ruangan, kondisi tanah kering dan lembap, perubahan intensitas cahaya, serta perubahan ketinggian air pada wadah tanaman. Data tersebut digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan pencatatan nilai sensor yang ditampilkan melalui serial monitor dan platform IoT Blynk. Instrumen penelitian berupa perangkat keras yang terdiri dari ESP32 dan berbagai sensor, serta perangkat lunak berupa Arduino IDE dan aplikasi Blynk. Data yang dikumpulkan meliputi suhu (°C), kelembapan udara (%), nilai kelembapan tanah (analog), intensitas cahaya (analog), dan jarak permukaan air (cm).

Analisis data dilakukan menggunakan metode deskriptif dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap kondisi aktual di lingkungan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara teori dan hasil pengukuran, serta untuk melihat pola hubungan antar variabel. Metode analisis deskriptif ini umum digunakan dalam penelitian sistem monitoring berbasis IoT untuk mengevaluasi performa sensor dan sistem (Denada dkk., 2023). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor memberikan respons yang konsisten dan sesuai dengan karakteristik masing-masing, sehingga instrumen penelitian dapat dikatakan valid dan layak digunakan dalam sistem monitoring.

Model penelitian yang digunakan adalah model input–proses–output. Input dalam sistem berupa data dari sensor suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan ketinggian air. Proses dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 yang mengolah data dan mengirimkannya ke platform IoT. Output berupa informasi kondisi lingkungan tanaman yang ditampilkan secara real-time pada aplikasi Blynk serta respon sistem berupa penyiraman otomatis. Dalam sistem ini, ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah batas tertentu, maka sistem akan mengaktifkan pompa air secara otomatis,

sedangkan jika kelembapan tanah berada pada kondisi cukup, maka pompa akan berhenti. Dengan demikian, sistem mampu bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi.

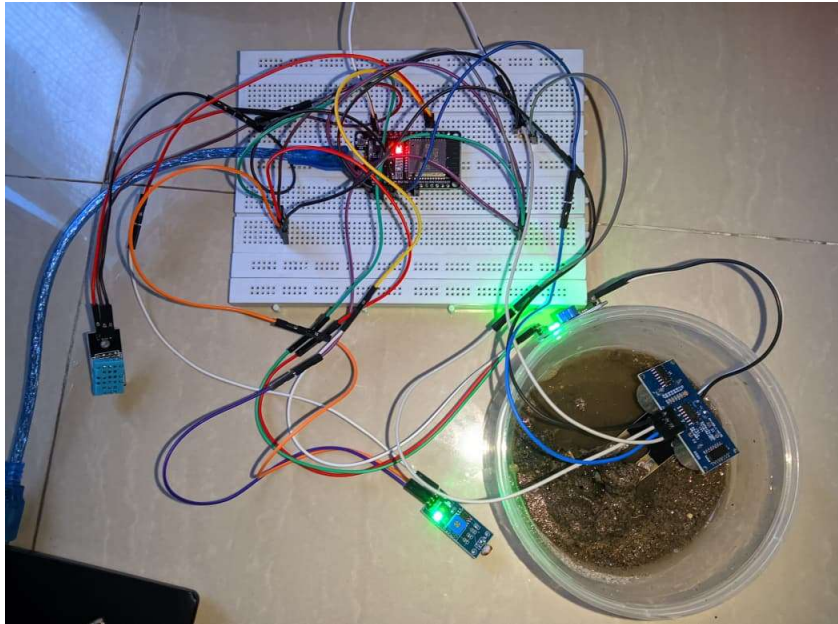
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2026 di lingkungan kelas yang dikondisikan sebagai area pengujian sistem, dengan menggunakan media tanam dalam pot sebagai representasi kondisi pertumbuhan tanaman. Pengujian dilakukan secara terbatas (indoor) untuk mengontrol variabel lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu, dan intensitas cahaya. Sistem yang diuji merupakan prototype smart greenhouse berbasis Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data.

Proses pengambilan data dilakukan selama beberapa hari dengan variasi kondisi lingkungan, meliputi perubahan suhu ruangan, kondisi kelembapan tanah, intensitas cahaya, serta volume air pada wadah tanaman. Data diperoleh dari beberapa sensor, yaitu sensor suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah, sensor ultrasonik, dan sensor cahaya (LDR). Data tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif untuk melihat kesesuaian antara hasil pengukuran dengan teori dan penelitian sebelumnya.

