

Pendeteksi Kelembaban Tanah dan Penyiraman Otomatis Tanaman Stroberi Berbasis ESP8266 dan Telegram

Kurnia¹, Rizal Rachman², Nanang Hunaifi³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

²Program Studi Sistem Informasi, Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

e-mail: ¹ftikurniaars@gmail.com, ²rizalrachman@ars.ac.id, ³nanang@ars.ac.id

Abstrak

Kurangnya efisiensi dalam proses pemantauan dan penyiraman tanaman secara manual menjadi kendala dalam praktik pertanian, terutama pada tanaman stroberi yang membutuhkan tingkat kelembaban tanah yang stabil untuk pertumbuhan optimal. Sistem manual yang masih menggunakan hygrometer tidak mampu memberikan informasi secara *real-time* dan akurat, sehingga sering menyebabkan penyiraman yang tidak tepat waktu. Penelitian ini mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau kelembaban tanah dan mengatur penyiraman secara otomatis, serta dapat dikontrol dari jarak jauh melalui aplikasi Telegram. Sistem dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali, sensor kelembaban tanah untuk mendeteksi kadar air, RTC sebagai pengatur waktu, serta pompa dan relay sebagai aktuator penyiraman. Telegram Bot berfungsi sebagai antarmuka antara pengguna dan sistem. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan model ADDIE, mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan perangkat keras dan lunak, implementasi, serta evaluasi langsung pada tanaman stroberi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penyiraman otomatis saat kelembaban di bawah ambang batas dengan durasi rata-rata 7,95 detik. Respon Telegram rata-rata 3,08 detik, dan waktu ON/OFF pompa 5,17 detik. Sistem ini responsif, akurat, dan efisien, serta mendukung pertanian cerdas skala kecil.

Kata kunci—*Internet of Things*, NodeMCU ESP8266, Telegram Bot, Sensor Kelembaban Tanah, Penyiraman Otomatis

Abstract

The lack of efficiency in manually monitoring and watering plants poses a challenge in agricultural practices, especially for strawberry plants that require stable soil moisture levels for optimal growth. Manual systems that still rely on hygrometers cannot provide real-time and accurate information, often leading to untimely watering. This research develops an Internet of Things (IoT)-based system capable of monitoring soil moisture and automatically managing irrigation, which can also be controlled remotely via the Telegram application. The system is designed using the NodeMCU ESP8266 as the central controller, a soil moisture sensor to detect water levels, an RTC module for time scheduling, and a pump and relay as irrigation actuators. The Telegram Bot functions as the interface between the user and the system. The system was developed using the ADDIE model, which includes the stages of needs analysis, system design, hardware and software development, implementation, and direct evaluation on strawberry plants. Test results show that the system can perform automatic irrigation when soil moisture falls below the threshold, with an average watering duration of 7.95 seconds. The average response time to Telegram commands is 3.08 seconds, and the pump ON/OFF switching time is 5.17 seconds. The system is responsive, accurate, and efficient, supporting small-scale smart agriculture with real-time technology.

Keywords—*Internet of Things, NodeMCU ESP8266, Telegram, Soil moisture Sensor, Automatic Watering*

Corresponding Author:

Rizal Rachman,

Email: rizalrachman@ars.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) telah mengalami kemajuan pesat dan memberikan dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pertanian. Suatu wujud pembaruan teknologis yang mengalami kemajuan cepat ialah *Internet of Things (IoT)*, yakni sebuah gagasan mengenai jejaring peralatan digital yang terintegrasi satu sama lain menggunakan koneksi internet serta dapat saling berinteraksi tanpa intervensi manusia secara fisik pada proses transfer informasi [1]. Implementasi *IoT* di sektor agrikultur merupakan fondasi fundamental bagi gagasan *smart farming*, yang memiliki sasaran mengoptimalkan daya guna dan hasil guna aktivitas kultivasi vegetasi secara terautomasi serta berkesinambungan [2].

Saat ini, proses pemeliharaan tanaman seperti penyiraman dan pemantauan kelembaban tanah masih banyak dilakukan secara manual menggunakan alat sederhana seperti hygrometer. Metode ini cenderung tidak efisien karena memerlukan waktu dan tenaga yang cukup besar serta tidak dapat memberikan informasi secara real-time. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan dan potensi ketidaksesuaian dalam kebutuhan air tanaman [3]. Dengan demikian, dibutuhkan suatu mekanisme observasi serta irigasi terautomasi yang mampu beroperasi secara independen dan menyajikan informasi kebasahan secara *real-time*.

