

Implementasi Penyiraman Tanaman Otomatis dengan Kontrol Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk

Taufiqurrahman, Karno Diantoro*

Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Mercusuar, Bekasi, Indonesia

Email: ¹28.taufiqurrahman@gmail.com, ^{2,*}karno@mercusuar.ac.id

Email Penulis Korespondensi: karno@mercusuar.ac.id

Abstrak—Penyiraman tanaman yang efektif dan efisien merupakan tantangan utama dalam bidang pertanian, terutama bagi petani yang memiliki keterbatasan waktu dan sumber daya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat dikontrol jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor kelembaban tanah sebagai indikator kebutuhan air, serta modul RTC DS3231 untuk memastikan proses penyiraman tetap berjalan sesuai jadwal meskipun terjadi gangguan koneksi internet. Metode penelitian yang digunakan adalah System Development Life Cycle (SDLC) model Waterfall, yang meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kelembaban tanah secara real-time dan mengontrol pompa air berdasarkan kondisi yang terdeteksi. Aplikasi Blynk memungkinkan pengguna untuk memantau status tanah serta mengatur penyiraman secara manual maupun otomatis. Ketika koneksi internet terputus, modul RTC DS3231 tetap menjalankan penyiraman sesuai jadwal yang telah ditentukan. Implementasi sistem ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30% dibandingkan metode manual, serta memberikan fleksibilitas dan kemudahan dalam pengelolaan tanaman. Penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam penerapan teknologi IoT di sektor pertanian, mendukung pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan, dan memperkenalkan sistem penyiraman cerdas yang adaptif terhadap kondisi jaringan serta kebutuhan tanaman.

Kata Kunci: *Internet of Things (IoT); Penyiraman Otomatis; Aplikasi Blynk; Sensor Kelembaban Tanah; RTC DS3231*

Abstract—Effective and efficient plant watering remains a major challenge in the agricultural sector, especially for farmers with limited time and resources. This study aims to develop an automatic plant watering system based on the Internet of Things (IoT), which can be remotely controlled using the Blynk application. The system utilizes an ESP32 microcontroller as the central controller, a soil moisture sensor to indicate water requirements, and an RTC DS3231 module to ensure scheduled watering continues even if the internet connection is interrupted. The research methodology follows the System Development Life Cycle (SDLC) with the Waterfall model, consisting of requirement analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. Test results show that the system is capable of detecting soil moisture in real-time and controlling the water pump based on detected conditions. The Blynk application allows users to monitor soil status and manage watering manually or automatically. When the internet connection is lost, the RTC DS3231 module continues to execute the scheduled watering as configured. The implementation of this system improves water usage efficiency by up to 30% compared to manual methods while providing flexibility and ease in plant management. This research contributes to the application of IoT technology in agriculture, supports more sustainable resource management, and introduces a smart irrigation system that adapts to network conditions and plant needs.

Keywords: Internet of Things (IoT); Automatic Watering; Application Blynk; Soil Moisture Sensor; RTC DS3231

1. PENDAHULUAN

Perkebunan memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dan menunjang perekonomian[1][2], khususnya di Indonesia sebagai negara agraris. Salah satu aspek krusial dalam budidaya tanaman adalah penyiraman yang tepat. Ketidaktepatan dalam penyiraman dapat menyebabkan pemborosan air, meningkatkan risiko penyakit tanaman akibat kelembaban tinggi, atau sebaliknya menyebabkan tanaman kekurangan air dan gagal tumbuh optimal[1]. Seiring kemajuan teknologi, sistem penyiraman tradisional mulai digantikan oleh pendekatan berbasis Internet of Things (IoT). Teknologi ini memungkinkan integrasi antara sensor kelembaban tanah, mikrokontroler, dan aktuator seperti pompa air yang dapat dikontrol jarak jauh[3]. Dengan sistem ini, penyiraman dilakukan berdasarkan data real-time dari sensor, sehingga lebih akurat dan sesuai kebutuhan tanaman[4]. Penelitian ini mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor kelembaban tanah dan dikendalikan melalui aplikasi Blynk.

Pemilihan ESP32 sebagai pusat kendali didasarkan pada kemampuannya dalam mendukung konektivitas Wi-Fi serta kapasitasnya dalam menangani beberapa sensor secara simultan [5]. Sistem ini juga dilengkapi dengan modul RTC DS3231 yang memastikan penyiraman tetap berjalan sesuai jadwal saat koneksi internet tidak tersedia. Hal ini menjadi sebuah solusi penting untuk daerah dengan infrastruktur jaringan yang belum stabil[6]. Metode pengembangan yang digunakan adalah System Development Life Cycle (SDLC) model Waterfall, yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan sistem[6]. Permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini antara lain: pemborosan air akibat penyiraman manual yang tidak terukur, ketergantungan sistem otomatis pada koneksi internet, serta kebutuhan akan sistem yang mudah digunakan oleh pengguna awam. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penyiraman otomatis yang efisien, adaptif terhadap kondisi jaringan, dan praktis untuk dioperasikan oleh petani maupun penghobi tanaman[5].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi besar penerapan IoT dalam sistem penyiraman tanaman. Pratama (2022) merancang alat penyiram otomatis berbasis Arduino Uno dan Bluetooth HC-05 yang terhubung dengan sensor kelembaban YL69. Sistem ini memungkinkan penyiraman berdasarkan nilai kelembaban, namun

