



Jurnal Pustaka Robot Sister

Jurnal Pusat Akses Kajian Robotika, Sistem
Tertanam, dan Sistem Terdistribusi



Vol. 4 No. 2 (2026) 38 – 48

E ISSN: 2987-1522

Smart Pot Monitor Berbasis Android Menggunakan Sensor Soil Moisture

Prily Fitria Aziz¹, Risa Nadia Ernes², Nanda Tommy Wirawan^{3*}

¹Teknologi Permainan, Desain, Politeknik Negeri Media Kreatif

^{2,3}Sistem Komputer, Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang

¹prilyfa@polimedia.ac.id, ²risanadiaernes@upiypk.ac.id, ^{3*}nandatommyw@upiypk.ac.id

Abstract

The development of information technology and automation systems has encouraged innovation in the agricultural sector, particularly in monitoring plant growth media conditions. One of the main challenges in potted plant cultivation is maintaining optimal soil moisture and monitoring water conditions continuously. This study aims to design and develop a Smart Pot Monitor system for monitoring planting media conditions in potted plants using a Soil Moisture sensor integrated with an Android smartphone. The research method employed includes system analysis, hardware and software design, implementation, and testing using the Waterfall development model. The system utilizes an Arduino Mega 2560 microcontroller, Soil Moisture sensor, Ultrasonic sensor, HC-05 Bluetooth module, ESP32-CAM, buzzer, and Android-based Blynk application. Data collected include soil moisture levels, water level conditions, and visual monitoring results from the camera module. The test results indicate that the Soil Moisture sensor successfully detects soil moisture conditions, while the Ultrasonic sensor accurately detects water level conditions within the plant pot. Information and notifications are transmitted to smartphones via Bluetooth communication, and visual monitoring can be performed remotely through ESP32-CAM. The developed system is capable of assisting users in monitoring planting media conditions effectively and in real-time. Therefore, the Smart Pot Monitor can serve as an alternative solution for improving the efficiency of potted plant maintenance through smartphone-based monitoring technology.

Keywords: smart pot monitor, soil moisture sensor, android monitoring, planting media, Arduino Mega 2560

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dan sistem otomatisasi telah mendorong munculnya berbagai inovasi di bidang pertanian, khususnya dalam pemantauan kondisi media tanam. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi pada budidaya tanaman dalam pot adalah menjaga kelembapan tanah serta memantau kondisi media tanam secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem Smart Pot Monitor sebagai alat pemantauan kondisi media tanam pada tanaman dalam pot menggunakan sensor Soil Moisture yang terintegrasi dengan smartphone Android. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem, serta pengujian menggunakan model pengembangan Waterfall. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor Soil Moisture, sensor ultrasonik, modul Bluetooth HC-05, ESP32-CAM, buzzer, dan aplikasi Blynk berbasis Android. Data yang diamati meliputi tingkat kelembapan tanah, kondisi ketinggian air pada media tanam, serta hasil pemantauan visual melalui kamera. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor Soil Moisture mampu mendeteksi tingkat kelembapan tanah dengan baik, sedangkan sensor ultrasonik mampu mendeteksi kondisi genangan air pada pot tanaman. Informasi kondisi media tanam dapat dikirimkan ke smartphone melalui komunikasi Bluetooth dan pemantauan visual dapat dilakukan secara jarak jauh menggunakan ESP32-CAM. Berdasarkan hasil penelitian, sistem yang dikembangkan mampu membantu pengguna dalam memantau kondisi media tanam secara efektif dan real-time. Dengan demikian, Smart Pot Monitor dapat menjadi solusi alternatif dalam meningkatkan efisiensi perawatan tanaman pot berbasis teknologi Android.

Kata kunci: smart pot monitor, sensor soil moisture, monitoring android, media tanam, Arduino Mega 2560

© 2026 Author
 Creative Commons Attribution 4.0 International License



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi, *Internet of Things* (IoT), dan sistem otomasi telah mendorong transformasi digital pada berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. Pemanfaatan teknologi dalam bidang pertanian bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya, produktivitas tanaman, serta mempermudah proses pemantauan kondisi lingkungan secara berkelanjutan. Salah satu parameter penting yang memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah kondisi media tanam, khususnya tingkat kelembapan tanah. Kelembapan tanah yang tidak sesuai dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan tanaman akibat kekurangan maupun kelebihan air, sehingga berdampak pada kualitas dan produktivitas tanaman. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemantauan kelembapan tanah secara real-time menjadi komponen penting dalam sistem pertanian cerdas (*smart agriculture*) karena berperan dalam mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dan efisien.

Pada praktiknya, pemantauan kondisi media tanam pada tanaman pot masih banyak dilakukan secara manual dengan mengamati kondisi fisik tanah dan tanaman. Metode tersebut memiliki beberapa keterbatasan, seperti rendahnya akurasi pengamatan, ketergantungan pada keberadaan pengguna, serta tidak tersedianya data pemantauan secara berkelanjutan. Selain itu, pemilik tanaman sering mengalami kesulitan untuk mengetahui kondisi tanaman ketika berada jauh dari lokasi tanaman, sehingga tindakan perawatan tidak dapat dilakukan secara tepat waktu. Kondisi ini menunjukkan perlunya suatu sistem monitoring yang mampu memberikan informasi kondisi tanaman secara cepat, akurat, dan dapat diakses secara real-time melalui perangkat bergerak.