Pembangunan mekanisme berlandaskan *IoT* bisa direalisasikan melalui penggabungan sejumlah elemen, contohnya sensor Soil Moisture guna mengidentifikasi kebasahan medium tanam, modul RTC (Real Time Clock) selaku penentu jadwal irigasi, serta mikrokontroler NodeMCU ESP8266 selaku unit pemroses utama. ESP8266 menunjang proses kodifikasi memakai Arduino IDE dan mempunyai kapabilitas jejaring *wireless*, sehingga cocok digunakan untuk pemantauan jarak jauh [4]. Dengan bantuan mikrokontroler ini, sistem mampu beroperasi secara swakelola dan mentransmisikan data secara periodik menuju gawai milik *user*.

Satu di antara ilustrasinya ialah Telegram Bot, yang sudah marak direkayasa oleh *user* untuk bermacam-macam kebutuhan, meliputi observasi mekanisme berbasis *IoT* secara terautomasi [5]. Telegram Bot memungkinkan pengguna untuk memantau status perangkat dan menerima pembaruan secara real-time tanpa perlu terkoneksi secara fisik dengan *hardware*, serta dapat dikembangkan sesuai kebutuhan spesifik [6]. Kemudahan ini menjadikan Telegram sebagai platform yang memiliki keterkaitan pada mekanisme observasi berlandaskan *IoT*.

Tanaman stroberi merupakan salah satu komoditas hortikultura dengan nilai ekonomi tinggi dan kandungan gizi yang bermanfaat. Stroberi dikenal sebagai sumber antioksidan alami dan memiliki sifat antimutagenik yang membantu mengurangi risiko penyakit, termasuk kanker [7]. Selain itu, tanaman stroberi juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan keanekaragaman hayati serta stroberi harus memiliki kelembaban tanah yang sesuai ketika stroberi terlalu kering dalam kelembaban kurang dari 40% maka akan mengakibatkan hasil produksi kurang, sehingga dibutuhkan metode budidaya yang efektif dan ramah lingkungan untuk mendukung konservasi jangka panjang [8].

Berdasarkan uraian tersebut, Studi ini memiliki sasaran guna mendesain serta menerapkan sistem observasi kebasahan medium tanam dan irigasi terautomasi berlandaskan *IoT* yang terpadu dengan Telegram Bot. Mekanisme ini diekspektasikan dapat menjelma sebagai jawaban yang aplikatif, berdaya guna, dan akurat dalam membantu proses budidaya tanaman stroberi secara berkelanjutan dan modern, sesuai dengan perkembangan teknologi pertanian saat ini [9].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Objek Penelitian

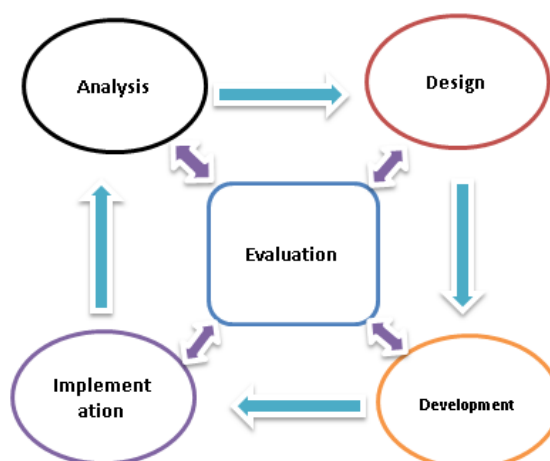
Objek penelitian dalam pengembangan ini merupakan mekanisme irigasi terautomasi yang berlandaskan *Internet of Things (IoT)* yang dirancang untuk memantau kelembaban tanah pada tanaman stroberi serta mengatur penyiraman secara otomatis berdasarkan kondisi tanah. Mekanisme ini dioperasikan oleh *mikrokontroler* NodeMCU ESP8266 yang terpadu dengan sensor kebasahan medium tanam (*Soil Moisture Sensor*), modul *Real-Time Clock (RTC)* guna penentuan jadwal irigasi, serta platform Telegram selaku media pengendalian serta pengawasan mekanisme secara *remote* lewat pemberitahuan *real-time*.

Mekanisme ini berfungsi mengacu pada parameter kebasahan medium tanam yang teridentifikasi oleh sensor, dengan klasifikasi berikut: jika kebasahan medium tanam berkisar di bawah 40%, maka status medium tanam digolongkan gersang serta irigasi akan dilaksanakan secara terautomasi. Jika berada dalam rentang 40%–80%, maka kondisi tanah dianggap ideal bagi perkembangan vegetasi stroberi, dan mekanisme tidak menjalankan irigasi. Sedangkan bila parameter kebasahan melampaui 80%, medium tanam dinilai terlampaui jenuh air, dan mekanisme akan menonaktifkan irigasi guna mencegah cedera pada perakaran vegetasi.