keterbatasannya adalah kendali hanya dapat dilakukan dalam jarak dekat melalui koneksi Bluetooth[1]. Penelitian ini menekankan pentingnya transisi ke teknologi wireless berbasis internet untuk mengatasi batasan jarak. Sementara itu, Wibowo dan Nandika (2022) mengembangkan trainer kit berbasis mikrokontroler dengan koneksi ke aplikasi Blynk. Sistem ini digunakan dalam lingkungan pendidikan untuk pelatihan IoT dan terbukti mampu menampilkan data sensor secara real-time serta memberikan kontrol jarak jauh melalui jaringan internet. Meskipun berorientasi pada pembelajaran, rancangan tersebut membuktikan efektivitas aplikasi Blynk dalam integrasi perangkat IoT untuk sistem monitoring dan kontrol[2].

Penelitian Ardiyansyah (2020) menyajikan sistem kontrol nutrisi berbasis fuzzy logic untuk tanaman hidroponik. Sistem tersebut menggunakan sensor untuk membaca kondisi lingkungan dan mengatur distribusi nutrisi secara otomatis. Meskipun konteksnya berbeda dari penyiraman berbasis tanah, prinsip dasar otomatisasi berbasis data sensor sangat relevan dan menjadi inspirasi bagi desain sistem dalam penelitian ini[3]. Dari sisi metodologi, Irfan et al. (2023) menerapkan pendekatan Waterfall dalam pengembangan sistem absensi berbasis website. Meskipun tidak secara langsung berkaitan dengan sistem pertanian, pemilihan model SDLC Waterfall terbukti mampu menghasilkan sistem yang terstruktur, terdokumentasi dengan baik, dan siap diuji sesuai kebutuhan pengguna akhir[4]. Hal ini memperkuat bahwa pendekatan metodologis tersebut cocok diterapkan pada pengembangan sistem penyiraman otomatis. Selain itu, Kastutara (2022) menunjukkan keberhasilan pengendalian perangkat rumah tangga berbasis ESP8266 melalui jaringan Wi-Fi. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam manajemen perangkat jarak jauh. Konsep ini selaras dengan tujuan utama penelitian ini, yaitu menciptakan sistem penyiraman tanaman yang dapat dikontrol kapan saja dan di mana saja, tanpa ketergantungan fisik pengguna terhadap lokasi lahan[5]. Penerapan teknologi ini bukan hanya solusi teknis, tetapi juga bentuk inovasi dalam mendukung pertanian presisi. Dengan kemampuan monitoring dan kontrol berbasis internet, serta keberlanjutan operasi melalui RTC ketika jaringan tidak tersedia, sistem ini memberikan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya air dan tenaga kerja.

Dukungan dari aplikasi Blynk menjadikan antarmuka sistem ini ramah pengguna dan dapat diakses oleh siapa saja, termasuk petani yang belum terbiasa dengan teknologi digital. Dengan demikian, sistem yang dirancang dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi nyata terhadap berbagai permasalahan dalam penyiraman tanaman, baik dalam skala kecil seperti kebun rumah tangga, maupun pada lahan pertanian yang lebih luas dan menantang. Sistem ini juga dapat dikembangkan untuk mengintegrasikan fitur tambahan seperti peringatan notifikasi saat kadar kelembaban terlalu rendah, serta pencatatan histori penyiraman yang dapat diakses pengguna melalui aplikasi. Dengan dukungan data historis ini, pengguna dapat melakukan analisis sederhana terhadap pola kelembaban tanah dan efektivitas penyiraman. Hal ini membuka peluang menuju sistem pertanian berbasis data (data-driven farming) yang mampu memberikan prediksi dan rekomendasi lebih lanjut demi peningkatan produktivitas dan efisiensi sumber daya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode System Development Life Cycle (SDLC) dengan model Waterfall sebagai pendekatan utama dalam pengembangan sistem. Model ini dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur, sehingga membantu memastikan proses pengembangan berjalan sesuai rencana dan menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna[6].

Tahapan-tahapan dalam model Waterfall yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi:

a. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, dilakukan observasi langsung di lapangan untuk memahami kendala yang dihadapi petani dalam penyiraman tanaman. Observasi didukung oleh wawancara kepada petani dan calon pengguna untuk menggali kebutuhan fungsional sistem[7]. Selain itu, dilakukan studi literatur untuk memperkuat dasar teori, khususnya mengenai implementasi IoT pada sistem pertanian dan pemahaman terhadap komponen seperti ESP32, sensor kelembaban tanah, dan RTC DS3231[8].

b. Perancangan Sistem

Perancangan sistem mencakup pembuatan diagram alur data, diagram blok perangkat keras, serta desain antarmuka aplikasi Blynk. Perangkat keras dirancang agar setiap komponen dapat bekerja terintegrasi, sedangkan antarmuka aplikasi dirancang agar mudah digunakan oleh pengguna dengan berbagai latar belakang[9][10].