Seiring berkembangnya teknologi IoT, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pemantauan tanaman berbasis sensor dan mikrokontroler. Sistem monitoring berbasis sensor *Soil Moisture* telah banyak digunakan untuk mendeteksi kondisi kelembapan tanah dan membantu pengelolaan irigasi secara lebih efisien. Beberapa penelitian mengintegrasikan sensor kelembapan tanah dengan aplikasi Android untuk menampilkan informasi kondisi tanaman secara real-time, sedangkan penelitian lainnya menambahkan kamera sebagai sarana monitoring visual tanaman. Sistem berbasis IoT yang menggabungkan sensor kelembapan tanah, aplikasi Android, dan kamera juga telah mulai diterapkan pada konsep *Smart Garden*, *Smart Irrigation*, dan *Smart Farming*.

Meskipun demikian, hasil kajian literatur menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada pemantauan satu atau dua parameter tertentu, seperti kelembapan tanah, suhu lingkungan, atau monitoring visual tanaman. Penelitian yang menggunakan kamera umumnya hanya berfungsi sebagai alat pemantauan visual tanpa mempertimbangkan kondisi genangan air pada media tanam. Padahal, genangan air merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan pembusukan akar, menurunkan kualitas pertumbuhan tanaman, bahkan menyebabkan kematian tanaman apabila tidak terdeteksi sejak dini. Selain itu, informasi yang diterima pengguna masih cenderung terpisah sehingga belum mampu memberikan gambaran kondisi tanaman secara menyeluruh.

Untuk mengidentifikasi posisi penelitian ini terhadap penelitian terdahulu, dilakukan analisis kesenjangan (*gap analysis*) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Gap Analysis Penelitian Terdahulu dan Kontribusi Penelitian

Penelitian	Fokus Penelitian	Soil Moisture	Monitoring Visual	Deteksi Genangan Air	Monitoring Android	Keterbatasan
Ella et al. [1]	Monitoring kelembapan tanah berbasis IoT	✓	×	×	✓	Hanya memantau kelembapan tanah tanpa informasi visual tanaman dan kondisi genangan air
Bavitra et al. [2]	Studi komparasi sensor kelembapan tanah	✓	×	×	×	Fokus pada performa sensor, belum menyediakan sistem monitoring terintegrasi
Zakaria et al. [3]	Smart irrigation berbasis IoT	✓	×	×	✓	Berorientasi pada pengendalian irigasi, belum mendukung monitoring visual tanaman

Pingkan et al. [6]	Smart Garden berbasis Android	✓	✓	X	✓	Belum mampu mendeteksi genangan air pada media tanam
Hasib dan Akib [10]	Smart Plant Monitoring berbasis IoT	✓	✓	X	✓	Monitoring lingkungan telah dilakukan, namun belum menyediakan deteksi genangan air pada media tanam
Penelitian Ini	Smart Pot Monitor Multi-Parameter	✓	✓	✓	✓	Mengintegrasikan seluruh parameter monitoring dalam satu platform

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa penelitian terdahulu telah berhasil menerapkan teknologi IoT untuk memantau kelembapan tanah, menampilkan data melalui perangkat Android, maupun menyediakan monitoring visual tanaman. Akan tetapi, belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan pemantauan kelembapan tanah, deteksi genangan air, monitoring visual tanaman, serta monitoring berbasis Android dalam satu sistem pemantauan tanaman pot yang terpadu. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian berupa belum tersedianya sistem yang mampu memberikan informasi kondisi media tanam secara lebih komprehensif melalui kombinasi beberapa parameter penting secara bersamaan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengembangkan Smart Pot Monitor berbasis Android yang mengintegrasikan sensor *Soil Moisture*, sensor ultrasonik, modul Bluetooth HC-05, dan ESP32-CAM dalam satu sistem monitoring. Sensor *Soil Moisture* digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi kondisi genangan air pada pot tanaman, sedangkan ESP32-CAM digunakan untuk menyediakan pemantauan visual tanaman secara real-time. Seluruh informasi yang diperoleh dari sensor ditampilkan melalui smartphone Android sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara lebih mudah, cepat, dan efisien.

Kontribusi utama (*scientific contribution*) penelitian ini tidak hanya terletak pada integrasi perangkat keras, tetapi pada pengembangan konsep multi-parameter plant monitoring yang menggabungkan empat aspek pemantauan penting dalam satu platform, yaitu pemantauan kelembapan tanah, deteksi genangan air, monitoring visual tanaman, dan penyampaian informasi secara real-time melalui perangkat Android. Pendekatan ini memungkinkan pengguna memperoleh informasi kondisi tanaman secara lebih lengkap dibandingkan penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada satu atau dua parameter monitoring. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan tanaman pot serta mendukung pengambilan keputusan perawatan tanaman secara lebih tepat dan berbasis data.

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem Smart Pot Monitor berbasis Android yang mampu memantau kondisi media tanam secara real-time melalui pengukuran kelembapan tanah, deteksi genangan air, dan pemantauan visual tanaman. Sistem yang dihasilkan diharapkan dapat membantu pengguna dalam melakukan pemeliharaan tanaman secara lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem Waterfall yang terdiri atas beberapa tahapan, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi sistem. Metode Waterfall dipilih karena memiliki alur pengembangan yang sistematis dan terstruktur sehingga memudahkan proses perancangan serta implementasi perangkat keras dan perangkat lunak pada sistem Smart Pot Monitor [11]. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, yang dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Pada tahap ini ditentukan komponen yang digunakan dalam pembangunan sistem, seperti Arduino Mega 2560, sensor *Soil Moisture*, sensor Ultrasonik SRF-04, modul Bluetooth HC-05, ESP32-CAM, buzzer, serta aplikasi Android sebagai media monitoring.