2.2. Alur Penelitian

Penelitian ini menerapkan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) sebagai pendekatan dalam perancangan sistem pendeteksi kelembapan tanah dan penyiraman otomatis tanaman stroberi berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan Telegram Bot. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis, terstruktur, serta sesuai untuk digunakan dalam proses pengembangan sistem berbasis teknologi informasi, termasuk sistem IoT penyiraman tanaman otomatis yang dikembangkan pada penelitian ini [10].

Sebelum memasuki tahapan inti ADDIE, dilaksanakan pengumpulan informasi selaku landasan untuk asesmen. Pengumpulan informasi dilaksanakan via telaah pustaka dari beraneka rujukan saintifik dan berkaitan yang berhubungan dengan teknologi *IoT*, irigasi terautomasi, keperluan *user*, serta atribut tanaman stroberi. Selain itu, dilakukan observasi langsung terhadap proses penyiraman tanaman secara manual, serta wawancara informal dengan pengguna atau petani guna mengidentifikasi masalah yang dihadapi di lapangan. Informasi yang diperoleh dari tahap pengumpulan data ini menjadi landasan untuk menentukan kebutuhan sistem dan merancang solusi teknologi yang sesuai dalam tahap Analisis berikutnya.



Gambar 1. Metode ADDIE

2.2.1. Analisis

Langkah ini mencakup kajian mendalam mengenai desain penelitian yang akan dilaksanakan. Dalam aktivitas asesmen ini, tahapan yang dikerjakan mencakup determinasi sasaran studi, pengenalan keperluan *user*, serta penyeleksian metodologi riset yang sesuai, serta penentuan objek yang akan diuji. Objek uji yang ditetapkan mencakup sistem pengaturan penyiraman tanaman secara on/off, waktu yang telah di atur dan penyiramanan berdasarkan kelembaban tanah.

2.2.2. Desain

Fase perancangan meliputi penyusunan bentuk fisik sebagai dasar dalam pengembangan alat sesuai kebutuhan. Rangkaian pada alat dirancang dengan mempertimbangkan integrasi antara NodeMCU ESP8266, relay, serta komponen pendukung lainnya. Selain itu, perancangan antarmuka pengguna juga dilakukan agar dapat mengendalikan pengaturan on/off sistem penyiraman tanaman.

2.2.3. Pengembangan

Pada tahap Pengembangan, terdapat tiga langkah utama yang dilakukan. Langkah awal yaitu pembuatan perangkat keras, yang meliputi proses perancangan dan perakitan komponen fisik seperti NodeMCU ESP8266, kelembaban tanah (Soil Moisture), serta komponen lainnya yang dibutuhkan. Tahapan ini melibatkan pemilihan komponen alat alat yang tepat serta perancangan rangkaian yang optimal.

2.2.4. Implementasi

Fase penerapan sistem monitoring dan pengendalian tanaman berbasis IoT dilaksanakan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan platform Telegram yang bertujuan untuk mengintegrasikan seluruh komponen penggabungan perangkat keras dan aplikasi agar sistem dapat bekerja secara optimal secara fungsional sesuai dengan perancangan. Tahapan ini elibatkan penyatuan antara hardware dan software, di mana NodeMCU ESP8266 dipasang pada sistem yang akan dikendalikan dan dipantau.

2.2.5. Evaluasi

Tahapan evaluasi pada model pengembangan ADDIE memegang peranan penting dalam menilai efektivitas dan keandalan sistem penyiraman otomatis yang dibangun menggunakan modul ESP8266 dan aplikasi Telegram. Pada tahap ini, ditentukan kriteria evaluasi untuk menilai kinerja sistem, yang mencakup aspek keandalan, kecepatan respon, dan efisiensi penggunaan. Data dikumpulkan selama sistem digunakan, termasuk informasi konsumsi banyaknya air yang dipantau secara real-time melalui fitur monitoring. Data tersebut dianalisis guna mengukur seberapa baik sistem mampu memenuhi standar yang telah ditentukan, Jika ditemukan kendala dan ketidaksesuaian, maka dilakukan identifikasi penyebab dan diterapkan langkah-langkah perbaikan.