c. Implementasi

Tahap ini mencakup perakitan perangkat keras seperti ESP32, sensor kelembaban tanah, pompa air, relay, dan modul RTC DS3231. Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++[5][11]. Logika penyiraman otomatis dan manual ditanamkan pada mikrokontroler, sedangkan aplikasi Blynk dikonfigurasi untuk menampilkan data secara real-time serta menyediakan kontrol penyiraman secara jarak jauh[3][12].

d. Pengujian

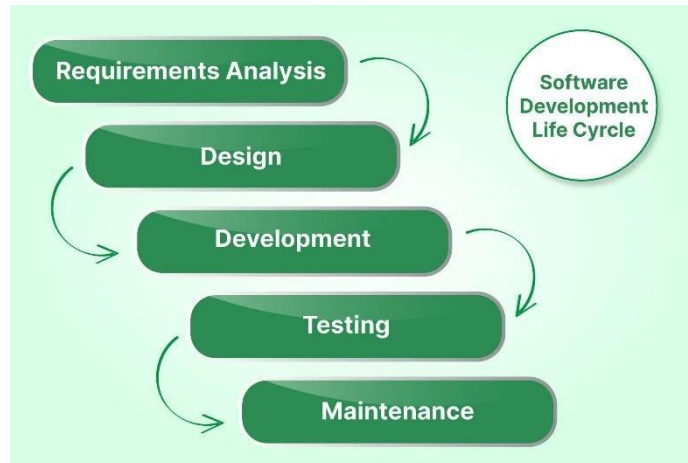
Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing, yang memverifikasi fungsi sistem tanpa melihat kode sumber[13]. Pengujian meliputi skenario penyiraman otomatis berdasarkan kelembaban tanah, penyiraman terjadwal melalui RTC DS3231, kontrol manual dari aplikasi, serta respons sistem terhadap gangguan koneksi internet[3].

e. Pemeliharaan

Tahap pemeliharaan dilakukan setelah sistem diimplementasikan kepada pengguna awal, dengan tujuan mengidentifikasi kebutuhan pengembangan lebih lanjut. Salah satu umpan balik dari pengguna adalah permintaan untuk menambahkan fitur notifikasi melalui pesan saat pompa menyala atau saat kadar kelembaban terlalu rendah

[14]. Pengguna juga mengusulkan penambahan histori penyiraman yang bisa diakses melalui aplikasi Blynk. Sebagai respons terhadap masukan tersebut, tahap pemeliharaan mencakup perbaikan minor pada logika penyiraman serta perencanaan pengembangan fitur notifikasi berbasis email atau integrasi dengan layanan seperti Telegram. Tahap ini menunjukkan pentingnya iterasi dalam pengembangan sistem IoT yang berorientasi pada pengalaman pengguna [6][15].

Alur dan proses metodologi penelitian yang digunakan secara keseluruhan digambarkan dalam Gambar 1 berikut:

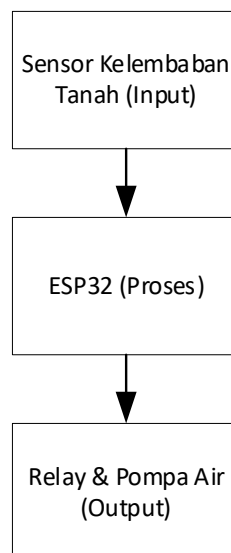


Gambar 1. Tahapan Metodologi Penelitian Model Waterfall

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Secara Blok Diagram

Blok diagram berfungsi untuk menggambarkan hubungan antar komponen utama dalam sistem penyiraman otomatis ini. Setiap blok menunjukkan fungsi dari komponen tertentu dan alur data atau sinyal antara satu komponen dengan komponen lainnya. Sistem ini didesain agar setiap komponen bekerja secara terintegrasi, memungkinkan sistem untuk mendeteksi kelembaban tanah dan mengontrol pompa air secara otomatis, dengan kontrol tambahan melalui aplikasi Blynk [16][17].



Gambar 2. Perancangan Blok Diagram Kelembaban Tanah

Blok diagram kelembaban dirancang untuk menggambarkan alur kerja penyiraman otomatis yang dipicu oleh kelembaban tanah. Sistem ini menggunakan sensor kelembaban tanah yang berfungsi mendeteksi kadar kelembaban pada media tanam. Data kelembaban kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk dianalisis. Ketika tingkat kelembaban di bawah ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan pompa air melalui relay untuk melakukan penyiraman secara otomatis. Komponen Blok Diagram Kelembaban Tanah:

- Sensor Kelembaban Tanah: Mengukur kadar kelembaban tanah dan mengirim data ke ESP32.
- ESP32: Mengolah data dari sensor kelembaban tanah dan data tersebut dikirim ke ADC (Analog-to-Digital Converter) pada mikrokontroler ESP32 untuk dikonversi menjadi nilai digital yang kemudian diolah menjadi

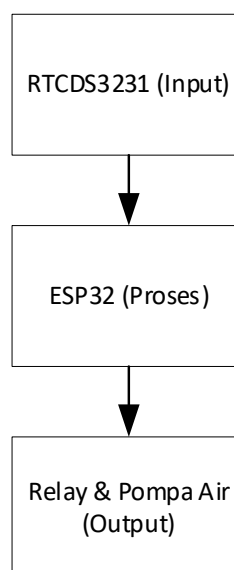
persentase untuk mempermudah interpretasi kondisi tanah. Berdasarkan nilai persentase, sistem mengelompokkan kondisi tanah ke dalam empat kategori:

1. Tanah Sangat Kering: < 25%
2. Tanah Kering: 26% - 50%
3. Tanah Cukup Lembab: 51% - 75%
4. Tanah Sangat Lembab: > 75%

Agar pembacaan sensor lebih akurat, dilakukan proses kalibrasi untuk menyesuaikan sensitivitas sensor terhadap berbagai jenis media tanam. Kalibrasi dilakukan dengan langkah berikut:

1. Penentuan Nilai Minimum dan Maksimum:
 - a) Sensor ditempatkan dalam tanah kering sepenuhnya dan dicatat sebagai nilai minimum (0% kelembaban).
 - b) Sensor kemudian ditempatkan dalam tanah jenuh air dan dicatat sebagai nilai maksimum (100% kelembaban).
2. Pengujian pada Berbagai Media Tanam:
 - a) Sensor diuji pada berbagai jenis tanah seperti tanah liat, tanah berpasir, dan campuran kompos untuk mengetahui perbedaan respons.
 - b) Penyesuaian rentang persentase kategori kelembaban dilakukan agar sistem tetap konsisten meskipun digunakan pada media tanam yang berbeda.
3. Validasi dengan Kadar Air Aktual:
 - a) Pembacaan sensor dikonversi ke kadar air aktual melalui pengukuran laboratorium sederhana sebagai metode validasi.
 - b) Nilai hasil kalibrasi kemudian disesuaikan untuk mendekati kadar air riil.

Dengan pendekatan ini, sistem menjadi lebih adaptif terhadap variasi kondisi lingkungan dan jenis tanah, serta meningkatkan keakuratan penyiraman otomatis.
- c. Relay dan Pompa Air: Jika tanah masuk dalam kategori "Sangat Kering" atau "Kering," relay dan pompa air diaktifkan. Sebaliknya, jika tanah masuk kategori "Cukup Lembab" atau "Sangat Lembab," relay dan pompa air tetap dinonaktifkan.



Gambar 3. Perancangan Blok Diagram RTC DS3231

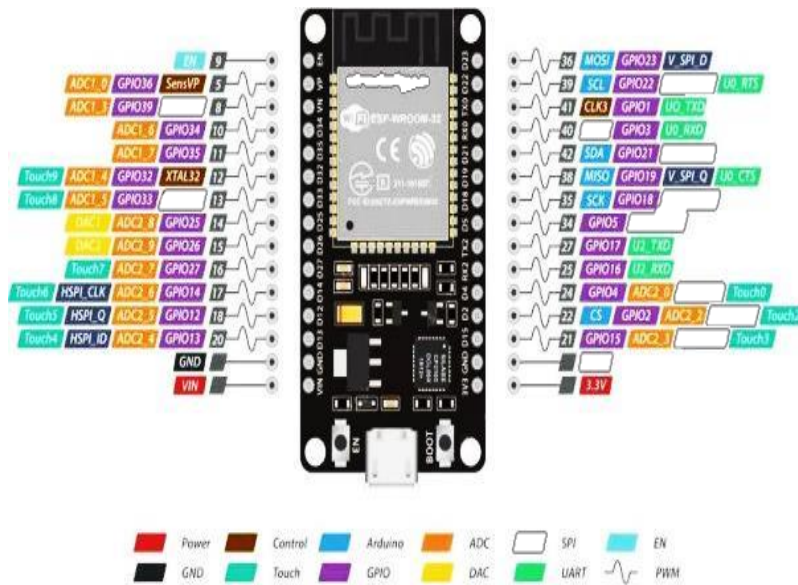
Blok diagram waktu dirancang untuk menggambarkan alur kerja penyiraman otomatis yang dijadwalkan sesuai waktu yang ditentukan menggunakan modul RTC DS3231. Modul RTC DS3231 menyediakan data waktu yang akurat untuk mengatur jadwal penyiraman. Mikrokontroler ESP32 menerima sinyal dari RTC sesuai jadwal yang telah diatur dan mengaktifkan pompa air melalui relay pada waktu tertentu, terlepas dari kondisi kelembaban tanah.

3.2 Komponen Blok Diagram RTC DS3231

- a. RTC DS3231: Menghasilkan data waktu yang akurat dan memberikan sinyal pada ESP32 untuk mengontrol waktu penyiraman.
- b. ESP32: Menyimpan jadwal penyiraman dan memicu relay untuk menyalakan pompa air pada waktu yang telah ditentukan.
- c. Relay dan Pompa Air: Pompa air diaktifkan melalui relay sesuai jadwal penyiraman yang ditentukan oleh RTC, sehingga tanaman dapat disiram secara otomatis pada waktu yang telah diatur.

Kedua blok diagram ini memberikan gambaran yang jelas tentang dua metode penyiraman yang bekerja secara independen namun terintegrasi dalam satu sistem, yaitu penyiraman berdasarkan kelembaban tanah dan penyiraman terjadwal.

