

Implementation of IOT-Based Soil Moisture Monitoring System for Chili Plants

Maysani Munawaroh^{1*}, Joni Maulindar², Mira Erlinawati³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa, Surakarta, 57155, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima : 25 Juni 2025
Revisi : 9 Juli 2025
Publikasi : 30 September 2025

Kata Kunci:

Internet of Things
Sensor Kelembaban Tanah
ESP32
Blynk
Tanaman Cabai

ABSTRAK

Kelembaban tanah yang tidak stabil menjadi tantangan utama dalam budidaya tanaman cabai, terutama di tengah perubahan iklim dan keterbatasan air. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi penyiraman otomatis. Sistem ini menggunakan ESP32, sensor YL-69, dan aplikasi *Blynk* sebagai media pemantauan dan pengendalian secara *real-time* melalui *smartphone*. Pengembangan dilakukan dengan metode *Waterfall* melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, hingga pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kelembaban tanah dengan akurasi mencapai 95%, serta secara otomatis mengaktifkan pompa air saat nilai kelembaban berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Selain itu, pengguna juga dapat mengontrol penyiraman secara manual melalui antarmuka aplikasi. Antarmuka *Blynk* bekerja secara responsif dan stabil, menampilkan data kelembaban, durasi, waktu penyiraman terakhir, serta grafik historis secara efektif. Berbeda dari studi sebelumnya yang hanya berfungsi sebagai sistem monitoring, penelitian ini mengintegrasikan fitur kontrol otomatis dan manual yang dapat disesuaikan oleh pengguna, menjadikannya lebih adaptif terhadap kondisi nyata di lapangan.

ABSTRACT

Unstable soil moisture remains a major challenge in chili cultivation, especially amid climate change and limited water availability. To address this issue, this study developed a soil moisture monitoring system based on the Internet of Things (IoT), equipped with an automatic irrigation feature. The system utilizes an ESP32 microcontroller, a YL-69 soil moisture sensor, and the Blynk application as a platform for real-time monitoring and control via smartphone. The development process followed the Waterfall model, encompassing stages of needs analysis, system design, implementation, and testing. Test results showed that the system was able to detect soil moisture levels with an accuracy of up to 95%, and automatically activate the water pump when moisture levels fell below a predefined threshold. In addition to automation, users are also provided with manual control through the application's interface. The Blynk interface performed responsively and reliably, effectively displaying moisture data, irrigation duration, last watering time, and historical graphs. Unlike previous studies that functioned solely as monitoring systems, this research integrates both automatic and manual control features that can be adjusted by the user, making it more adaptive to real-world conditions in the field.

***Penulis Koresponden**

Email: 210103024@mhs.udb.ac.id

Cara sitasi IEEE::

M. Munawaroh, J. Maulindar, & M. Erlinawati, "Implementation of IOT-Based Soil Moisture Monitoring System for Chili Plants," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 5, no. 3, pp. 1023-1036, September 2025, doi: 10.30811/jaise.v5i3.7243

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian memainkan peran yang sangat strategis dalam menjaga ketahanan pangan dan mendukung perekonomian nasional. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), sektor ini menyumbang sekitar 12,6% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia pada tahun 2024 [1]. Namun, sektor pertanian saat ini menghadapi berbagai tantangan kompleks, seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, dan ketidakpastian cuaca, yang berpengaruh langsung terhadap produktivitas pertanian. Salah satu tantangan krusial adalah manajemen kelembaban tanah yang merupakan faktor penting dalam keberhasilan budidaya tanaman hortikultura, termasuk cabai (*Capsicum annuum*) [2].

Tanaman cabai merupakan salah satu komoditas unggulan di Indonesia dengan nilai ekonomi yang tinggi. Berdasarkan laporan Kementerian Pertanian (2023), produksi cabai di Indonesia mencapai 2,3 juta ton per tahun, dan tingkat konsumsinya terus meningkat. Namun demikian, cabai juga termasuk komoditas yang sangat rentan terhadap fluktuasi harga akibat ketidakstabilan produksi yang sering kali disebabkan oleh faktor lingkungan, seperti kelembaban tanah yang tidak sesuai. Kondisi tanah yang terlalu kering atau terlalu basah dapat menyebabkan stres tanaman, menghambat pertumbuhan, bahkan mengakibatkan gagal panen [3]. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu memantau dan mengatur kelembaban tanah secara efisien dan tepat waktu.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi berbasis Internet of Things (IoT) mulai banyak diterapkan di bidang pertanian untuk mendukung pertanian presisi. Salah satu implementasi yang potensial adalah sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT yang terintegrasi dengan otomatisasi penyiraman tanaman [4]. Teknologi ini memungkinkan petani untuk memperoleh informasi kondisi tanah secara *real-time* dan melakukan tindakan cepat melalui perangkat digital seperti *smartphone*, sehingga proses budidaya menjadi lebih efisien, hemat air, dan minim resiko gagal panen.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem serupa, namun dengan fokus dan pendekatan yang berbeda. Agung Ahmad Fauzi, Irfan, dan Saiful Karim (2022) dalam penelitiannya merancang sistem kontrol dan monitoring kelembaban tanah berbasis IoT untuk tanaman sawi, dengan memanfaatkan aplikasi *Blynk* sebagai media kendali pompa air secara otomatis. Penelitian ini menekankan pada manfaat penggunaan teknologi dalam perawatan tanaman hortikultura skala rumah tangga yang lebih sehat dan efisien [5].

Selanjutnya, penelitian oleh Julianto W. Mansa, Quido C. Kainde, dan Ivan F. Sangkop (2022) mengembangkan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT dengan pemanfaatan platform *ThingSpeak* dan *ThingView*. Fokus utama dari penelitian ini adalah mengatasi kendala monitoring manual yang masih dilakukan oleh sebagian besar petani, dan menyediakan akses data jarak jauh secara *real-time* [6].