2.3. Alat dan bahan penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses Sistem Pendeteksi kelembaban tanah dan penyiraman otomatis tanaman stroberi berbasis ESP8266 dan aplikasi Telegram adalah sebagai berikut :

2.3.1. Alat yang di gunakan

Alat yang dipakai pada Sistem Pendeteksi kelembaban tanah dan penyiraman otomatis tanaman stroberi berbasis ESP8266 dan aplikasi Telegram ialah:

Tabel 1. Alat yang digunakan

No	Nama Alat	Qty
1	Laptop	1
2	Stik Eskrim	1
3	Lem	1
4	Penggaris	1
5	Pisau Cutter	1
6	Laptop	1

2.3.2. Bahan yang di gunakan

Bahan yang dipakai pada proses desain serta pembuatan alat ialah:

Tabel 2. Bahan yang digunakan

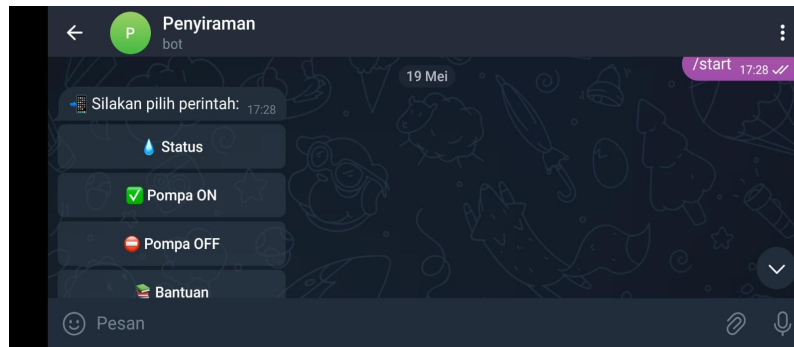
No	Nama Alat	Qty
1	NodeMCU ESP8266	1
2	Relay	1
3	Adaptor Power Supply 12V/3A	1
4	Soil Moisture	1
5	NodeMcu Base	1
6	Model RTC DS3231	1
7	LCD Display 16x2	1
8	Hp	1
9	Pompa Mini	1
10	Selang Mini	1
11	Kabel Jumper	10

NodeMCU ESP8266 bekerja berdasarkan perintah yang telah diprogram sebelumnya. Saat diaktifkan, perangkat ini secara otomatis mencari dan terhubung ke jaringan WiFi yang telah dikonfigurasi. Keterhubungan ini memberikan kapabilitas pada NodeMCU ESP8266 untuk menjelajah jejaring *internet* sekaligus berinteraksi dengan *server* maupun *aplikasi* yang dipergunakan.

Setelah terhubung, perangkat siap menerima perintah, mengirim data, serta mengontrol sistem penyiraman tanaman sesuai logika yang telah ditentukan. Sistem kontrol ini dirancang untuk mengotomatisasi proses penyiraman dan pemantauan kelembapan tanah pada tanaman stroberi. Pengaturan penyiraman dapat dilakukan melalui perintah yang dikirim oleh pengguna melalui aplikasi Telegram, baik secara otomatis maupun manual. Penggunaan platform pesan instan ini memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam pengendalian perangkat dari jarak jauh.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur monitoring konsumsi daya dan kelembapan tanah yang memungkinkan pengguna memantau kondisi tanah serta status penyiraman secara langsung melalui Telegram. Informasi ini membantu pengguna dalam menentukan waktu penyiraman yang optimal sehingga perawatan tanaman stroberi menjadi lebih efisien dan tepat sasaran. Proses kerja sistem dimulai saat perangkat diaktifkan dan NodeMCU ESP8266 terhubung ke jaringan WiFi yang telah disetting. Setelah koneksi internet berhasil dibuat, sistem aplikasi kontrol yang terintegrasi dengan Telegram Bot akan dijalankan.

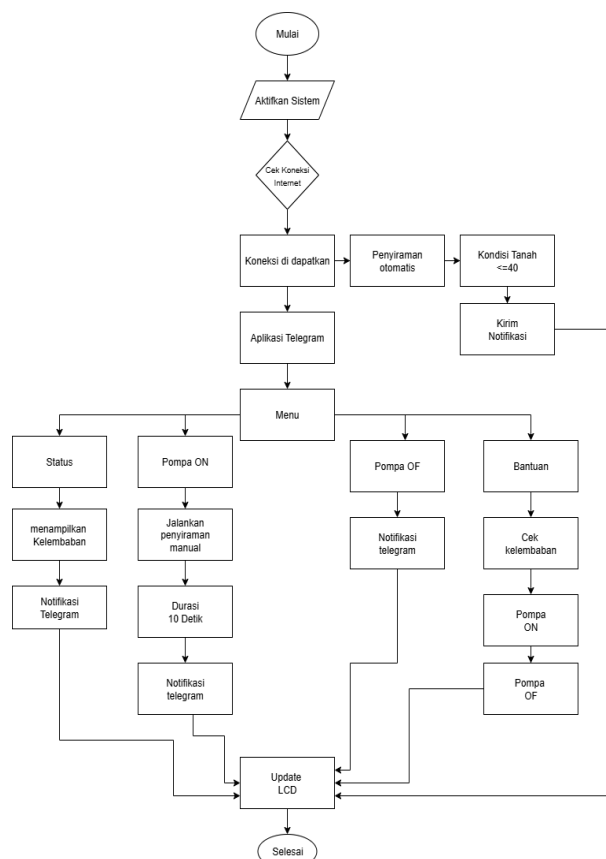
Pada tampilan awal chat bot di aplikasi Telegram, pengguna akan disajikan tombol “Start”. Setelah tombol tersebut ditekan, akan muncul beberapa pilihan menu berupa tombol untuk menyalakan atau mematikan sistem, mengaktifkan mode penyiraman otomatis, serta memantau kelembapan tanah. Tampilan antarmuka chat bot Telegram ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Telegram