3.3 Blok Input ESP32



Gambar 4. Blok InputESP32

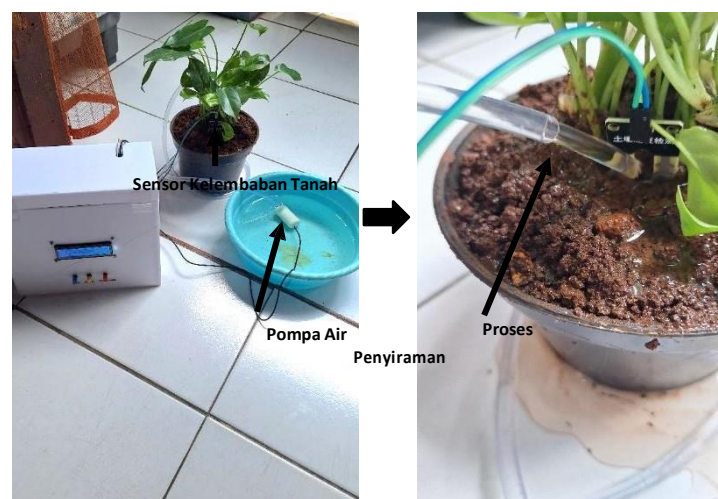
Pada Gambar 4 menjelaskan peran ESP32 sebagai pusat pemrosesan sistem. ESP32 menerima data input dari sensor kelembaban tanah dan modul RTC DS3231. Data ini kemudian diproses untuk menentukan apakah pompa air harus diaktifkan. Program yang ditanamkan pada ESP32 mengatur logika kontrol penyiraman, baik berdasarkan kelembaban tanah maupun jadwal waktu. Jika salah satu kondisi terpenuhi, ESP32 akan mengirim sinyal ke relay untuk mengaktifkan pompa air.

Fungsi Utama ESP32:

- Memproses data kelembaban tanah dan waktu sesuai logika yang telah diprogram.
- Mengirimkan sinyal ke relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air.

Sebagai mikrokontroler utama, ESP32 berperan dalam mengintegrasikan semua komponen agar bekerja sesuai fungsi masing-masing.

3.4 Implementasi Hardware



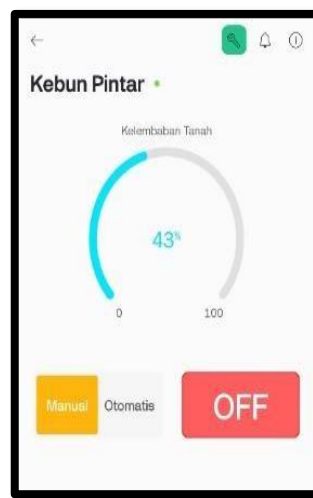
Gambar 5. Implementasi Hardware

Gambar 5 menunjukkan hasil akhir rangkaian sistem penyiraman otomatis yang terdiri dari ESP32, sensor kelembaban tanah, RTC DS3231, pompa air, dan komponen pendukung lainnya. Sistem mampu menyiram tanaman berdasarkan tingkat kelembaban tanah dan jadwal yang telah ditentukan [18]. Implementasi hardware mencakup perakitan semua komponen elektronik untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan awal.

- ESP32: Berfungsi dengan baik, mikrokontroler membaca data sensor kemudian data sensor terbaca dan relay aktif/mati sesuai logika. Voltase yang dihasilkan ketika pompa air aktif adalah 3.2 Volt dan ketika pompa air non- aktif adalah 3.8 Volt.
- Sensor Kelembaban Tanah: Berfungsi dengan baik, sensor ditancapkan pada media dengan kelembaban berbeda dan kemudian menampilkan nilai kelembaban pada LCD dan aplikasi Blynk secara akurat.
- RTC DS3231: Berfungsi dengan baik, jadwal penyiraman diatur menggunakan tombol kemudian waktu penyiraman tercatat dan dijalankan otomatis.
- Pompa Air: Berfungsi dengan baik, kelembaban < ambang batas atau jadwal aktif kemudian pompa menyala otomatis dan berhenti saat kelembaban > ambang batas [19].

3.4 Implementasi Software

Implementasi software dalam sistem ini melibatkan pemrograman ESP32 menggunakan Arduino IDE serta konfigurasi aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna.



Gambar 6. Implementasi Software

Gambar 6 memperlihatkan data kelembaban tanah dan status pompa air pada aplikasi Blynk. Data ditampilkan dengan akurat, dan kontrol jarak jauh berfungsi dengan baik.

- Login Aplikasi Blynk: Berfungsi dengan baik, masuk menggunakan akun terdaftar dan pengguna berhasil login ke aplikasi.
- Widget Monitoring Kelembaban: Berfungsi dengan baik, kelembaban tanah di bawah / di atas ambang batas data dan kelembaban muncul real-time di widget.
- Widget Tombol Manual: Berfungsi dengan baik, tombol manual ditekan untuk menyalakan / mematikan pompa dan pompa menyala / mati sesuai perintah.
- Widget Tombol Otomatis: Berfungsi dengan baik, ketika kelembaban tanah di bawah 50% dan tombol otomatis diaktifkan kemudian relay dan pompa menyala otomatis hingga kelembaban mencapai ambang batas. Potongan kode berikut menunjukkan bagian penting dari program ESP32:

```
sketch_oct14a.ino
1  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
2  #include <Wire.h>
3  #include <WiFiClient.h>
4  #include <BlynkSimpleEsp32.h>
5  #include <RTClib.h>
6  #include <EEPROM.h>
7
8  // Pin Konfigurasi
9  #define sensor 34
10 #define relay 23
11 #define buttonHour 25
12 #define buttonMinute 26
13 #define buttonSelect 27
14
15 // Blynk credentials
16 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6uDI-9-1f"
17 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Project Kebun Pintar"
18
19 char auth[] = "QM5Q55UfHScE03ZzhCWAxyxq5-JEHUU";
20 char ssid[] = "Galaxy";
21 char pass[] = "taufiq28";
22
23 // Komponen
24 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
25 RTC_DS3231 rtc;
26 BlynkTimer timer;
27
28 // EEPROM
29 #define EEPROM_SIZE 64
```