Kemudian, Noverta Effendi dan rekan (2024) menerapkan pendekatan sistematis melalui metode *ADDIE* dalam perancangan sistem pemantauan kelembaban tanah untuk pembibitan kelapa sawit, Penelitian ini menyoroti pentingnya akurasi data dan kalibrasi sistem untuk kebutuhan pembibitan tanaman dengan kondisi kelembaban optimal [7].

Meskipun berbagai studi telah mengeksplorasi sistem monitoring kelembaban berbasis IoT, sebagian besar masih berfokus pada komoditas dengan karakteristik kelembaban yang lebih stabil, atau hanya menekankan pada fungsi pemantauan semata. Research gap yang diangkat dalam penelitian ini adalah belum adanya sistem yang secara spesifik dirancang untuk memenuhi kebutuhan tanaman cabai yang sangat sensitif

terhadap perubahan kelembaban dengan integrasi antara pemantauan *real-time*, kontrol otomatis, serta kontrol manual yang fleksibel dalam satu platform yang aplikatif dan terjangkau.

Pemilihan cabai sebagai fokus utama penelitian ini bukan tanpa alasan. Secara ilmiah, cabai termasuk tanaman hortikultura dengan tingkat toleransi kelembaban tanah yang sempit, terutama pada fase pembungaan dan pembentukan buah. Perubahan kelembaban yang ekstrem dalam waktu singkat dapat memicu stres fisiologis pada tanaman, menurunkan kualitas buah, dan memperbesar kemungkinan gagal panen. Ditambah lagi, volatilitas harga cabai yang tinggi menjadikannya komoditas yang sangat berisiko secara ekonomi. Oleh karena itu, pengembangan sistem monitoring yang presisi, adaptif, dan *user-friendly* untuk tanaman ini menjadi sangat relevan.

Penelitian ini secara khusus merancang sistem yang tidak hanya mampu memantau kelembaban tanah, tetapi juga melakukan penyiraman otomatis berdasarkan ambang batas yang ditentukan, serta menyediakan opsi kontrol manual melalui aplikasi *Blynk*. Aplikasi ini dilengkapi dengan berbagai fitur informatif seperti tampilan persentase kelembaban tanah secara *real-time*, tombol *on/off* pompa, mode otomatis, pengaturan nilai ambang batas, pencatatan waktu penyiraman terakhir, durasi penyiraman, hingga grafik historis kelembaban tanah.

Melalui pendekatan ini, penelitian ini bertujuan menciptakan solusi inovatif yang aplikatif, terjangkau, dan mudah digunakan oleh petani, khususnya petani cabai skala kecil hingga menengah. Diharapkan sistem ini dapat menjadi kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, menjaga kestabilan produksi, serta memperkuat ketahanan pangan nasional di tengah tantangan pertanian modern yang semakin kompleks.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang mengacu pada jaringan fisik yang saling terhubung melalui internet, sehingga memungkinkan perangkat-perangkat tersebut untuk mengumpulkan, bertukar, dan memproses data secara otomatis tanpa campur tangan manusia. Sensor, perangkat lunak, dan rangkaian teknologi lain menjadi bagian dari perangkat IoT yang memungkinkan terjadinya komunikasi antar perangkat atau sistem pusat. IoT menghubungkan dunia fisik dengan dunia digital, sehingga memungkinkan analisis data secara *real-time*, otomatisasi, serta pengambilan keputusan yang lebih baik, dengan potensi untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan produktivitas dalam berbagai aspek kehidupan [8].

2.2. Tanaman Cabai

Tanaman cabai (*Capsicum spp.*) adalah dari keluarga Solanaceae yang memang merupakan jenis tanaman hortikultura. Cabai adalah salah satu komoditas pertanian penting sebab buah cabai sering digunakan sebagai bumbu masakan, baik segar atau olahan. Cabai memiliki kandungan yang utama yaitu *capsaicin* yang memberi rasa pedas. Selain daripada itu, cabai juga mengandung berbagai nutrisi seperti vitamin C dan A. Dengan suhu, kelembaban, beserta teknik budidaya yang tepat, tanaman ini tumbuh baik di daerah beriklim tropis juga subtropic [9].

Kelembaban Kelembaban tanah yang ideal memang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman cabai sebab kelembaban itu memengaruhi akan penyerapan air serta nutrisi oleh akar. Tanaman cabai memerlukan kelembaban tanah yang tepat. Kelembaban ini jangan sampai terlalu kering atau terlampau basah. Kondisi ini memastikan bahwa tanah tidak menyebabkan genangan yang dapat merusak akar atau memicu pertumbuhan patogen, tetapi tetap cukup basah untuk mendukung proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis [10].

2.3. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem chip atau sirkuit yang terintegrasi dengan sebuah unit pemrosesan pusat (CPU), memori, serta perangkat input/output. Sistem mikrokontroler ini digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik atau sistem lainnya yang membutuhkan sensor, dan juga mampu memproses data serta memberikan output pada pengendalian perangkat atau sistem. Kelebihan dari mikrokontroler adalah ukurannya yang kecil, kemampuan menjalankan program yang tersimpan dalam memori internal, serta konsumsi daya yang rendah [11].

2.4. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* yang menggabungkan kemampuan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* pada satu chip. ESP32 ditujukan untuk aplikasi Internet of Things (IoT) guna

memudahkan perangkat untuk terhubung ke jaringan nirkabel. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan prosesor *dual-core*, memori yang cukup, dan banyak antarmuka serta port I/O untuk interaksi dengan perangkat dan sensor lainnya [12].

2 . 5. Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban tanah merupakan alat yang dirancang khusus untuk mendeteksi seberapa banyak kadar air yang terdapat di dalam tanah. Alat ini memainkan peran penting terutama di bidang pertanian dan hortikultura, karena membantu petani atau pengelola kebun untuk mengetahui kondisi tanah secara akurat [13].

Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip perubahan resistansi atau kapasitansi tanah yang terjadi akibat perbedaan tingkat kelembaban. Saat tanah mengandung banyak air, nilai resistansi atau kapasitansi akan berubah, dan perubahan tersebut diinterpretasikan oleh sensor menjadi sinyal yang menunjukkan tingkat kelembaban saat itu [14].

2 . 6. Blynk

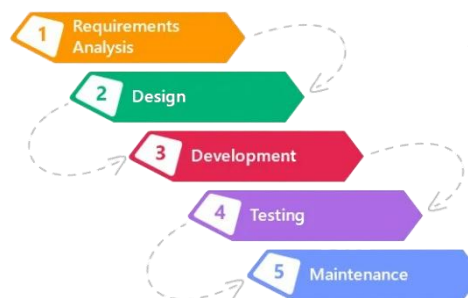
Blynk adalah sebuah platform yang memungkinkan para pengguna merancang antarmuka aplikasi di ponsel untuk mengatur dan memantau perangkat elektronik secara langsung guna mendukung perangkat Internet of Things (IoT). Platform ini mendukung berbagai mikrokontroler seperti arduino, ESP8266, dan ESP32, serta menyediakan layanan berbasis *cloud* yang dapat diakses melalui internet. Dengan menggunakan *Blynk*, pengguna dapat membuat dashboard interaktif melalui aplikasi tanpa harus menguasai pemrograman aplikasi *mobile* secara mendalam. Fungsi utamanya dalam sistem monitoring adalah untuk menerima, menampilkan, dan mengelola data dari sensor atau aktuator, sehingga sangat mendukung otomatisasi serta pengendalian perangkat secara efisien dan fleksibel [15].

2 . 7. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak resmi yang dirancang untuk memprogram papan mikrokontroler Arduino. IDE ini menyediakan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan, bahkan oleh pemula tanpa latar belakang teknis. Dengan dukungan terhadap bahasa C/C++, Arduino IDE memungkinkan pengguna menulis, mengedit, dan mengunggah kode ke berbagai jenis *board* seperti Arduino Uno, Mega, dan lainnya. Perangkat lunak ini juga dilengkapi dengan fitur editor, compiler, serial monitor, serta dukungan pustaka (*library*) yang mempercepat proses pengembangan proyek. Setelah program selesai ditulis, IDE akan mengubahnya menjadi file berekstensi *.ino* yang kemudian dapat diunggah ke mikrokontroler untuk dieksekusi [16].

3. METODE

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem perangkat lunak model *Waterfall*, yang dikenal sebagai pendekatan sekuensial dalam proses rekayasa perangkat lunak. Model ini terdiri dari lima tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [17]. Pendekatan ini dipilih karena memberikan alur kerja yang terstruktur dan cocok untuk proyek dengan kebutuhan sistem yang telah didefinisikan secara jelas sejak awal. Berikut ilustrasi dari model pengembangan sistem metode *waterfall*.



Gambar 1. Metode *Waterfall*
(Sumber medium.com)

Adapun tahapan-tahapan pengembangan sistem dengan metode *waterfall* adalah sebagai berikut.

Tahap awal dilakukan dengan menganalisis kebutuhan sistem, baik dari sisi perangkat keras maupun fitur perangkat lunak yang diperlukan. Kemudian dilakukan desain sistem, termasuk perancangan skematik rangkaian elektronik, blok diagram sistem, dan algoritma logika kerja sistem. Algoritma utama sistem dapat dijelaskan sebagai berikut: sensor membaca nilai kelembaban tanah, lalu nilai tersebut ditampilkan pada LCD dan dikirim ke aplikasi *Blynk*. Jika mode otomatis diaktifkan dan nilai kelembaban berada di bawah ambang batas, maka sistem akan mengaktifkan pompa air, mencatat waktu dan durasi penyiraman, serta mengirim notifikasi ke pengguna. Jika mode manual diaktifkan, pengguna dapat menyalakan atau mematikan pompa melalui tombol di aplikasi. Semua data kelembaban juga dicatat dan divisualisasikan dalam bentuk grafik historis.

Setelah rancangan selesai, penerapan sistem dimulai dengan menggabungkan seluruh bagian dan melakukan pemrograman pada ESP32 lewat Arduino IDE. Di aplikasi *Blynk*, sebuah dashboard dibangun yang mencakup elemen seperti *gauge* untuk menunjukkan nilai kelembaban tanah secara langsung, tombol untuk mengendalikan pompa air, *slider* untuk menetapkan batas kelembaban, dan *superchart* untuk menampilkan grafik historis, dan fitur notifikasi untuk memperingatkan pengguna ketika kelembaban terlalu rendah.

Tahap berikutnya melibatkan evaluasi sistem, yang terdiri dari pengujian masing-masing komponen secara terpisah, pengujian integrasi di antara komponen, serta pengujian keseluruhan sistem pada kondisi lapangan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur bekerja sesuai tujuan, termasuk respons sistem terhadap nilai kelembaban rendah, keakuratan sensor, efektivitas penyiraman, serta validitas data historis. Data kelembaban tanah diperoleh dari pembacaan sensor dan dicatat secara berkala oleh sistem *Blynk* setiap lima menit. Data ini mencakup nilai kelembaban dalam satuan persen, waktu dan durasi penyiraman, status pompa, serta mode kerja sistem. Data yang telah terkumpul dianalisis untuk mengevaluasi performa sistem, keakuratan data sensor, serta efektivitas pengendalian otomatis dalam menjaga kelembaban tanah pada tingkat optimal bagi tanaman cabai. Sistem ini juga dinilai dari sisi kemudahan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*.