Pada penelitian sebelumnya, sistem monitoring berbasis IoT terbukti mampu memberikan data lingkungan secara real-time dan meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman (Saputra & Papatungan, 2022; Fadhilah & Hardjianto, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini juga mengacu pada konsep tersebut untuk menguji kinerja sistem yang telah dirancang.

Untuk memberikan gambaran nyata sistem yang digunakan, ditampilkan prototype alat pada Gambar 1.



Sumber: Data penelitian (2026)

Gambar 1. Prototype sistem monitoring dan penyiraman tanaman berbasis IoT

Berdasarkan Gambar 1, sistem terdiri dari beberapa sensor yang terintegrasi dengan ESP32 sebagai pusat kendali. Seluruh komponen dirancang dalam satu sistem greenhouse sederhana untuk melakukan monitoring kondisi tanaman secara real-time.

A. Hasil Pengujian Sensor

Hasil Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan Udara

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika suhu ruangan berada pada kondisi normal yaitu 30,5°C, kelembapan udara terukur sebesar 55%. Namun, ketika suhu meningkat hingga 38°C, kelembapan udara menurun menjadi 34%. Data ini menunjukkan adanya hubungan berbanding terbalik antara suhu dan kelembapan udara.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sensor Suhu dan Kelembapan Udara

Kondisi	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
Normal	30,5	55
Suhu Tinggi	38	34

Sumber: Data Penelitian (2026)

Berdasarkan data tersebut, sensor bekerja dengan baik karena mampu menunjukkan perubahan nilai yang konsisten. Hal ini sesuai dengan teori bahwa peningkatan suhu udara akan menurunkan kelembapan relatif karena kemampuan udara dalam menahan uap air meningkat (Akbar & Sugeng, 2021). Hasil ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa sensor suhu dan kelembapan dapat memberikan pembacaan yang stabil dalam sistem monitoring berbasis IoT.

Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Pengujian sensor soil moisture menunjukkan bahwa pada kondisi tanah kering, nilai pembacaan sensor mencapai 4095, sedangkan pada kondisi tanah lembap nilai sensor menurun menjadi 1776.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Sensor Kelembapan Tanah

Kondisi Tanah	Nilai Sensor
Kering	4095
Lembap	1776

Sumber: Data Penelitian (2026)

Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan kadar air dalam tanah dengan baik. Secara umum, kelembapan tanah yang ideal berada pada kisaran 40%–70%. Penurunan nilai sensor saat tanah lembap menunjukkan respon yang sesuai dengan karakteristik sensor soil moisture, di mana resistansi tanah menurun ketika kadar air meningkat (Daniel et al., 2022). Hasil ini memperkuat bahwa sistem penyiraman otomatis dapat bekerja berdasarkan data sensor secara akurat.

Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air pada wadah tanaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika volume air sedikit, jarak yang terbaca adalah 10,39 cm. Ketika volume air bertambah, jarak yang terukur menjadi lebih kecil, sebaliknya ketika volume air tidak bertambah atau berkurang maka jarak yang ditunjukkan pada monitor adalah >10,39 cm

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sensor Ultrasonik

Kondisi Air	Jarak (cm)
Air Sedikit	10,39
Air Bertambah	< 10,39

Sumber: Data Penelitian (2026)

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik bekerja sesuai prinsipnya, yaitu mengukur jarak berdasarkan waktu pantulan gelombang ultrasonik. Semakin dekat objek, maka semakin kecil jarak yang terukur (Veda et al., 2022). Hal ini membuktikan bahwa sensor dapat digunakan secara efektif untuk memonitor volume air dalam sistem greenhouse.

Hasil Pengujian Sensor Cahaya (LDR)

Pengujian sensor LDR menunjukkan bahwa pada kondisi cahaya normal, nilai pembacaan sensor adalah 3696, sedangkan pada kondisi terang nilai tersebut menurun menjadi 1776.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Sensor Cahaya (LDR)

Kondisi Cahaya	Nilai Sensor
Normal	3696
Terang	1776

Sumber: Data Penelitian (2026)

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor LDR bekerja sesuai dengan karakteristiknya, di mana nilai resistansi akan menurun ketika intensitas cahaya meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sensor LDR efektif digunakan dalam sistem monitoring intensitas cahaya berbasis IoT (Rianti & Prastyo, 2022).