Gambar 7. Script Code Arduino IDE

3.5 Analisis Hasil

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap sistem penyiraman otomatis berbasis IoT, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan tujuan yang telah dirancang. Analisis hasil dilakukan terhadap perangkat lunak dan perangkat keras, serta integrasi antara keduanya. Berikut adalah analisis rinci:

- a. Analisis Hasil Perangkat Lunak
 1. Aplikasi Blynk berhasil menampilkan data kelembaban tanah secara real-time.
 2. Fitur kontrol jarak jauh pada aplikasi Blynk, seperti menyalakan dan mematikan pompa air, bekerja dengan baik dalam mode manual.
 3. Jadwal penyiraman otomatis dapat ditambahkan dan diubah melalui aplikasi dengan respons yang cepat.
- b. Efektivitas Pemrograman RTC DS3231
 1. RTC DS3231 mampu menjaga waktu dengan akurat, bahkan saat sistem dimatikan atau kehilangan daya.
 2. Sistem dapat melakukan penyiraman otomatis sesuai jadwal yang telah diatur sebelumnya tanpa memerlukan koneksi internet.
- c. Kinerja Sensor Kelembaban Tanah
 1. Sensor membaca tingkat kelembaban tanah dengan akurat dan mengirimkan data ke ESP32 untuk diproses.
 2. Logika penyiraman otomatis berdasarkan kelembaban tanah bekerja dengan baik. Pompa menyala saat kelembaban berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan dan mati setelah kelembaban berada di atas ambang batas.

3.6 Analisis Hasil Perangkat Keras

- a. Mikrokontroler ESP32
 1. Mikrokontroler ESP32 mampu menjalankan tugas-tugas pengolahan data dari sensor dan mengendalikan relay dengan stabil.
 2. ESP32 dapat terhubung ke aplikasi Blynk melalui Wi-Fi dengan koneksi yang konsisten selama jaringan internet tersedia.
- b. Pompa Air dan Relay
 1. Relay bekerja dengan baik sebagai penghubung daya ke pompa air. Saat relay aktif, pompa menyala untuk menyiram tanaman.
 2. Pompa air memiliki performa yang memadai untuk menyiram tanaman dalam skala kecil hingga sedang.
- c. LCD 16x2 dengan I2C
 1. LCD 16x2 berhasil menampilkan informasi penting seperti tingkat kelembaban tanah, waktu saat ini, dan jadwal penyiraman.
 2. Modul I2C mempermudah penghubungan LCD ke ESP32 dengan pengurangan jumlah kabel yang diperlukan.
- d. Tombol Fisik (Button)
 1. Tombol fisik yang digunakan untuk mengatur jam, menit, dan jadwal penyiraman bekerja dengan responsif.
 2. Pengaturan jadwal langsung pada perangkat memberikan alternatif praktis jika aplikasi Blynk tidak dapat digunakan.

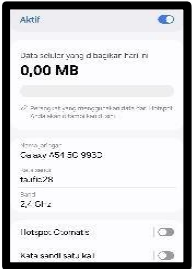
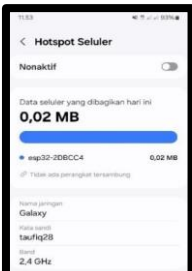
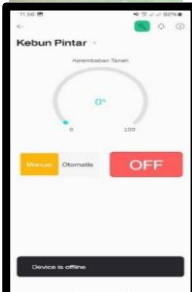
3.7 Analisis Hasil Integrasi Sistem

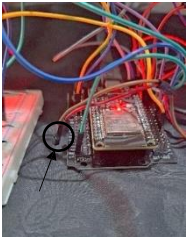
- a. Integrasi Sensor dan RTC DS3231, Sistem berhasil menggabungkan data dari sensor kelembaban tanah dengan jadwal waktu yang diatur menggunakan RTC DS3231. Hal ini memungkinkan penyiraman otomatis berdasarkan kondisi tanah dan waktu.
- b. Mode Otomatis dan Manual
 1. Mode otomatis berfungsi untuk menyiram tanaman berdasarkan data kelembaban tanah atau jadwal yang diatur.
 2. Mode manual memungkinkan pengguna mengontrol pompa air secara langsung melalui aplikasi Blynk atau tombol fisik, memberikan fleksibilitas dalam penggunaan.
- c. Efisiensi Sistem
 1. Sistem terbukti efisien dalam mengelola penggunaan air, menyiram tanaman hanya saat diperlukan berdasarkan kelembaban tanah atau jadwal tertentu.
 2. Integrasi RTC DS3231 memastikan penyiraman tetap berjalan sesuai jadwal meskipun koneksi internet tidak tersedia.