Dalam tahapan terakhir, perawatan dilaksanakan guna menjamin sistem berfungsi dengan baik dalam jangka waktu yang panjang. Hal ini meliputi kalibrasi ulang sensor, pembaruan *firmware* pada mikrokontroler jika diperlukan, serta evaluasi daya tahan komponen. Secara keseluruhan, penelitian ini didukung oleh konsep-konsep rekayasa perangkat lunak modern dan pengembangan sistem IoT yang sesuai dengan perkembangan teknologi pertanian digital.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN (10 PT)

4.1. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan bertujuan untuk merumuskan spesifikasi sistem secara detail agar sistem monitoring kelembaban tanah dapat bekerja secara otomatis dan sesuai dengan sasaran yang ditetapkan. Dari sisi perangkat keras, sistem ini mengandalkan sejumlah komponen utama, di antaranya mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat kendali, sensor kelembaban tanah tipe YL-69 untuk mendeteksi kadar air dalam media tanam, modul relay sebagai penghubung ke aktuator, pompa air mini untuk proses penyiraman otomatis, serta LCD 16x2 yang digunakan sebagai tampilan informasi secara langsung di lokasi.

Sementara itu, pada sisi perangkat lunak, digunakan Arduino IDE sebagai alat bantu untuk menulis dan mengunggah program ke mikrokontroler, serta aplikasi *Blynk* IoT sebagai media monitoring dan pengendalian berbasis *smartphone*. Kebutuhan sistem secara fungsional mencakup kemampuan membaca data kelembaban secara akurat, menampilkan nilai tersebut secara real-time, mengatur penyiraman secara otomatis sesuai nilai ambang batas yang ditentukan, dan memberikan opsi kontrol manual bagi pengguna melalui aplikasi. Sedangkan untuk kebutuhan non-fungsional, sistem dirancang agar mudah digunakan, memiliki koneksi jaringan yang stabil, serta mampu merespons perubahan kondisi secara cepat dan efisien.

4.2. Desain Sistem

Pada tahapan ini, dijelaskan rancangan sistem mulai dari blok diagram yang menunjukkan hubungan antar komponen utama, flowchart yang mengilustrasikan alur logika kerja sistem, skema rangkaian elektronik yang merepresentasikan koneksi antar perangkat keras, hingga tampilan antarmuka pengguna yang digunakan untuk monitoring dan pengendalian melalui aplikasi. Perancangan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang menyeluruh sebelum sistem diimplementasikan secara nyata.

4.2.1. Diagram Blok Sistem

Gambaran umum hubungan antar komponen ditunjukkan melalui diagram blok di bawah.

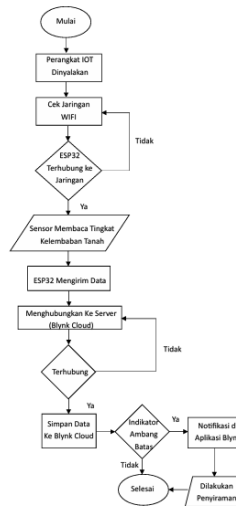


Gambar 2. Blok Diagram

Sistem dimulai dengan dengan sensor kelembaban tanah yang berfungsi mendeteksi tingkat kelembaban media tanam. Data yang diperoleh oleh sensor kemudian dikirimkan ke modul ESP32, yaitu mikrokontroler yang dilengkapi konektivitas *Wi-Fi*. ESP32 memproses data tersebut dan mengirimkannya ke *Blynk Cloud* melalui jaringan internet. *Blynk Cloud* berperan sebagai *server* yang menampung dan mengelola data kelembaban secara *real-time*. Informasi ini kemudian ditampilkan melalui *Blynk App* di *smartphone*, dalam bentuk antarmuka yang interaktif dan mudah digunakan. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi kelembaban tanah dari jarak jauh secara langsung, serta mengendalikan pompa air secara otomatis maupun manual melalui aplikasi untuk menjaga kelembaban tanah tetap ideal bagi pertumbuhan tanaman.

4. 2. 2. Flowchart Sistem

Alur logika kerja sistem dapat digambarkan melalui flowchart berikut.



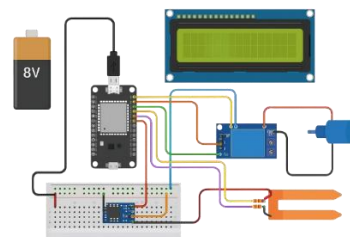
Gambar 3. Flowchart

Flowchart di atas menjelaskan alur kerja sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT. Proses dimulai dengan menyalakan perangkat IoT, di mana sistem terlebih dahulu memeriksa koneksi Wi-Fi. Jika ESP32 berhasil terhubung ke jaringan internet, sensor akan membaca tingkat kelembaban tanah. Data yang diperoleh kemudian dikirimkan oleh ESP32 ke *Blynk Cloud* secara *online*. Setelah koneksi berhasil, informasi kelembaban tanah akan tersimpan dan ditampilkan secara *real-time* di aplikasi *Blynk*.

Setelah data berhasil dikirim, sistem akan memeriksa apakah nilai kelembaban tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Jika iya, maka sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi *Blynk* sebagai peringatan kepada pengguna. Selain itu, sistem juga dapat mengaktifkan penyiraman secara otomatis, atau pengguna dapat memilih untuk mengaktifkannya secara manual melalui aplikasi. Jika kelembaban tanah masih dalam batas normal, maka sistem akan berhenti tanpa melakukan tindakan lebih lanjut. Alur ini dirancang untuk memberikan pemantauan yang efisien serta respons cepat terhadap kondisi tanah yang membutuhkan perhatian.

4. 2. 3. Skema Rangkaian

Ilustrasi hubungan perangkat keras ditampilkan melalui skema rangkaian pada gambar berikut.



Gambar 4. Skema Rangkaian

Skema rangkaian memperlihatkan rancangan sistem berbasis IoT yang dirancang untuk memantau kelembaban tanah tanaman cabai secara *real-time*. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor kelembaban tanah YL-69, mikrokontroler ESP32, layar LCD 16x2, modul *relay*, dan pompa air mini. Sensor kelembaban bertugas mengukur kadar air dalam tanah, kemudian mengirimkan data ke ESP32 sebagai

pusat pengendali sistem. Mikrokontroler memproses data tersebut dan menampilkan nilai kelembaban secara langsung melalui LCD, sehingga pengguna dapat melihat kondisi tanah secara lokal.