Tampilan antarmuka Telegram Bot akan menampilkan notifikasi terkait tingkat kelembaban tanah serta kontrol interaktif untuk mengatur sistem penyiraman otomatis tanaman stroberi. Ilustrasi alur kerja sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Dengan adanya fitur pemantauan ini, pengguna tidak hanya mampu mengontrol penyiraman, tetapi juga memperoleh informasi kondisi tanah secara langsung. Kondisi ini sungguh bermanfaat dalam menetapkan jadwal irigasi yang presisi, alhasil perkembangan serta mutu vegetasi stroberi mampu terawat secara maksimal.



Gambar 3. Alur Sistem Kerja Penyiraman Otomatis

Sistem kerja dari alur yang ditunjukkan pada Gambar 3 berjalan dengan cara sebagai berikut. Saat sistem pertama kali diaktifkan, NodeMCU akan melakukan pengaturan awal segenap elemen mekanisme, contohnya sensor kelembaban tanah, modul RTC, LCD I2C, pompa air via modul *relay*, serta keterhubungan menuju jejaring *internet*. Langkah awal ini ditandai dengan

aktivasi sistem alat kontrol yang akan menghubungkan perangkat dengan internet untuk memulai komunikasi dengan bot Telegram. Sesudahnya, mekanisme menjalankan verifikasi koneksi *internet*. Apabila koneksi berhasil didapatkan, maka sistem akan melanjutkan ke tahap aktivasi bot Telegram. *User* lalu bisa menjalin komunikasi dengan mekanisme menggunakan platform Telegram, saat tersedia menu untuk mengecek status sistem, mengaktifkan atau mematikan pompa air secara manual, serta bantuan penggunaan.

Jika pengguna mengirimkan perintah tertentu, sistem akan memproses perintah tersebut. Pada mode otomatis, sistem akan menjalankan fungsi hitung mundur sebelum memulai proses penyiraman. Sesudahnya, mekanisme bakal menginspeksi kondisi pompa air. Jika pompa belum aktif, maka sistem akan mengaktifkannya secara otomatis, memperbarui tampilan status pada LCD, dan mengirimkan notifikasi ke Telegram bahwa penyiraman telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penyiraman Otomatis Dan Kelembaban Tanah

Temuan studi tentang mekanisme irigasi terautomasi yang terpadu bersama platform Telegram meliputi eksekusi berbagai percobaan dan asesmen via simulasi serta penerapan aktual pada tanaman stroberi. Aspek responsivitas sistem dibahas secara rinci untuk menunjukkan sejauh mana sistem mampu merespons kondisi lingkungan. Data yang diperoleh selama proses pengujian memberikan gambaran menyeluruh mengenai Performa sistem penyiraman otomatis yang dioperasikan melalui aplikasi Telegram.

3.1.1. Pengumpulan data

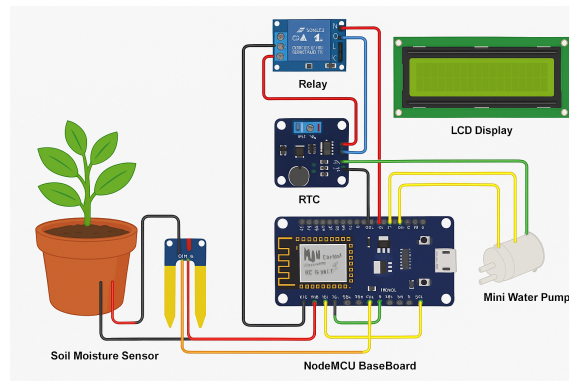
Pengumpulan data pada studi ini dieksekusi mendahului fase penerapan mekanisme, yang bertujuan guna mendapatkan data mula yang menjelma sebagai fondasi dalam mendesain mekanisme irigasi terautomasi berlandaskan *IoT*. Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap kondisi tanaman stroberi, studi literatur terkait kebutuhan kelembaban optimal tanaman, serta wawancara informal dengan pengguna atau petani kecil yang mengeluhkan keterbatasan waktu dalam menyiram tanaman secara manual.