Pembahasan Sistem dan Integrasi IoT

Sistem yang dirancang mengintegrasikan seluruh sensor dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data. ESP32 memiliki kemampuan komunikasi nirkabel yang memungkinkan pengiriman data secara real-time ke pengguna. Hal ini sesuai dengan konsep IoT yang menghubungkan perangkat fisik dengan jaringan internet untuk monitoring dan kontrol jarak jauh (Pamungkas, 2020).

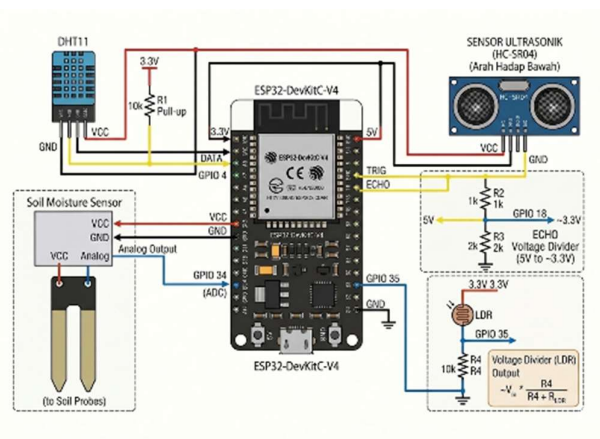
Dari hasil pengujian, seluruh sensor menunjukkan performa yang stabil dan sesuai dengan teori serta penelitian sebelumnya. Sistem mampu membaca kondisi lingkungan secara akurat dan memberikan data yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan, seperti penyiraman tanaman secara otomatis.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan IoT pada greenhouse dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga kondisi lingkungan tetap optimal (Rasyid et al., 2023; Ristian et al., 2022). Hasil penelitian ini juga menunjukkan kesesuaian dengan temuan tersebut, di mana sistem mampu memantau berbagai parameter lingkungan secara terintegrasi.

Selain itu, pengembangan sistem smart garden berbasis IoT juga menunjukkan bahwa penggunaan sensor dan mikrokontroler dapat meningkatkan produktivitas tanaman serta meminimalkan kesalahan manusia dalam pengelolaan (Ardiyani & Pradana, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut pada skala yang lebih besar.

B. Analisis Wiring Rangkaian

Rangkaian sistem yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.



Sumber: Data penelitian (2026)

Gambar 2. Wiring rangkaian sistem monitoring berbasis ESP32

Berdasarkan Gambar 2, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang menghubungkan seluruh sensor. Sensor soil moisture dan LDR dihubungkan ke pin analog untuk membaca perubahan tegangan, sedangkan sensor DHT11 dihubungkan ke pin digital untuk komunikasi data. Sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan dua pin, yaitu trigger dan echo, untuk mengirim dan menerima gelombang ultrasonik.

Konfigurasi wiring ini menunjukkan bahwa setiap sensor telah dihubungkan sesuai dengan karakteristik sinyalnya, sehingga sistem mampu bekerja secara optimal dan stabil dalam membaca data lingkungan.

C. Analisis Penempatan Sensor

Desain penempatan sensor dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 3.



Sumber: Data penelitian (2026)

Gambar 3. Penempatan sensor pada sistem greenhouse

Sensor soil moisture ditempatkan langsung pada media tanam di dekat akar tanaman agar dapat membaca kondisi kelembapan tanah secara akurat. ESP32 dipasang pada bagian dalam greenhouse dengan posisi sedikit terangkat untuk menghindari kelembapan berlebih.

Sensor ultrasonik ditempatkan di bagian atas dengan arah menghadap ke bawah untuk mengukur ketinggian air secara vertikal. Sensor DHT11 dipasang menggantung di tengah ruangan agar pembacaan suhu dan kelembapan udara lebih representatif. Sensor

LDR ditempatkan pada sisi samping dengan arah menghadap cahaya untuk mendeteksi intensitas cahaya secara optimal.

D. Pembahasan dan Keterkaitan Teori

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sensor bekerja sesuai dengan prinsip dasar masing-masing. Hubungan antara suhu dan kelembapan udara, serta hubungan antara kelembapan tanah dan nilai sensor, menunjukkan kesesuaian dengan teori yang ada.