Selain itu, data juga dikirimkan ke *Blynk Cloud* melalui koneksi *Wi-Fi* yang terhubung ke ESP32. Informasi kelembaban tanah kemudian ditampilkan dalam aplikasi *Blynk App* di *smartphone* dengan antarmuka yang interaktif dan mudah digunakan. Jika nilai kelembaban berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui aplikasi sebagai peringatan. Pengguna dapat memilih untuk melakukan penyiraman secara manual melalui tombol di aplikasi, atau membiarkan sistem menyiram secara otomatis. Dengan adanya visualisasi data secara *real-time* dan fitur kontrol jarak jauh, sistem ini mempermudah pengguna dalam memantau dan menjaga kelembaban tanah tetap ideal untuk pertumbuhan tanaman cabai.

4.2.4. Rancangan Antarmuka

Adapun tampilan desain antarmuka dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 5. Desain *Blynk*

Desain tampilan antarmuka pada aplikasi *Blynk* dirancang untuk mempermudah pengguna dalam memantau dan mengendalikan sistem monitoring kelembaban tanah secara *real-time* melalui *smartphone*. Antarmuka ini memuat berbagai *widget* yang memiliki fungsi berbeda namun saling terintegrasi. Nilai kelembaban tanah ditampilkan secara langsung dalam bentuk persentase melalui *widget Value Display*, sementara visualisasi tambahan seperti grafik atau indikator tingkat kelembaban ditampilkan menggunakan *widget Gauge* atau *Level*. Untuk pengendalian pompa air, disediakan *Button Widget* yang memungkinkan pengguna menyalakan atau mematikan pompa secara manual.

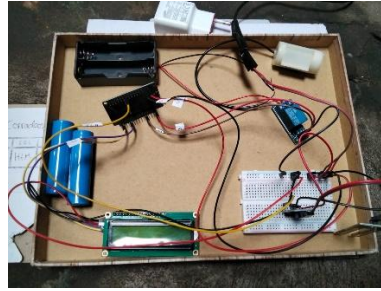
Terdapat juga *Switch Widget* yang digunakan untuk mengaktifkan mode otomatis, di mana sistem akan menyalakan pompa jika nilai kelembaban berada di bawah ambang batas tertentu. Ambang batas ini sendiri dapat diatur oleh pengguna melalui *widget Slider* atau *Numeric Input*. Ketika nilai kelembaban turun di bawah ambang yang ditetapkan, sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi melalui *Notification Widget*, sehingga pengguna dapat segera mengetahui kondisi kritis pada tanaman. Untuk memberikan informasi lebih detail, sistem juga menampilkan waktu dan durasi penyiraman melalui *widget* tambahan seperti *Virtual LCD* atau *Terminal*. Selain itu, penggunaan *SuperChart Widget* memungkinkan pengguna melihat data historis kelembaban tanah dalam bentuk grafik, sehingga mempermudah analisis tren kelembaban dari waktu ke waktu. Dengan antarmuka yang intuitif dan mudah diakses, pengguna dapat dengan cepat mengambil tindakan yang diperlukan demi menjaga kelembaban tanah tetap ideal untuk pertumbuhan tanaman.

4.3. Implementasi

Implementasi sistem dilakukan secara bertahap, meliputi proses perakitan perangkat keras, penulisan program, dan pengembangan antarmuka pengguna pada aplikasi *Blynk*, yang semuanya difokuskan untuk memantau serta mengotomatiskan penyiraman tanaman cabai berdasarkan nilai kelembaban tanah.

4.3.1. Perakitan Perangkat Keras

Adapun rangkaian perangkat keras dapat ditampilkan pada gambar di bawah.



Gambar 6. Rangkaian Perangkat Keras

Sensor kelembaban tanah dihubungkan ke pin analog ESP32 untuk membaca kondisi tanah secara *real-time*. Modul relay dikendalikan oleh pin digital ESP32 untuk mengaktifkan pompa air saat kelembaban tanah berada di bawah ambang batas tertentu, dengan memastikan air dalam tangki mencukupi. LED indikator digunakan untuk memberi tanda saat sistem sedang melakukan penyiraman. Semua komponen diberi daya dari keluaran ESP32 atau sumber daya eksternal seperti baterai *Li-ion*. Data dari sensor dikirim ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi *Wi-Fi*, memungkinkan pengguna memantau dan mengendalikan sistem penyiraman tanaman secara otomatis maupun manual melalui *smartphone*.

4.3.2. Penulisan Program

1. Inisiasi Koneksi *Wifi* dan *Blynk*

Adapun penjelasan koneksi *wifi* dan *blynk* disajikan pada gambar di bawah.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMFL6VnZLnyQP"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Soil Moisture Monitoring"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "MRL7xyUjHFTGdASEfRkhnUy6kSc4o1qL"

char ssid[] = "Moena";
char pass[] = "SUKINI123";
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk.cloud", 80);
```

Gambar 7. Koneksi *Wifi* dan *Blynk*

Digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan jaringan *Wi-Fi* dan cloud server *Blynk*, sehingga memungkinkan pengiriman dan penerimaan data dari aplikasi *Blynk* secara *real-time*.

2. Pembacaan Sensor dan Pengolahan Data Kelembaban

Adapun penjelasan pembacaan data sensor dan pengolahan data kelembaban sebagai berikut.

```
int value = analogRead(sensor);
value = map(value, 0, 4095, 0, 100);
value = 100 - value;

Blynk.virtualWrite(V0, value); // update grafik
```

Gambar 8. Sensor dan Data Kelembaban

Sistem membaca nilai kelembaban dari sensor kelembaban tanah yang ditanam di area akar tanaman cabai setiap detik. Nilai tersebut dikonversi menjadi persentase menggunakan fungsi *map()* dan dikirim ke antarmuka *Blynk*. Selain ditampilkan dalam grafik di aplikasi *Blynk* (pin virtual V0), data juga ditampilkan secara lokal melalui layar LCD 16x2 yang terpasang pada sistem.

3. Logika Penyiraman Otomatis

Penjelasan logika penyiraman disajikan dalam gambar di bawah.