Tahap kedua adalah perancangan sistem, yang meliputi perancangan arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap ini dibuat diagram sistem, blok diagram, flowchart, serta rancangan komunikasi data antar komponen yang digunakan dalam Smart Pot Monitor.

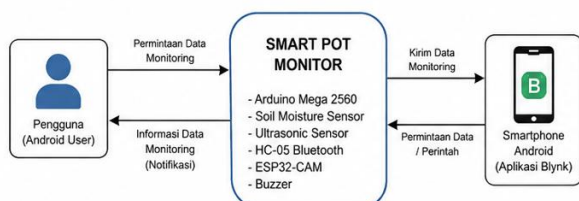
Tahap ketiga adalah implementasi sistem, yaitu proses perakitan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE. Pada tahap ini seluruh komponen diintegrasikan sehingga membentuk sistem monitoring yang dapat melakukan pembacaan data sensor, pengiriman data, serta monitoring visual tanaman secara real-time.

Tahap keempat adalah pengujian sistem, yang dilakukan untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Pengujian dilakukan terhadap sensor *Soil Moisture*, sensor Ultrasonik, komunikasi Bluetooth, aplikasi

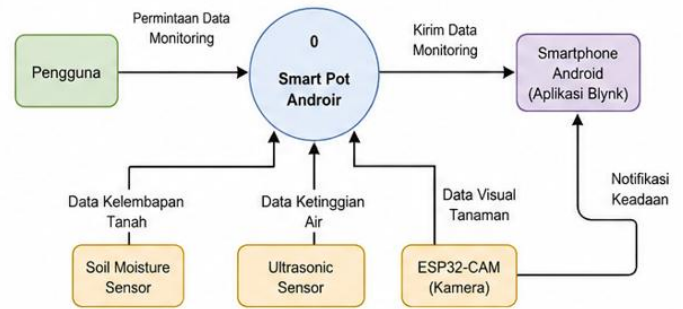
Android, dan ESP32-CAM sebagai media monitoring visual.

Tahap terakhir adalah evaluasi sistem, yaitu menganalisis hasil pengujian untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan pemantauan kondisi media tanam secara real-time. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk menilai kinerja sistem serta menentukan kemungkinan pengembangan pada penelitian selanjutnya. Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan identifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pembangunan Smart Pot Monitor. Komponen utama yang digunakan terdiri dari Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama sistem [12], sensor Soil Moisture sebagai pendeteksi kelembapan media tanam [15], sensor Ultrasonik SRF-04 sebagai pendeteksi ketinggian genangan air [16], modul Bluetooth HC-05 sebagai media komunikasi data, ESP32-CAM sebagai perangkat monitoring visual [13], buzzer sebagai indikator suara, dan smartphone Android sebagai media monitoring pengguna.

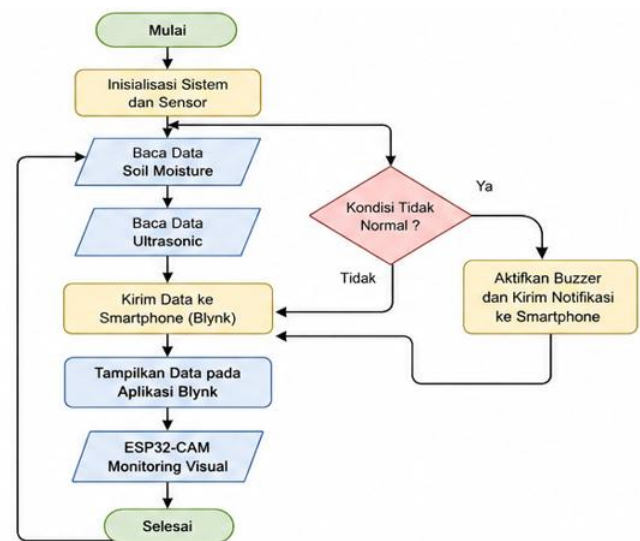
Tahap perancangan sistem dilakukan menggunakan Context Diagram, Data Flow Diagram (DFD), Block Diagram, dan Flowchart untuk menggambarkan struktur sistem, aliran data, hubungan antar komponen, serta proses kerja Smart Pot Monitor. Context Diagram digunakan untuk menunjukkan interaksi antara pengguna dengan sistem secara keseluruhan. DFD digunakan untuk memodelkan aliran data yang berasal dari sensor menuju sistem monitoring dan aplikasi Android. Block Diagram digunakan untuk menggambarkan hubungan antar perangkat keras yang terdiri dari sensor *Soil Moisture*, sensor Ultrasonik, Arduino Mega 2560, modul Bluetooth HC-05, ESP32-CAM, buzzer, dan smartphone Android sebagai media monitoring. Sementara itu, Flowchart digunakan untuk menjelaskan urutan proses kerja sistem, mulai dari pembacaan data sensor, pengolahan data, pengiriman informasi ke perangkat Android, hingga pemberian notifikasi berdasarkan kondisi media tanam. Penggunaan keempat diagram tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai arsitektur sistem dan mekanisme kerja Smart Pot Monitor sebelum tahap implementasi dilakukan. Selanjutnya, dilakukan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak berdasarkan hasil perancangan hingga terbentuk sistem monitoring yang mampu beroperasi secara real-time.



Gambar 1. Context Smart Pot Monitor



Gambar 2. Data Flow Diagram Smart Pot Monitor Level 0



Gambar 3. Flowchart Smart Pot Monitor

Setelah tahapan perancangan dari context diagram seperti pada gambar 1, DFD pada gambar 2, dan Flowchart pada gambar 3. Selanjutnya dilakukan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak hingga terbentuk sistem monitoring yang dapat beroperasi secara real-time.