Hasil ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sistem berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi dalam monitoring dan pengelolaan tanaman. Tidak ditemukan pertentangan dengan penelitian terdahulu, melainkan hasil penelitian ini memperkuat konsep penggunaan sensor dalam sistem pertanian modern.

E. Implikasi Penelitian

Secara teoritis, penelitian ini memperkuat konsep integrasi sensor dalam sistem IoT untuk monitoring lingkungan. Secara praktis, sistem ini dapat diterapkan sebagai solusi penyiraman otomatis yang efisien pada skala kecil hingga menengah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem smart greenhouse berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 mampu bekerja dengan baik dalam melakukan monitoring kondisi lingkungan tanaman secara real-time. Seluruh sensor yang digunakan menunjukkan kinerja yang sesuai dengan prinsip kerjanya, di mana sensor suhu dan kelembapan udara menunjukkan hubungan berbanding terbalik, sensor soil moisture mampu mendeteksi kadar air tanah secara akurat, sensor ultrasonik mampu mengukur ketinggian air, serta sensor LDR mampu mendeteksi intensitas cahaya dengan baik. Sistem yang dirancang terbukti mampu mengintegrasikan berbagai parameter lingkungan dalam satu platform yang efisien.

Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena dilakukan pada skala prototype dan dalam kondisi lingkungan yang terbatas. Oleh karena itu, disarankan untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan pengujian pada skala yang lebih besar dan kondisi lingkungan yang lebih kompleks. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan

menambahkan fitur kontrol otomatis dan integrasi aplikasi berbasis mobile untuk meningkatkan fungsionalitas.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, F., & Sugeng, S. (2021). Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruangan Penyimpanan Obat Berbasis Internet Of Things (IoT) di Puskesmas Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(9), 1021–1028. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v1i9.198>
- Ardiyana, E., & Pradana, R. (2023). Sistem monitoring dan kontrol pada smart garden menggunakan ESP8266 dengan Firebase dan smartphone Android. *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi*. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v1i13.93954>
- Daniel, R., Utomo, A. D. N., & Setyoko, Y. A. (2022). Rancang bangun alat monitoring kelembaban dan pH tanah serta pompa otomatis pada tanaman. *Ledger: Journal of Information Technology*, 1(4), 161–170. <https://doi.org/10.20895/ledger.v1i4>
- Fadhilah, F., & Hardjianto, M. (2022). Sistem Monitoring dan Kendali Tanaman Hidroponik berbasis Internet of Things pada Smart Green House. *Jurnal Ticom: Technology of Information and Communication*, 11(1), 39–43. <https://doi.org/10.70309/ticom.v11i1.69>
- Pamungkas, S. (2020). Smart greenhouse system on paprika plants based on Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Telekomunikasi Kendali Dan Elektronika Terapan (Telekontran)*, 7(2), 197–207. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i2.2277>
- Rasyid, A. N., Hamdani, D., & Setiawan, I. (2023). Rancang Bangun Smart Greenhouse Berbasis Arduino Uno. *Amplitudo: Jurnal Ilmu Dan Pembelajaran Fisika*, 2(2), 125–132. <https://doi.org/10.33369/ajipf.2.2.125-132>
- Rianti, K. P. K., & Prastyo, Y. (2022). Analisis Penggunaan Sensor Suhu Dan Kelembaban Untuk Monitoring Lingkungan Greenhouse Berbasis Arduino. *Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 16(2), 200–210. <https://doi.org/10.35457/antivirus.v16i2.2512>
- Ristian, U., Ruslianto, I., & Sari, K. (2022). Sistem Monitoring Smart Greenhouse pada Lahan Terbatas Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 8(1), 87. <https://doi.org/10.26418/jp.v8i1.52770>
- Saputra, Z. M. M., & Papatungan, I. V. (2022). Penerapan Internet of Things pada Greenhouse. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 3(4), 394–403. <https://doi.org/10.47065/josh.v3i4.1833>
- Veda, J., Rivai, M., & Suwito, S. (2022). Sistem Kontrol dan Monitoring Pemupukan NPK Tanaman dengan Mikrokontroler ESP32. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), 1–11. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v1i13.93954>