3.1.2. Analisis

Temuan dari fase analisis dalam studi ini mengindikasikan bahwa mekanisme yang direkayasa sanggup menyajikan kepraktisan serta daya guna pada operasionalisasi perangkat *IoT* secara jarak jauh. Selain itu, analisis tersebut juga mengungkap kebutuhan pengguna yang menekankan pada efisiensi waktu serta kemudahan penggunaan, tanpa harus memiliki kemampuan teknis yang tinggi untuk mengoperasikan sistem tersebut.

3.1.3. Desain

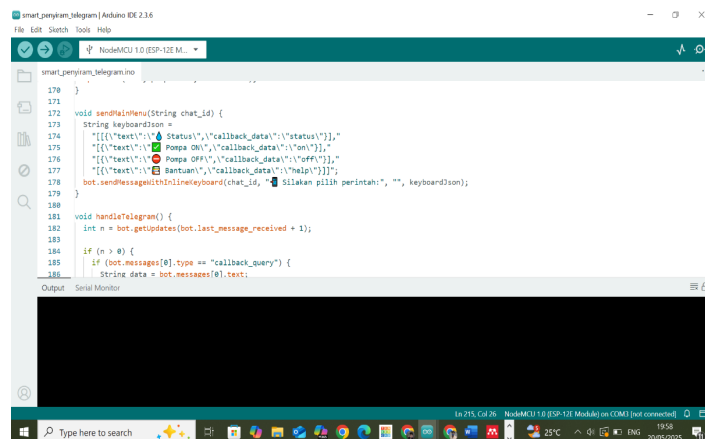
Rancangan awal dari sistem kontrol ini direpresentasikan dalam bentuk gambar simulasi yang menggambarkan skema instalasi penyiraman. Penerapan sistem otomatis tersebut tidak memerlukan instalasi tambahan secara tersendiri, tetapi cuma dieksekusi melalui pengubahan sirkuit fundamental yang sudah ada terlebih dahulu.



Gambar 4. Rangkain Instalasi Penyiraman Otomatis

3.1.4. Pengembangan

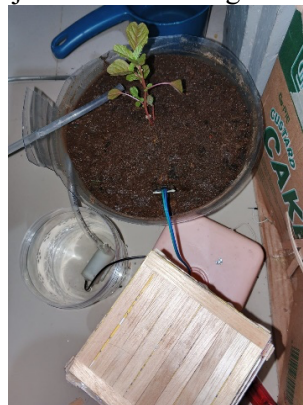
Setelah tahap perancangan rangkaian selesai dilakukan, proses selanjutnya pada tahap development adalah menyusun dan mengunggah program ke dalam modul NodeMCU ESP8266. Adapun gambar berikut merupakan tampilan dari program yang telah diunggah ke perangkat.



Gambar 5. Code Pemograman

3.1.5. Implementasi

Setelah seluruh komponen perangkat siap, tahap selanjutnya adalah implementasi, yang meliputi proses integrasi serta pengujian awal terhadap perangkat yang telah dirancang sebelumnya. Gambar berikut menunjukkan bentuk rangkaian sistem yang telah berhasil dirakit.



Gambar 6. Rangkain Utuh

3.1.6. Evaluasi

Pengujian sistem penyiraman Sistem otomatis berbasis NodeMCU dan aplikasi Telegram dirancang untuk mengukur waktu respons dalam proses pengaktifan dan menonaktifkan pompa penyiraman. Pengujian dilakukan sebanyak 5x, masing-masing bagi tindakan irigasi (*ON*) serta terminasi irigasi (*OFF*) melalui antarmuka Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata waktu respons sistem untuk menjalankan perintah ON/OFF pompa adalah sebesar 4,92 detik. Rincian hasil pengujian waktu respons sistem dapat dilihat pada Tabel 3. Berikut.