2.2 Perancangan Sistem

Sistem Smart Pot Monitor terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Bagian input terdiri dari sensor *Soil Moisture* dan sensor Ultrasonik. Sensor *Soil Moisture* digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan media tanam berdasarkan nilai analog yang dibaca oleh Arduino Mega 2560. Nilai keluaran sensor kemudian dikonversi menjadi kategori kondisi tanah, yaitu kering, lembap, dan basah berdasarkan nilai ambang (*threshold*) yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, nilai pembacaan sensor di bawah 300 dikategorikan sebagai tanah basah, nilai antara 300–600 dikategorikan sebagai tanah lembap, sedangkan nilai di atas 600 dikategorikan sebagai tanah kering.

Sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan air pada bagian bawah pot tanaman. Pengukuran dilakukan dengan

menghitung waktu tempuh gelombang ultrasonik yang dipancarkan dan diterima kembali oleh sensor. Apabila jarak yang terukur berada di bawah batas yang telah ditentukan, sistem akan mengidentifikasi adanya genangan air pada media tanam. Dalam penelitian ini, kondisi genangan dinyatakan terjadi apabila jarak permukaan air terhadap sensor kurang dari 15 cm.

Data hasil pembacaan sensor diproses oleh Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali sistem. Arduino melakukan pengolahan data dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap nilai ambang yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, sistem menentukan kondisi media tanam dan menghasilkan keluaran yang sesuai.

Bagian output terdiri dari buzzer, aplikasi Blynk pada smartphone Android, dan ESP32-CAM. Buzzer digunakan sebagai notifikasi lokal yang akan aktif ketika kondisi tanah berada pada kategori kering atau ketika terdeteksi adanya genangan air. Selain itu, sistem mengirimkan informasi kondisi media tanam ke aplikasi Blynk melalui modul Bluetooth HC-05. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai kelembapan tanah, status kondisi tanah, status genangan air, serta notifikasi peringatan apabila kondisi media tanam berada di luar batas normal. ESP32-CAM digunakan untuk menyediakan monitoring visual tanaman secara real-time melalui jaringan Wi-Fi sehingga pengguna dapat melihat kondisi tanaman secara langsung melalui perangkat smartphone.

Pseudocode Sistem

Mulai

Inisialisasi Sensor Soil Moisture

Inisialisasi Sensor Ultrasonik

Inisialisasi Bluetooth HC-05

Inisialisasi ESP32-CAM

Loop:

Baca nilai Soil Moisture

Jika nilai > 600

Status = Tanah Kering
Buzzer ON
Kirim Notifikasi Android

Else jika nilai 300 - 600

Status = Tanah Lembap

Buzzer OFF

Else

Status = Tanah Basah

Buzzer OFF

End If

Baca Sensor Ultrasonik

Jika jarak < 15 cm

Status Genangan = Terdeteksi

Buzzer ON

Kirim Notifikasi Android

Else

Status Genangan = Tidak Terdeteksi

End If

Kirim Data ke Android

Tampilkan Monitoring Kamera ESP32-CAM

Ulangi proses

Selesai

2.3 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen sesuai rancangan sistem. Sensor Soil Moisture dipasang pada media tanam untuk memperoleh data kelembapan tanah secara langsung. Sensor Ultrasonik ditempatkan pada bagian atas pot untuk mengukur ketinggian air. Modul Bluetooth HC-05 dihubungkan ke Arduino Mega 2560 sebagai media komunikasi data dengan smartphone Android. ESP32-CAM digunakan sebagai perangkat monitoring visual yang dapat diakses melalui browser menggunakan alamat IP tertentu [13].

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Perangkat Keras yang digunakan

No	Nama Perangkat	Spesifikasi	Fungsi
1	Arduino Mega 2560	Mikrokontroler ATmega2560, tegangan operasi 5V, 54 pin digital I/O, 16 pin analog input	Sebagai pengendali utama sistem dan pemroses data sensor
2	Sensor Soil Moisture	Tegangan kerja 3,3–5V, output analog dan digital	Mengukur tingkat kelembapan media tanam
3	Sensor Ultrasonik SRF-04	Jarak ukur 2–400 cm, frekuensi 40 kHz, tegangan kerja 5V	Mendeteksi ketinggian air atau genangan pada pot tanaman
4	Modul Bluetooth HC-05	Frekuensi 2,4 GHz, komunikasi serial UART, tegangan kerja 3,6–6V	Mengirim data monitoring ke smartphone Android

5	ESP32-CAM	Mikrokontroler ESP32 dengan kamera OV2640, Wi-Fi 802.11 b/g/n	Monitoring visual tanaman secara real-time
6	Buzzer	Tegangan kerja 3–5V	Memberikan notifikasi suara ketika kondisi tertentu terdeteksi
7	Smartphone Android	Sistem operasi Android 8.0 atau lebih tinggi	Menampilkan hasil monitoring dan notifikasi sistem
8	Catu Daya (Power Supply)	Output 5V DC	Menyuplai daya ke seluruh komponen sistem
9	Kabel Jumper	Male-to-Male dan Male-to-Female	Menghubungkan antar komponen elektronik
10	Pot Tanaman	Media penempatan sensor dan tanaman	Objek pemantauan sistem Smart Pot Monitor

2.4 Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C. Program dirancang untuk melakukan pembacaan data sensor secara berkala, mengolah data berdasarkan nilai ambang batas, dan mengirimkan hasil pembacaan ke aplikasi Blynk [14].