```
if (value < kelembabanAmbang) {

    digitalWrite(relay, LOW);
    pumpStartTime = millis();
    lastWaterTime = getCurrentTime();

} else {

    digitalWrite(relay, HIGH);
    pumpDuration = (millis() - pumpStartTime) / 1000;

} |
```

Gambar 9. Logika Penyiraman Otomatis

Jika kelembaban tanah berada di bawah nilai ambang batas yang telah ditentukan, maka sistem akan menyalakan pompa air secara otomatis. Saat nilai kelembaban kembali normal, pompa akan

dimatikan. Logika ini berjalan hanya jika mode otomatis aktif, yaitu ketika *flag pumpManual* bernilai *false*.

4. Kontrol Manual dari Aplikasi Blynk

Disajikan penjelasan kontrol manual dari aplikasi *blynk* pada gambar di bawah.

```
BLYNK_WRITE(V1) {
  pumpManual = true; // Masuk mode manual

  bool Relay = param.asInt();
  if (Relay) {
    digitalWrite(relay, LOW);
  } else {
    digitalWrite(relay, HIGH);
  }
}
```

Gambar 10. Kontrol Manual

Pengguna juga dapat mengontrol pompa air secara manual melalui aplikasi *Blynk*. Tombol virtual (V1) digunakan untuk menyalakan atau mematikan pompa, sementara sistem mencatat waktu dan durasi penyiraman. Hal ini memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk tetap dapat melakukan penyiraman secara manual apabila diperlukan.

5. Pengaturan Ambang Batas dan Reset Mode

Adapun penjelasan pengaturan ambang batas dan reset mode disajikan dalam gambar berikut.

```
BLYNK_WRITE(V4) {
  kelembabanAmbang = param.asInt();
}

// Reset ke mode otomatis (misalnya tombol V5)
BLYNK_WRITE(V5) {
  int reset = param.asInt();
  if (reset == 1) {
    pumpManual = false;
    digitalWrite(relay, HIGH); // pastikan mati
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Pump: AUTO ");
  }
}
```

Gambar 11. Ambang Batas dan Reset Mode

Pengguna dapat mengubah nilai ambang batas kelembaban menggunakan *slider* pada pin virtual V4. Selain itu, sistem juga menyediakan fitur reset ke mode otomatis melalui tombol.

6. Notifikasi dan Riwayat Penyiraman

Penjelasan notifikasi dan riwayat penyiraman disajikan dalam gambar di bawah.