Tabel 3. Pengujian waktu respon ON/OFF Pompa Via Telegram

No	On/Off Aplikasi Telegram	Waktu Respon (Detik)
1	Pengujian On	05.45
2	Pengujian OFF	06.30
3	Pengujian On	02.89
4	Pengujian OFF	07.84
5	Pengujian On	02.11
Rata-Rata		4,92

Pengujian kedua dilakukan sebanyak 5 kali untuk mengevaluasi waktu respons serta keakuratan sensor dalam mendeteksi tingkat kelembaban tanah, mulai dari kondisi kering, basah (ideal), hingga terlalu basah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata nilai kelembaban yang terdeteksi oleh sensor adalah sebesar 43%. Rincian hasil pengujian sistem kerja sensor kelembaban tanah ditampilkan pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

No	Kondisi Tanah	Nilai Sensor (%)	Keterangan
1	Kering	23	Sensor Mendeteksi Kering
2	Kering	15	Sensor Mendeteksi Kering
3	Basah	41	Sensor Mendeteksi Ideal/Bagus
4	Terlalu Basah	85	Sensor Mendeteksi Terlalu Basah
5	Basah	51	Sensor Mendeteksi Ideal/Bagus
Rata-Rata		43%	

Eksperimen ketiga dieksekusi sejumlah 5 repetisi guna menakar rentang waktu aktivasi pompa secara swakelola berlandaskan parameter kebasahan tanah yang terdeteksi oleh sensor. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas sistem dalam merespons kondisi tanah yang memerlukan penyiraman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata durasi pompa menyala secara otomatis adalah 5,69 detik. Rincian hasil pengujian sistem kerja penyiraman otomatis berdasarkan kelembaban tanah ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

No	Kondisi Kelembaban (%)	Status Pompa	Menyala (Detik)
1	23	ON	10.00
2	12	ON	07.41

No	Kondisi Kelembaban (%)	Status Pompa	Menyala (Detik)
3	53	OFF	0
4	23	ON	11.03
5	41	OFF	0
Rata-Rata		5,69	

Pengujian keempat dilakukan sebanyak 5 kali untuk mengevaluasi waktu respon sistem dalam mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram setelah pompa diaktifkan atau dimatikan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kecepatan sistem dalam memberikan umpan balik kepada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengirim notifikasi adalah 2,84 detik. Rincian hasil pengujian respon notifikasi Telegram ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pengujian waktu Notifikasi Telegram

No	Pengujian	Status Pompa	Notifikasi di terima	Menyala (Detik)
1	ON	Menyala	Ya	02.04
2	OFF	Mati	Ya	03.45
3	ON	Menyala	Ya	02.11
4	OFF	Mati	Ya	04.11
5	ON	Menyala	Ya	02.47
Rata-Rata		2,84		

Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai rata-rata waktu respon dari masing-masing aspek pengujian yang berbeda. Hasil ini memberikan gambaran performa sistem dalam merespon perintah dan mengirim notifikasi melalui aplikasi Telegram. Rangkuman hasil rata-rata waktu respon keseluruhan disajikan pada Tabel IV.5 berikut:

Tabel 5. Pengujian waktu Notifikasi Telegram

No	Jenis Pengujian	Waktu Respon (Detik)
1	Rata-Rata Waktu Respon On/Off Pompa	2,84
2	Rata-Rata Durasi Penyiraman Otomatis	5,69
3	Rata-Rata Waktu Respon Notifikasi Telegram	4,92
Rata- Rata		4,48

3.2. Pembahasan Sistem

Mengacu pada perolehan penghimpunan informasi serta asesmen di bagian terdahulu, mekanisme irigasi terautomasi berlandaskan *IoT* yang direkayasa menunjukkan performa yang efektif dalam membantu petani memantau dan mengatur kelembaban tanah tanaman stroberi. Mekanisme ini didesain supaya mampu mengidentifikasi status medium tanam secara waktu-nyata memanfaatkan sensor *Soil Moisture* serta mengoperasikan irigasi secara swakelola ketika status medium tanam terindikasi gersang (di bawah 40%). Ketika kelembaban berada dalam rentang ideal (40%–80%), sistem tidak melakukan penyiraman, sedangkan saat kelembaban

melebihi 80%, mekanisme secara swakelola menonaktifkan irigasi guna menghindari medium tanam terlampau basah air.

3.1. Kelebihan dan kekurangan sistem

Berdasarkan hasil pengujian waktu respons pada pengendalian pompa dan sistem penyiraman otomatis menggunakan aplikasi Telegram, diperoleh rata-rata waktu respons keseluruhan sekitar 5,40 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dikembangkan mampu memberikan respon yang cepat dan efektif dalam mengoperasikan perangkat penyiraman. Kecepatan respons ini sangat dipengaruhi oleh kualitas dan kestabilan koneksi internet yang terhubung ke mikrokontroler; semakin baik jaringan internet, maka semakin cepat pula respons yang diterima oleh pengguna.