Pada penelitian ini digunakan dua parameter utama yaitu nilai kelembapan tanah dan ketinggian air. Berdasarkan hasil kalibrasi awal, nilai kelembapan ≥ 550 menunjukkan kondisi tanah lembap, sedangkan nilai < 550 menunjukkan kondisi tanah kering. Untuk sensor Ultrasonik, sistem memberikan notifikasi apabila ketinggian air mencapai batas ≥ 15 cm.

2.5 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan terhadap setiap modul dan sistem secara keseluruhan. Pengujian sensor Soil Moisture dilakukan pada kondisi tanah kering, lembap, dan basah untuk mengetahui konsistensi pembacaan sensor [15]. Pengujian sensor Ultrasonik dilakukan dengan variasi ketinggian air sebesar 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm untuk mengetahui akurasi pendeteksian genangan air [16].

Pengujian komunikasi data dilakukan dengan menghubungkan smartphone Android ke modul Bluetooth HC-05 dan mengamati keberhasilan pengiriman data ke aplikasi Blynk [14]. Pengujian ESP32-CAM dilakukan dengan mengakses alamat IP kamera melalui browser dan mengamati kemampuan sistem dalam menampilkan citra tanaman secara real-time [13].

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap kondisi aktual media tanam. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam melakukan monitoring kondisi media tanam secara real-time.

3. Hasil dan Pembahasan

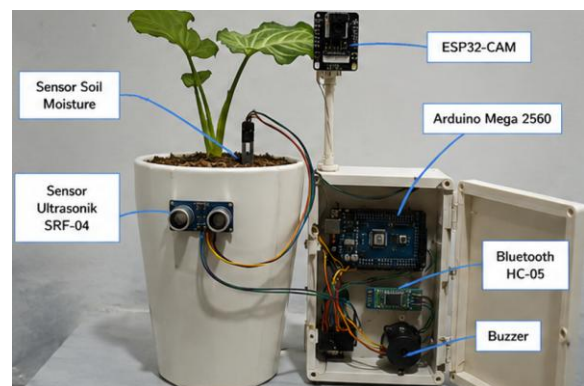
Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem Smart Pot Monitor berbasis Android yang mampu memantau kondisi media tanam pada tanaman pot secara real-

time. Sistem yang dikembangkan terdiri dari sensor Soil Moisture sebagai pendeteksi kelembapan tanah, sensor Ultrasonik SRF-04 sebagai pendeteksi ketinggian air, modul Bluetooth HC-05 sebagai media komunikasi data, ESP32-CAM sebagai media monitoring visual, buzzer sebagai indikator peringatan, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna pada smartphone Android.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi empat fungsi pemantauan dalam satu sistem, yaitu pemantauan kelembapan tanah, deteksi genangan air, notifikasi kondisi media tanam melalui smartphone Android, dan monitoring visual tanaman secara real-time menggunakan ESP32-CAM. Penelitian sebelumnya umumnya hanya berfokus pada pemantauan kelembapan tanah atau sistem penyiraman otomatis, sedangkan penelitian ini menggabungkan beberapa fungsi monitoring dalam satu platform sehingga pengguna dapat memperoleh informasi kondisi tanaman secara lebih lengkap.

3.1 Hasil Implementasi Sistem

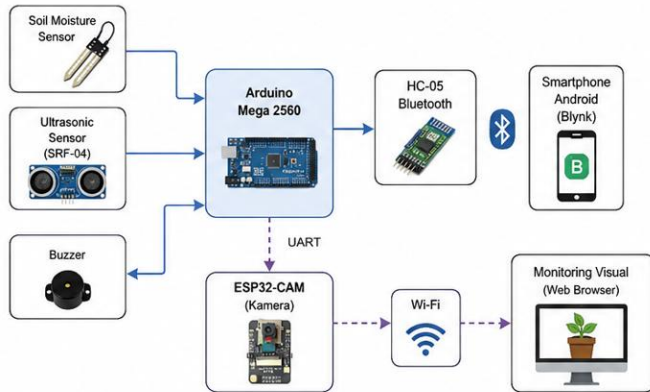
Hasil implementasi perangkat keras Smart Pot Monitor ditunjukkan pada Gambar 4. Sistem terdiri dari Arduino Mega 2560, sensor Soil Moisture, sensor Ultrasonik SRF-04, Bluetooth HC-05, ESP32-CAM, dan buzzer yang terhubung menjadi satu kesatuan sistem monitoring.



Gambar 4. Prototipe Smart Pot Monitor

Arsitektur sistem yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5. Data yang diperoleh

dari sensor Soil Moisture dan sensor Ultrasonik diproses oleh Arduino Mega 2560 kemudian dikirimkan ke smartphone Android melalui Bluetooth HC-05. Selain itu, ESP32-CAM digunakan untuk mengirimkan tampilan visual tanaman secara real-time.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem Smart Pot Monitor

3.2 Hasil Pengujian Sensor Soil Moisture

Pengujian sensor *Soil Moisture* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi tingkat kelembapan media tanam berdasarkan nilai ambang (*threshold*) yang telah ditentukan pada sistem. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi media tanam, yaitu kering, lembap, dan basah. Hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan kondisi aktual media tanam yang diamati secara langsung sebagai standar pembandingan. Parameter evaluasi yang digunakan meliputi akurasi, presisi, dan *error rate*. Hasil pengujian sensor *soil moisture* dapat dilihat pada tabel 3, dan ringkasan hasil pengujian *sensor soil moisture* pada tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Soil Moisture