3.8 Pengujian dengan Blackbox Testing

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing, di mana fungsionalitas perangkat diuji tanpa memperhatikan struktur internal kode. Pengujian dilakukan untuk memastikan input dan output sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Berikut adalah pengujian Black Box pada Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis dengan Kontrol Jarak Jauh menggunakan Aplikasi Blynk, termasuk pengujian Platform Blynk dalam Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Pengujian Black Box Testing

No	Nama Alat/Form	Gambar	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Koneksi WiFi Aktif	  	Jika menyalakan Wi-Fi pada smartphone dan mengklik tombol Volume pada aplikasi Blynk	Sistem memulai pengambilan data dari sensor	Volume tanah ditampilkan secara real-time	Volume tanah berhasil ditampilkan pada lcd dan aplikasi Blynk	Valid
2	Koneksi WiFi Nonaktif	  	Jika koneksi internet terputus, sistem beralih ke mode penyiraman otomatis berdasarkan waktu yang ditentukan oleh RTC DS3231	RTC DS3231 memproses waktu dan menyiram tanaman sesuai jadwal	Sistem tetap menjalankan penyiraman berdasarkan waktu	Penyiraman tetap berjalan sesuai jadwal meskipun internet terputus	Valid
3	Mode Otomatis		Jika sensor kelembaban tanah mendeteksi kelembaban di bawah ambang batas yang telah diatur	Sensor membaca nilai kelembaban di bawah ambang batas	Pompa menyala otomatis	Pompa menyala otomatis sesuai kondisi kelembaban	Valid

4	Penyiraman n Berdasarkan n RTC DS3231		Jika pengguna ingin mengatur jadwal penyiraman menggunakan tiga tombol fisik (jam, menit, dan pemilihan jadwal)	Tombol berfungsi untuk mengatur waktu dan jadwal	Waktu dan jadwal berhasil diatur, tampil pada LCD	Pengaturan jadwal berhasil ditampilkan pada LCD	Valid
5	Kabel Jumper lepas		Jika diantara kabel jumper (yang menghubungkan RTC, sensor kelembaban tanah, relay, atau komponen lainnya) lepas atau kendur saat sistem berjalan	Kabel jumper kehilangan koneksi sementara	Sistem mendeteksi masalah dan menampilkan pesan error pada LCD	Sistem gagal berjalan, penyiraman tidak dilakukan, dan tidak ada pesan error	Valid

Dari hasil pengujian, sistem dapat bekerja sesuai harapan dan menunjukkan peningkatan efisiensi penyiraman dibandingkan metode manual.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penerapan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT, dapat diambil beberapa kesimpulan penting. Selama ini, tanpa adanya sistem otomatis, penyiraman tanaman masih dilakukan secara manual yang menyebabkan penggunaan air kurang efisien. Selain itu, pengguna juga sangat bergantung pada keberadaan fisik untuk melakukan penyiraman dan tidak bisa memantau atau mengontrol dari jarak jauh. Kondisi ini berisiko membuat tanaman kekurangan atau kelebihan air, yang akhirnya memengaruhi pertumbuhan tanaman dan pengelolaan lahan pertanian secara keseluruhan. Terlebih lagi, penyiraman manual seringkali dilakukan tanpa data kelembaban tanah yang akurat, sehingga berpotensi terjadi pemborosan air. Dengan menerapkan teknologi IoT menggunakan ESP32, sensor kelembaban tanah, modul RTC DS3231, relay, dan aplikasi Blynk, sistem penyiraman menjadi lebih efisien dan praktis. Penyiraman bisa dilakukan secara otomatis berdasarkan tingkat kelembaban tanah atau jadwal yang sudah diatur sebelumnya, serta pengguna bisa memantau dan mengendalikan sistem dari mana saja lewat aplikasi. Hal ini tentu mengurangi beban kerja pengguna, sekaligus membantu menghemat air dan energi. Meski begitu, masih ada beberapa tantangan seperti pengaruh kondisi lingkungan terhadap keakuratan sensor, keterbatasan daya perangkat, dan masalah konektivitas internet yang kadang tidak stabil. Oleh karena itu, pengembangan sistem ke depan sebaiknya fokus pada peningkatan ketahanan perangkat, penggunaan sensor yang lebih akurat, serta pengintegrasian sumber energi alternatif agar sistem lebih andal dan ramah lingkungan. Penambahan fitur seperti sistem peringatan untuk kondisi kelembaban yang ekstrem dan analisa data juga bisa membuat sistem ini semakin pintar dan bermanfaat untuk pertanian modern. Kesimpulannya, sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pengelolaan tanaman secara keseluruhan, sekaligus membuka peluang pengembangan yang lebih maju dan berkelanjutan.