```
// Notifikasi
if (value < kelembabanAmbang && !alreadyNotified) {
  Blynk.logEvent("kelembaban_rendah", "Kelembaban tanah terlalu rendah!");
  alreadyNotified = true;
} else if (value >= kelembabanAmbang) {
  alreadyNotified = false;
}
```

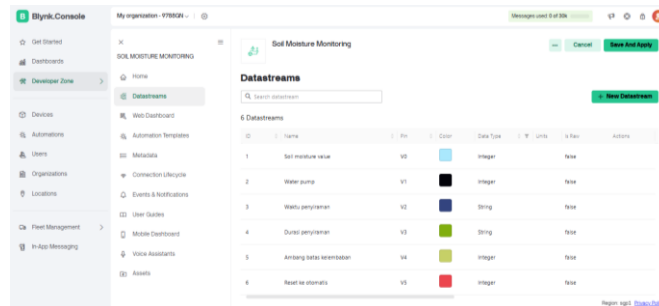
Gambar 12. Notifikasi dan Riwayat Penyiraman

Ketika kelembaban tanah terlalu rendah, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui fitur *logEvent* dari *Blynk*. Selain itu, waktu terakhir penyiraman (V2) dan durasi penyiraman (V3) juga dikirim ke aplikasi. Fitur ini sangat membantu dalam pemantauan jarak jauh, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data terhadap kondisi kelembaban tanah tanaman cabai.

4.3.3. Pengembangan Antarmuka

1. Pembuatan *Datastream* pada *Blynk Dashboard*

Adapun gambaran *datastream* disajikan dalam gambar di bawah.

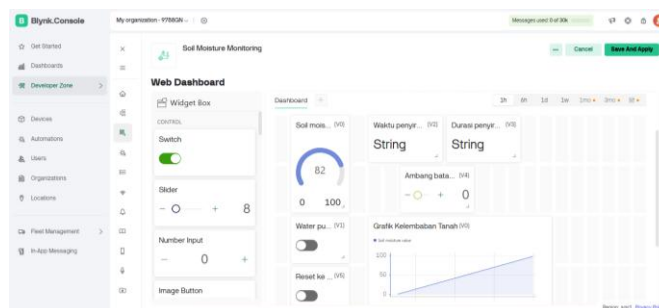


Gambar 13. Datastream

Pembuatan data stream pada aplikasi *Blynk* dilakukan untuk menghubungkan antarmuka pengguna dengan data yang dikirim atau diterima oleh mikrokontroler (ESP32) melalui komunikasi virtual pin.

2. Pembuatan Tampilan di *Web Dashboard*

Gambar pembuatan tampilan pada *web dashboard* disajikan sebagai berikut.

Gambar 14. Web Dashboard *Blynk*

Web Dashboard pada *Blynk* dibuat sebagai antarmuka pengguna berbasis *web* yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian perangkat IoT dari komputer atau laptop melalui *browser*.

3. Pembuatan Tampilan *Mobile*

Adapun implementasi tampilan *mobile* disajikan pada gambar di bawah.

Gambar 15. Tampilan *Mobile*

Pembuatan tampilan *mobile* pada aplikasi *Blynk* dilakukan melalui aplikasi *Blynk* yang tersedia di *smartphone*. Tampilan ini berfungsi sebagai antarmuka utama bagi pengguna untuk memantau dan mengendalikan perangkat IoT secara *real-time*.

4.3.4. Visualisasi Data Historis dan Analisis Presisi Sensor

a. Grafik Historis Kelembaban Tanah

Untuk menggambarkan fluktuasi kelembaban tanah secara real-time, sistem menggunakan fitur SuperChart pada aplikasi Blynk. Gambar berikut menampilkan grafik historis kelembaban tanah yang direkam selama rentang waktu 15 menit.



Gambar 16. Grafik Historis

Grafik tersebut menunjukkan bahwa kelembaban tanah mengalami kenaikan secara bertahap dari sekitar 48% ke lebih dari 60% pada pukul 14:55, kemudian menurun kembali ke kisaran 55% menjelang pukul 15:00. Pola ini mencerminkan adanya proses penyiraman otomatis oleh sistem ketika nilai kelembaban berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Data ini juga membuktikan bahwa sistem bekerja secara responsif dan akurat dalam menjaga kondisi kelembaban tanah dalam rentang optimal.

b. Margin of Error Sensor

Sensor YL-69 yang digunakan dalam sistem ini beroperasi dengan prinsip resistansi, yang cukup peka terhadap kondisi lingkungan seperti suhu dan korosi elektroda. Untuk menilai tingkat presisi sensor, dilakukan perbandingan antara data pembacaan sensor dan alat ukur kelembaban tanah standar (soil moisture tester). Berikut adalah hasil perbandingan data tersebut:

Tabel 1. Margin of Error

Sampel	Nilai YL-69 (%)	Nilai Referensi (%)	Selisih (%)
A	47	50	3
B	66	70	4
C	32	30	2

Rata-rata Margin of Error: $\pm 3\%$

Dengan margin of error sebesar $\pm 3\%$, sensor YL-69 menunjukkan kinerja yang cukup presisi untuk aplikasi pertanian skala kecil hingga menengah. Meski demikian, untuk menjaga akurasi jangka panjang, disarankan melakukan kalibrasi berkala serta membersihkan elektroda sensor secara rutin untuk menghindari endapan tanah atau korosi.

4.4. Pengujian

4.4.1. Pengujian Rangkaian Alat

Adapun gambar pengujian rangkaian alat disajikan sebagai berikut.



Gambar 17. Pengujian Alat

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras bekerja dengan baik. Tidak terdapat hubungan arus pendek, delay signifikan, atau kesalahan fungsi selama pengujian berlangsung. Respon alat terhadap logika program sesuai dengan yang diharapkan, menandakan bahwa rangkaian telah dirakit dan diimplementasikan secara benar serta sistem monitoring dan penyiraman otomatis dapat beroperasi secara optimal.

4.4.2. Pengujian Tampilan Antarmuka

Adapun gambar pengujian tampilan antarmuka disajikan sebagai berikut.



Gambar 18. Pengujian Aplikasi *Blynk*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh widget pada aplikasi *Blynk* tampil dengan baik, responsif, dan bebas dari kesalahan fungsi. Perpindahan antara mode manual dan otomatis berjalan lancar, serta data sensor terus diperbarui tanpa gangguan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pengujian antarmuka aplikasi *Blynk* berhasil dan mendukung sistem monitoring serta penyiraman otomatis secara optimal.

4.4.3. Hasil Pengujian Sistem

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang telah dikembangkan, dilakukan serangkaian pengujian pada setiap komponen, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam bentuk tabel berikut sebagai bahan analisis terhadap kinerja sistem.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Kondisi Tanah	Nilai Kelembaban (%)	Keterangan
Kering	20	Sensor berfungsi normal
Lembab	55	Sensor responsif
Basah	80	Data terbaca akurat

Tabel 3. Hasil Pengujian Otomatisasi Penyiraman

Nilai Ambang Batas (%)	Nilai Sensor (%)	Pompa Aktif	Keterangan
50	45	Ya	Sistem berjalan otomatis
50	55	Tidak	Pompa tidak aktif
60	59	Ya	Pompa aktif sesuai logika

Tabel 4. Hasil Pengujian Kontrol Manual Pompa

Tombol Ditekan	Respon Pompa	Waktu Respon	Keterangan
----------------	--------------	--------------	------------

ON	Nyala	< 1 detik	Berfungsi dengan baik
OFF	Mati	< 1 detik	Respon Cepat

Tabel 5. Hasil Pengujian Fitur Reset Otomatis

Status Sebelumnya	Reset Otomatis	Status Setelah Reset	Keterangan
Manual (Pompa ON)	Ditekan	Kembali ke otomatis	Fungsi reset berjalan dengan baik

Tabel 6. Hasil Pengujian Tampilan Mobile Blynk

Widget	Fungsi	Hasil Pengujian	Keterangan
<i>Value Display</i> (V0)	Tampilkan Kelembaban	Berfungsi	Data tampil real-time