No	Kondisi Aktual	Nilai Sensor	Kategori Sensor	Kategori Referensi	Hasil
1	Kering	210	Kering	Kering	Sesuai
2	Kering	225	Kering	Kering	Sesuai
3	Kering	240	Kering	Kering	Sesuai
4	Lembap	560	Lembap	Lembap	Sesuai
5	Lembap	575	Lembap	Lembap	Sesuai
6	Lembap	590	Lembap	Lembap	Sesuai
7	Basah	650	Basah	Basah	Sesuai
8	Basah	670	Basah	Basah	Sesuai
9	Basah	685	Basah	Basah	Sesuai

Tabel 4. Ringkasan Hasil Pengujian Sensor Soil Moisture

Parameter	Nilai
Jumlah Pengujian	9
Data Sesuai	9
Data Tidak Sesuai	0
Akurasi	100%
Presisi	100%

Error Rate	0%
Standar Pembandingan	Kondisi aktual media tanam

3.2.1 Evaluasi Kinerja Sensor Soil Moisture

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan sensor *Soil Moisture* dalam mengklasifikasikan kondisi media tanam, dilakukan evaluasi menggunakan parameter akurasi, *error rate*, dan presisi. Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil pengujian yang membandingkan kondisi aktual media tanam dengan hasil klasifikasi yang diberikan oleh sistem. Hasil Perhitungan Akurasi, *Error Rate*, dan Presisi Sensor *Soil Moisture* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Akurasi, Error Rate, dan Presisi Sensor Soil Moisture

Parameter	Rumus	Perhitungan	Hasil
Akurasi	$\frac{\text{Jumlah Data Sesuai}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$	$(9/9) \times 100\%$	100%
Error Rate	$\frac{\text{Jumlah Data Tidak Sesuai}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$	$(0/9) \times 100\%$	0%
Presisi	$\frac{TP}{TP + FP} \times 100\%$	$\frac{9}{9 + 0} \times 100\%$	100%

Keterangan:

TP (True Positive) = Jumlah data yang berhasil diklasifikasikan dengan benar.

FP (False Positive) = Jumlah data yang diklasifikasikan salah oleh sistem.

Jumlah Data Sesuai = 9 data.

Jumlah Data Tidak Sesuai = 0 data.

Jumlah Pengujian = 9 kali pengujian.

Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 5, sensor *Soil Moisture* memperoleh nilai akurasi sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh hasil klasifikasi yang dilakukan sistem sesuai dengan kondisi aktual media tanam. Nilai *error rate* yang diperoleh sebesar 0%, menandakan bahwa tidak terdapat kesalahan klasifikasi selama proses pengujian. Selain itu, nilai presisi sebesar 100% menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kondisi kelembapan media tanam dengan tingkat ketepatan yang sangat baik.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor *Soil Moisture* yang digunakan pada sistem Smart Pot Monitor mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam mendeteksi kondisi kelembapan tanah dan mendukung proses monitoring media tanam secara real-time. Dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi serta *error rate* yang rendah, sensor dapat digunakan sebagai sumber data utama dalam proses pengambilan keputusan pada sistem Smart Pot Monitor.

3.3 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor Ultrasonik dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur ketinggian air pada pot tanaman serta mendeteksi kondisi genangan air berdasarkan batas yang telah

ditentukan pada sistem. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai ketinggian air aktual yang diukur menggunakan penggaris dengan hasil pembacaan sensor Ultrasonik. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap status notifikasi yang dihasilkan oleh sistem ketika ketinggian air mencapai nilai ambang yang telah ditentukan. Hasil pengujian sensor ultrasonik dapat dilihat pada tabel 6, dan hasil evaluasinya seperti pada tabel 7.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Ketinggian Air (cm)	Hasil Sensor (cm)	Selisih Error (cm)	Error (%)	Status Notifikasi
1	5	5,1	0,1	2,00	Tidak Aktif
2	10	10,2	0,2	2,00	Tidak Aktif
3	14	14,1	0,1	0,71	Tidak Aktif
4	15	15,0	0,0	0,00	Aktif
5	16	16,1	0,1	0,63	Aktif
6	18	18,2	0,2	1,11	Aktif
7	20	20,1	0,1	0,50	Aktif

Tabel 7. Hasil Evaluasi Sensor Ultrasonik

Parameter	Nilai
Jumlah Pengujian	7
Total Error (%)	6,95
Rata-rata Error (%)	0,99
Akurasi Sensor (%)	99,01
Batas Aktivasi Notifikasi	≥ 15 cm

Selain mampu mengukur ketinggian air dengan baik, sensor Ultrasonik juga berhasil mendeteksi kondisi genangan air sesuai dengan batas yang telah ditentukan pada sistem. Notifikasi akan aktif ketika ketinggian air mencapai atau melebihi 15 cm, sedangkan pada ketinggian di bawah 15 cm sistem tidak mengaktifkan notifikasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor Ultrasonik dapat digunakan secara efektif untuk mendukung fungsi deteksi genangan air pada sistem Smart Pot Monitor.

3.4 Hasil Monitoring Android

Tampilan monitoring pada aplikasi Blynk ditunjukkan pada Gambar 6. Aplikasi menampilkan informasi kelembapan tanah, ketinggian air, status sistem, dan kondisi buzzer secara real-time.

Sistem juga mampu mengirimkan notifikasi ketika kondisi media tanam berada di luar batas yang telah ditentukan. Notifikasi kondisi tanah kering ditunjukkan pada Gambar 7.