REFERENCES

- [1] W. Wilianto and A. Kurniawan, "Sejarah, Cara Kerja dan Manfaat Internet of Things," *J. Manaj. Teknol. Dan Inform.*, vol. 8, no. 8, 2018, [Online]. Available: <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/matrix/article/view/818>
- [2] D. Setyawan, "Pemanfaatan Tenaga Angin sebagai Alat Pembangkit Listrik Sistem Apung pada Kebutuhan Kelistrikan Rumah di Daerah Pesisir Pantai," Universitas Muhammadiyah Surabaya, 2020.
- [3] A. Selay *et al.*, "Internet of Things," *Karimah Tauhid*, vol. 1, no. 6, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.unida.ac.id/karimahtauhid/article/view/7633>
- [4] D. Kastutara, "Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino Menggunakan Modul Wifi ESP8266 Pada Aplikasi Internet of Things," *J. Teknol. Pint.*, vol. 2, no. 9, 2022, [Online]. Available: <http://teknologipintar.org/index.php/teknologipintar/article/view/256>
- [5] F. E. Nugroho, "Perancangan Sistem Informasi Penjualan Online Studi Kasus Tokoku," *J. SIMETRIS*, vol. 7, no. 2, 2016, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/304201618.pdf>
- [6] J. W. Satzinger, R. B. Jackson, and S. D. Burd, *Systems Analysis and Design in a Changing World*. Boston: Cengage Learning, 2016. [Online]. Available: <https://thuvienso.hoasen.edu.vn/handle/123456789/9325>

- [7] R. Witanto and H. H. Solihin, "Perancangan Sistem Informasi Penerimaan Siswa Baru Berbasis Web (Studi Kasus: SMP Plus Babussalam Bandung)," *J. Teknol. Inf. Dan Elektron.*, vol. 1, no. 1, 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.usbypkp.ac.id/index.php/infotronik/article/view/9>
- [8] M. R. Nurkamiden, M. E. Najoan, and M. D. Putro, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Perangkat Listrik Berbasis Web Server Menggunakan Mini PC Raspberry Pi (Studi Kasus Gedung Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi)," *J. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 1, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/15980>
- [9] N. R. Wiwesa, "User Interface dan User Experience untuk Mengelola Kepuasan Pelanggan," *J. Sos. Hum. Terap.*, vol. 3, no. 2, 2021, [Online]. Available: <https://scholarhub.ui.ac.id/jsht/vol3/iss2/2/>
- [10] D. Aryani, M. N. Ihsan, and P. Septiyani, "Prototype Sistem Absensi dengan Metode Face Recognition Berbasis Arduino pada SMK Negeri 5 Kabupaten Tangerang," *Semnasteknomedia Online*, vol. 5, no. 1, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.amikom.ac.id/index.php/semnasteknomedia/article/view/1642>
- [11] M. M. Wibowo and R. Nandika, "Pengembangan Trainer Kit pada Praktikum Mikrokontroler Berbasis Internet of Things Menggunakan Blynk," *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 2, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unrika.ac.id/index.php/sigmateknika/article/view/4601>
- [12] D. Ardiyansyah, "Sistem Kontrol Nutrisi untuk Tanaman Sayur Buah Hidroponik Berbasis Fuzzy Logic," Universitas Bhayangkara Surabaya, 2020. [Online]. Available: <http://eprints.ubhara.ac.id/609/>
- [13] P. Astuti, "Penggunaan Metode Black Box Testing (Boundary Value Analysis) Pada Sistem Akademik (SMA/SMK)," *Fakt. Exacta*, vol. 11, no. 2, 2018, [Online]. Available: https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor_Exacta/article/view/2510
- [14] E. Effendy, E. A. Siregar, P. C. Fitri, and I. A. S. Damanik, "Mengenal Sistem Informasi Manajemen Dakwah (Pengertian Sistem, Karakteristik Sistem)," *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 6, no. 2, 2023, [Online]. Available: <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jpdk/article/view/14061>
- [15] W. S. Dharmawan, D. Purwaningtias, and D. Risdiansyah, "Penerapan Metode SDLC Waterfall dalam Perancangan Sistem Informasi Administrasi Keuangan Berbasis Desktop," *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 6, no. 2, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/khatulistiwa/article/viewFile/5733/3250>
- [16] G. Y. Pratama, "Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dan Modul Bluetooth HC-05 dengan Sensor Soil Moisture YL69," Universitas Buddhi Dharma, 2022. [Online]. Available: <http://repository.buddhidharma.ac.id/1531/>
- [17] R. R. Saragih, *Pemrograman dan Bahasa Pemrograman*. Jakarta: STMIK-STIE Mikroskil, 2016.
- [18] M. Irfan, M. A. G. N. Rosid, and A. Lutfiyani, "Perancangan Sistem Absensi Berbasis Website dengan Metode Waterfall di BAPPEDA Kebumen," *J. Kridatama Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.umnu.ac.id/index.php/kst/article/view/702>
- [19] R. Sinaga and M. F. M. Ratu, "Simulasi Pengujian Karakteristik Pompa Air Menggunakan Catu Daya Modul Surya dan Baterai Siklus Dalam," 2019, [Online]. Available: <https://osf.io/preprints/inarxiv/vu8e3/>
- [20] R. S. P. Siregar, K. Kurniabudi, and M. R. Pahlevi, "Rancang Bangun Pendeteksi Pelanggaran Lampu Lalu Lintas Berbasis Mikrokontroler dan SMS Gateway," *J. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 1, no. 2, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unama.ac.id/index.php/jakakom/article/view/2>