<i>Button</i> (V1)	Kontrol Pompa Manual	Berfungsi	Respon cepat
<i>Time Label</i> (V2)	Waktu Penyiraman	Terupdate Otomatis	Sinkron dengan aksi pompa
<i>Value Display</i> (V3)	Durasi Penyiraman	Muncul saat pompa aktif	Nilai sesuai durasi aktual
<i>Slider</i> (V4)	Ambang Kelembaban	Dapat disetel pengguna	Mempengaruhi logika pompa
<i>Button</i> (V5)	Reset Otomatis	Berfungsi	Kembali ke mode otomatis
<i>SuperChart</i>	Grafik Historis	Berfungsi	Grafik tampil sesuai waktu

Seluruh hasil pengujian yang tersaji dalam tabel memperlihatkan bahwa setiap komponen sistem dapat berinteraksi dengan baik dan saling mendukung dalam menjalankan proses monitoring serta penyiraman otomatis tanaman cabai. Data yang ditampilkan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan, sistem merespons logika dengan benar, serta aplikasi memberikan kontrol penuh kepada pengguna. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem telah berhasil diimplementasikan dan berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan perancangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil diimplementasikan sesuai dengan tujuan awal sebagaimana dijelaskan dalam bagian pendahuluan. Sistem ini mampu membaca kondisi kelembaban tanah secara real-time, mengaktifkan pompa air secara otomatis maupun manual melalui aplikasi *Blynk*, serta menampilkan data historis penyiraman secara akurat. Seluruh hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berjalan stabil, responsif, dan *user-friendly*.

REFERENSI

- [1] A. C. Kusuma, Z. R. Fadilah, R. B. Kamal, I. S. Herida, A. Syifaulhaq, and B. Budiasih, "Keterkaitan dan kontribusi sektor pertanian di Indonesia: Analisis input-output," *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPa)*, vol. 8, no. 2, pp. 643–657, 2024, doi: 10.21776/ub.jepa.2024.008.02.20.
- [2] A. Zahra and S. I. Aulia, "Challenges and processes of agribusiness management in the agricultural sector in Indonesia," *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Manajemen (JIEM)*, vol. 3, no. 3, pp. 406–417, 2025, doi: 10.61722/jiem.v3i3.4199.
- [3] M. M. Gulo, R. Komara, V. Meliawati, and W. Damayanti, "Pengamatan tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) dan tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) pada kekeringan," *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, vol. 7, no. 1, pp. 50–54, Feb. 2024.
- [4] Z. R. Tembusai and B. Armando, "Sistem monitoring kualitas tanah tanaman hias berbasis IoT dengan sensor pH," *Jurnal Minfo Polgan (JMP)*, vol. 13, no. 2, pp. 2030–2035, Dec. 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i2.14364.
- [5] R. A. A. Fauzi, "Perancangan sistem kontrol dan monitoring kelembaban tanah otomatis berbasis IoT pada tanaman sawi," *Journal Electric Instrumentation Control Telecommunication (EEICT)*, vol. 4, no. 2, pp. 5–10, Oct. 2021, doi: 10.31602/eeict.v4i2.6486.
- [6] J. W. Mansa, Q. C. Kainde, and I. F. Sangkop, "Sistem monitor kelembaban tanah berbasis Internet of Things," *Journal Informatics Engineering (JOINTER)*, vol. 3, no. 1, pp. 17–21, Jun. 2022.
- [7] N. Effendi, D. Handoko, F. Azim, and F. Farida, "Rancangan sistem monitoring kelembaban tanah pembibitan kelapa sawit berbasis internet of things," *Journal Computer Science Information Technology (CoSciTech)*, vol. 5, no. 2, pp. 358–366, Aug. 2024, doi: 10.37859/coscitech.v5i2.7572.

- [8] F. P. E. Putra, D. T. Agustina, T. S. K. Khotimah, and T. Ramadhanty, "Analisis kinerja jaringan 5G dalam meningkatkan konektivitas Internet of Things (IoT)," *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, pp. 56–62, Mar. 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.5836.
- [9] A. Husna and R. Kurniaty, "Analisis kadar vitamin C pada cabai merah basah dan cabai merah kering (*Capsicum annum* L) dengan metode spektrofotometri UV-Vis," *Journal Bioleuser*, vol. 07, no. 3, pp. 48–50, Dec. 2023.
- [10] H. As'ari and I. Qiram, "Peningkatan laju pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) melalui penerapan sistem irigasi tetes," *Journal Biosense*, vol. 6, no. 02, pp. 265–271, Dec. 2023, doi: 10.36526/biosense.v6i02.3380.
- [11] M. Z. Abdillah, F. Baskoro, M. S. Zuhrie, and N. Kholis, "Pengembangan perangkat pembelajaran mikrokontroler Esp32 berbasis Internet of Things dan Bluetooth di SMKN 2 Surabaya," *JE-Unisla*, vol. 9, no. 2, pp. 110–123, Sep. 2024, doi: 10.30736/je-unisla.v9i2.1234.
- [12] M. F. Azhar and L. Nurpulaela, "Implementasi penggunaan ESP32 sebagai IoT pada project smart charger di PT. Pasifik Satelit Nusantara Bekasi," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, vol. 8, no. 4, pp. 7248–7253, Jun. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.10201.
- [13] A. D. Susila, K. Suketi, and M. Pratama, "Penggunaan sensor kelembaban tanah untuk penetapan jadwal penyiraman tanaman cabai melalui irigasi tetes," *Jurnal Hortikultura Indonesia (JHI)*, vol. 14, no. 3, pp. 126–132, Dec. 2023, doi: 10.29244/jhi.14.3.126-132.
- [14] W. D. Meilianto, W. Indrasari, and E. Budi, "Karakteristik sensor suhu dan kelembaban tanah untuk aplikasi sistem pengukuran kualitas tanah," *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF)*, vol. 10, no. 1, pp. 117–122, Jan. 2022, doi: 10.21009/03.SNF2022.
- [15] I. Syukhron, "Penggunaan aplikasi blynk untuk sistem monitoring dan kontrol jarak jauh pada sistem kompos pintar berbasis IoT," *Electrician*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, Jan. 2021, doi: 10.23960/elc.v15n1.2158.
- [16] K. Kamal, F. Firdayanti, U. M. Tyas, A. A. Buckhari, and Pattasang, "Implementasi aplikasi Arduino IDE pada mata kuliah sistem digital," *Jurnal Pendidikan dan teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2023.
- [17] H. Kurniawan, W. Apriliah, I. Kurniawan, and D. Firmansyah, "Penerapan metode waterfall dalam perancangan sistem informasi penggajian pada SMK Bina Karya Karawang," *Jurnal Publikasi Ilmiah Teknologi Informasi dan Komunikasi (INTERKOM)*, vol. 14, no. 4, pp. 13–23, Jan. 2020, doi: 10.35969/interkom.v14i4.58.