Selain itu, sistem dapat memberikan notifikasi apabila ketinggian air pada pot melebihi batas yang telah ditentukan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6. Tampilan Dashboard Smart Pot Monitor



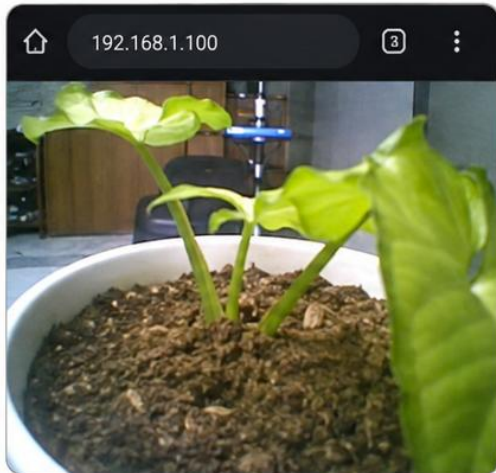
Gambar 7. Notifikasi Tanah Kering



Gambar 8. Notifikasi Genangan Air

3.5 Hasil Monitoring Visual ESP32-CAM

Pengujian ESP32-CAM dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan monitoring visual tanaman secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa gambar tanaman dapat ditampilkan melalui browser smartphone menggunakan alamat IP yang dihasilkan oleh ESP32-CAM seperti tampak pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Monitoring Visual Menggunakan ESP32-CAM

Monitoring visual memungkinkan pengguna untuk melihat kondisi fisik tanaman secara langsung tanpa harus berada di lokasi tanaman.

3.6 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang terdiri dari sensor *Soil Moisture*, sensor Ultrasonik SRF-04, Arduino Mega 2560, modul Bluetooth HC-05, aplikasi Blynk pada smartphone Android, buzzer, dan ESP32-CAM. Pengujian bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam melakukan monitoring kondisi media tanam secara *real-time* serta mengukur performa komunikasi data dan monitoring visual yang dihasilkan.

Tabel 8. Hasil Pengujian Fungsional Sistem

No	Pengujian	Hasil
1	Pembacaan Sensor Soil Moisture	Berhasil
2	Pembacaan Sensor Ultrasonik	Berhasil
3	Pengiriman Data Bluetooth	Berhasil
4	Monitoring Blynk	Berhasil
5	Notifikasi Smartphone	Berhasil
6	Monitoring ESP32-CAM	Berhasil
7	Integrasi Sistem	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 8, seluruh komponen sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Sensor *Soil Moisture* mampu mendeteksi perubahan tingkat kelembapan media tanam, sensor Ultrasonik mampu mendeteksi ketinggian air, modul Bluetooth HC-05 berhasil mengirimkan data ke aplikasi Android, dan ESP32-

CAM mampu menampilkan kondisi visual tanaman secara *real-time*.

Nilai kelembapan tanah yang dihasilkan sensor berubah seiring dengan perubahan kandungan air pada media tanam. Semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam tanah, semakin besar nilai pembacaan yang dihasilkan sensor. Perubahan tersebut terjadi karena kandungan air memengaruhi konduktivitas listrik pada media tanam yang menjadi dasar kerja sensor *Soil Moisture*. Oleh karena itu, nilai sensor dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan kondisi tanah kering, lembap, atau basah.

Penentuan nilai ambang (*threshold*) dilakukan melalui proses kalibrasi awal terhadap media tanam yang digunakan pada penelitian. Berdasarkan hasil pengujian, nilai di bawah 300 menunjukkan kondisi tanah kering, nilai 301–600 menunjukkan kondisi tanah lembap, sedangkan nilai di atas 600 menunjukkan kondisi tanah basah. Nilai ambang tersebut dipilih karena memberikan pemisahan yang paling jelas antar kondisi media tanam sehingga mampu mengurangi kesalahan klasifikasi pada sistem.

3.6.1 Pengujian Stabilitas Sensor Soil Moisture

Pengujian stabilitas dilakukan dengan melakukan pembacaan sensor secara berulang pada kondisi media tanam yang sama untuk mengetahui konsistensi hasil pengukuran.

Tabel 9. Hasil Pengujian Stabilitas Sensor Soil Moisture

No	Pengujian	Nilai Sensor
1	Pembacaan 1	562
2	Pembacaan 2	560
3	Pembacaan 3	563
4	Pembacaan 4	561
5	Pembacaan 5	562

Tabel 10. Analisis Stabilitas Sensor

Parameter	Nilai
Nilai Maksimum	563
Nilai Minimum	560
Selisih	3
Rata-rata	561,6

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 9 dan Tabel 10, sensor *Soil Moisture* menunjukkan hasil pembacaan yang relatif stabil dengan selisih maksimum hanya sebesar 3 satuan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat konsistensi yang baik dalam kondisi pengujian yang sama.

3.6.2 Pengujian Jarak Komunikasi Bluetooth HC-05

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan modul Bluetooth HC-05 dalam mempertahankan koneksi dan mengirimkan data sensor ke smartphone Android pada berbagai jarak.

Tabel 11. Hasil Pengujian Jarak Bluetooth HC-05

No	Jarak (m)	Status Koneksi
1	1	Terhubung
2	3	Terhubung
3	5	Terhubung
4	7	Terhubung
5	10	Terhubung
6	12	Terhubung
7	15	Terputus

Berdasarkan hasil pengujian tabel 11, modul Bluetooth HC-05 mampu mempertahankan koneksi dengan baik hingga jarak 12 meter tanpa hambatan. Pada jarak 15 meter koneksi mulai terputus sehingga data tidak dapat dikirimkan ke aplikasi Android.

3.6.3 Pengujian Delay Pengiriman Data

Pengujian delay dilakukan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan data sensor sejak dibaca oleh Arduino Mega 2560 hingga ditampilkan pada aplikasi Android.