4. KESIMPULAN

Mengacu pada pengenalan permasalahan serta sasaran studi yang sudah diformulasikan, dan juga perolehan dari penerapan mekanisme observasi kebasahan medium tanam serta irigasi terautomasi berlandaskan *Internet of Things (IoT)* yang terpadu bersama platform Telegram, dengan demikian didapatkan konklusi seperti di bawah ini:

1. Sistem berhasil menggantikan metode manual dalam pemantauan kelembaban tanah. Mekanisme ini memanfaatkan sensor kebasahan medium tanam guna mengobservasi status secara waktu-nyata, dengan rerata pengukuran senilai 51,8%. Kisaran parameter ini memberikan kapabilitas mekanisme untuk mengidentifikasi tiga status fundamental: kering (kurang dari 40%), ideal (40–80%), dan terlalu basah (lebih dari 80%). Hal ini menjawab kebutuhan petani untuk memperoleh data akurat tanpa harus melakukan pemeriksaan langsung di lahan.
2. Penyiraman tanaman bisa dieksekusi secara swakelola mengacu pada parameter kebasahan medium tanam. Mekanisme beroperasi secara terautomasi melalui pengoperasian pompa air jika parameter kebasahan berposisi di inferior dari batasan optimal. Proses penyiraman ini berlangsung rata-rata selama 7,95 detik dan mampu menyesuaikan durasi sesuai kebutuhan tanah. Dengan demikian, intervensi manual dari petani dapat diminimalkan, dan efisiensi penggunaan air meningkat.
3. Sistem dapat dikontrol dan dipantau dari jarak jauh menggunakan aplikasi Telegram. Tanggapan rata atas instruksi Telegram ialah 3,08 detik, mengindikasikan bahwa mekanisme mempunyai kinerja yang gegas, berdaya guna, dan intuitif, termasuk bagi *user* yang tidak mempunyai kompetensi teknis.
4. Sistem memberikan solusi teknologi terapan dalam mendukung praktik pertanian modern. Dengan kemampuan monitoring dan otomatisasi, sistem ini menjadi contoh implementasi pertanian berbasis teknologi (smart farming). Kondisi ini selaras dengan sasaran studi guna merealisasikan mekanisme irigasi terautomasi yang berdaya guna, berhasil guna, dan juga menunjang produktivitas tanaman stroberi secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Atmodjo, R. Harianja, J. D. Firizqi, and R. D. Kurniawan, "Governance of Iot Devices Using Node-Red Orchestrator and Web-Based Dashboard," *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 5, pp. 1179–1190, 2023.
- [2] S. Nurhalimah, A. M. Yusa, and A. Fahmi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring KelembapanTanah dengan Konsep Smart Farming untuk Budidaya Tanaman Cabai Rawit Berbasis Internet of Things (IOT)," *Softw. Dev. Digit. Bus. Intell. Comput. Eng.*, vol. 1, no. 02, pp. 49–54, 2023.

- [3] A. Shodiq, S. Baqaruzi, and A. Muhtar, “Perancangan sistem monitoring dan kontrol daya berbasis internet of things,” *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 18–26, 2021.
- [4] R. Risman, R. Rachman, and T. Arifin, “Sistem Monitoring dan Kontrol Pemberian Pakan Ikan Berbasis IoT Menggunakan Blynk,” *J. Responsif Ris. Sains dan Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 165–174, 2024.
- [5] H. F. Azisabil and R. Rachman, “Implementasi Aplikasi Kasir Pintar Berbasis Android,” *EProsiding Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 261–274, 2022.
- [6] A. N. Fathoni and K. Khotimah, “Rancang Bangun Smart Home berbasis IoT Menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP 32,” *TELKA-Jurnal Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 9, no. 1, pp. 34–43, 2023.
- [7] Q. Al Qorni, D. P. Pamungkas, S. A. Wibowo, and D. Hermanto, “Pemantauan dan Pengingat Kondisi Kelembaban Lahan Menggunakan Esp8266 dan IoT,” in *MDP Student Conference*, 2023, pp. 226–233.
- [8] C. M. A. Wattimena, “Pendampingan Masyarakat sebagai Upaya Konservasi Kawasan Pesisir di Negeri Passo, Kota Ambon,” *MAANU J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 46–52, 2023.
- [9] E. Ryansyah and A. S. Y. Irawan, “Systematic Literature Review (SLR): Penyalahgunaan Wifi Publik Terhadap Orang Awam yang ada di Indonesia,” *J. Inform. Dan Teknologi Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2023.
- [10] A. H. Aini, Y. Saragih, and R. Hidayat, “Rancang Bangun Smart System Pada Kandang Ayam Menggunakan Mikrokontroler,” *JTPG (Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo)*, vol. 7, no. 1, pp. 27–35, 2022, 2023