Tabel 12. Hasil Pengujian Delay Sistem

No	Pengujian	Delay (ms)
1	Pengujian 1	310
2	Pengujian 2	325
3	Pengujian 3	298
4	Pengujian 4	315
5	Pengujian 5	320
Rata-rata		313,6

Hasil pengujian pada tabel 12 menunjukkan bahwa sistem memiliki delay rata-rata sebesar 313,6 ms. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data sensor dapat ditampilkan pada aplikasi Android dalam waktu kurang dari satu detik sehingga monitoring dapat dilakukan secara *real-time*.

3.6.4 Pengujian Performa ESP32-CAM

Pengujian ESP32-CAM dilakukan untuk mengetahui kualitas streaming video yang digunakan untuk monitoring visual tanaman.

Tabel 13. Hasil Pengujian ESP32-CAM

Parameter	Hasil
Resolusi Video	640 × 480 piksel
Frame Rate (FPS)	15 FPS
Delay Streaming	450 ms
Jarak Wi-Fi	20 meter
Maksimum	
Status Streaming	Stabil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32-CAM mampu melakukan streaming video secara *real-time* dengan *frame rate* rata-rata 15 FPS dan delay streaming sebesar 450 ms. Kualitas video yang dihasilkan cukup baik untuk melakukan pemantauan visual kondisi tanaman secara langsung melalui smartphone.

3.6.5 Analisis Pengaruh Lingkungan

Selama pengujian, ditemukan bahwa beberapa faktor lingkungan dapat memengaruhi performa sistem. Pada sensor *Soil Moisture*, jenis media tanam, kepadatan tanah, dan kandungan air memengaruhi nilai pembacaan sensor. Sementara itu, sensor Ultrasonik dapat dipengaruhi oleh posisi

pemasangan sensor dan kondisi permukaan air. Pada ESP32-CAM, kualitas jaringan Wi-Fi dan jarak perangkat terhadap akses poin berpengaruh terhadap kelancaran streaming video. Meskipun demikian, sistem tetap mampu bekerja dengan baik selama kondisi pengujian berlangsung.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem Smart Pot Monitor mampu melakukan monitoring kondisi media tanam secara *real-time* dengan performa yang baik. Integrasi sensor *Soil Moisture*, sensor Ultrasonik, Bluetooth HC-05, aplikasi Android, dan ESP32-CAM memungkinkan pengguna memperoleh informasi kondisi tanaman secara lebih lengkap dibandingkan sistem monitoring yang hanya menggunakan satu parameter pengukuran.

Daftar Rujukan

- [1] Ella, W.O.D.M., Biabdillah, F., Wajiansyah, A., dan Mulia, A. 2025. SMARTSOIL: Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32 dan Sensor Soil Moisture. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*. 14(1).
- [2] Bavitra, B., Sakti, L.A., Saputra, D., Ihwan, Z., Baharudin, B., dan Alharits, M.A. 2025. Studi Komparasi Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan ESP32. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*. 4(1).
- [3] Zakaria, Y., Al Munawaroh, I.H., Widyaningsih, S.N., dan Apriliyanto, E. 2025. Testing and Evaluation of an IoT-Based Smart Irrigation System for Soil Moisture Monitoring. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*. 5(2).
- [4] Nursan, M.M. dan Mustamin. 2025. Rancang Bangun Sistem Irigasi Cerdas Berbasis Sensor Kelembaban Tanah dan ESP32 untuk Efisiensi Air pada Tanaman Padi. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*. 11(2).
- [5] Saputra, M.J. dan Suryono, R.R. 2025. Implementasi Teknologi Irigasi Tetes pada Tanaman Jagung Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Mikrokontroler ESP32. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*. 5(1).
- [6] Pingkan, A., Marasti, I., dan Nixon, B. 2023. Rancang Bangun Sistem Miniatur Smart Garden dengan Aplikasi Android Berbasis Internet of Things (IoT). *Spektral*. 4(1): 173–178.
- [7] Mardolina, G.J., Salam, A.E.U., dan Sahali, I.R. 2023. Rancang Bangun Smart Hydroponic Menggunakan ESP32 Berbasis Aplikasi Android. *Jurnal Eksitasi Departemen Teknik Elektro*. 2(2).
- [8] Aisyah, N., Ulhaq, E.D., Dharmawan, A., dan Purbakawaca, R. 2025. Design of an IoT-Based Smart Irrigation System Using Soil Moisture Sensors for Water Efficiency. *Journal Online of Physics*. 11(1).
- [9] Westari, D. dan 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).
- [10] Hasib, A. dan Akib, A.S.M.A.S. 2026. An IoT-Based Smart Plant Monitoring and Irrigation System with Real-Time Environmental Sensing, Automated Alerts, and Cloud Analytics. *arXiv*.

- [11] Pressman, R.S. dan Maxim, B.R. 2020. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. Edisi ke-9. New York: McGraw-Hill Education.
- [12] Arduino. 2025. Arduino Mega 2560 Rev3 Documentation. Diunduh di <https://docs.arduino.cc>.
- [13] Espressif Systems. 2025. ESP32-CAM Technical Reference Manual. Diunduh di <https://www.espressif.com>.
- [14] Blynk Inc. 2025. Blynk IoT Platform Documentation. Diunduh di <https://docs.blynk.io>.
- [15] Bavitra, B., Sakti, L.A., Saputra, D., Ihwan, Z., Baharudin, B., dan Alharits, M.A. 2025. Studi Komparasi Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan ESP32. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*. 4(1).
- [16] Pingkan, A., Marasti, I., dan Nixon, B. 2023. Rancang Bangun Sistem Miniatur Smart Garden dengan Aplikasi Android Berbasis Internet of Things. *Spektral*. 4(1): 173–178.