

Perancangan Sistem Pengontrolan Tanaman Stroberi Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari, Kelembapan Tanah, Dan Suhu Berbasis IoT

Putri Esmeralda¹, Hastha Sunardi², Fery Antony³

^{1,2,3}Program Studi Sistem Komputer, Universitas Indo Global Mandiri
Jalan. Jend Sudirman No. 629, Palembang 30129, Sumatera Selatan

2023310039p@student.uigm.ac.id¹, hastha_s@uigm.ac.id², feryantony@uigm.ac.id³

Abstrak

Tanaman stroberi merupakan salah satu tanaman yang membutuhkan perawatan intensif, terutama dalam hal penyiraman yang tepat dan efisien. Stroberi sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan, terutama kelembapan tanah, suhu, dan pencahayaan, sehingga membutuhkan perawatan dan penyiraman yang tepat. Penelitian ini bertujuan merancang sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan logika fuzzy Mamdani agar tanaman stroberi dapat tumbuh optimal. Sistem ini menggunakan sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22), serta sensor intensitas cahaya (LDR) untuk mendeteksi kondisi lingkungan secara *real-time*. Data dari sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dianalisis dengan metode fuzzy Mamdani untuk menentukan kapan pompa air harus diaktifkan. Pengguna juga dapat melakukan penyiraman secara manual melalui aplikasi *Blynk* dengan fitur kontrol jarak jauh. Selain itu, informasi suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya ditampilkan di layar OLED. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja secara responsif dan efisien dalam penggunaan air, serta memudahkan pemantauan dan kontrol tanaman stroberi secara *real-time*. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi efektif dalam mendukung pertanian berbasis teknologi.

Kata kunci: Stroberi, IoT, Fuzzy Mamdani, Penyiraman Otomatis, ESP32, Blynk, OLED.

Abstract

Strawberry plants are one of the crops that require intense care, particularly in terms of proper and efficient irrigation. Strawberries are highly sensitive to environmental conditions, especially soil moisture, temperature, and lighting, thus requiring appropriate care and irrigation. This study aims to design an automatic irrigation system based on the Internet of Things (IoT) using Mamdani fuzzy logic to ensure optimal growth of Strawberry plants. The system uses soil moisture sensors, air temperature and humidity sensors (DHT22), and light intensity sensors (LDR) to detect environmental conditions in real-time. Data from the sensors is processed by the ESP32 microcontroller and analysed using the Mamdani fuzzy method to determine when the water pump should be activated. Users can also manually water the plants via the Blynk app with remote control features. Additionally, information on temperature, soil moisture, and light intensity is displayed on an OLED screen. Test results show that the system operates responsively and efficiently in water usage, and facilitates real-time monitoring and control of Strawberry plants. This system is expected to become an effective solution in supporting technology-based agriculture.

Keywords: include at least 5 keywords or phrases Strawberry, IoT, Mamdani Fuzzy, Automatic Irrigation, ESP32, Blynk, OLED.

I. PENDAHULUAN

Stroberi adalah tanaman *hortikultura* yang sangat sensitif terhadap variabel lingkungan seperti cahaya, kelembapan tanah, dan suhu. Kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat menghambat pertumbuhan, menurunkan kualitas buah, dan mengurangi hasil panen. Pengendalian faktor lingkungan secara manual sering kali memerlukan lebih banyak perhatian dan mungkin tidak efektif.

Stroberi adalah tanaman yang kaya akan vitamin C dan antioksidan. Stroberi tumbuh dengan baik pada suhu antara 18-28°C, dan mereka membutuhkan cahaya yang cukup untuk fotosintesis. Karena kekurangan atau kelebihan air dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil panen, kelembapan tanah juga sangat penting untuk pertumbuhan tanaman ini. Akibatnya, untuk meningkatkan hasil pertanian stroberi, pemantauan yang tepat terhadap komponen lingkungan ini sangat penting [1].

Untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*, teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) telah menjadi solusi inovatif. Dengan menggunakan perangkat yang mendukung penelitian dan sensor-sensor yang sesuai memungkinkan pengukuran data lingkungan yang otomatis dan akurat. Selain itu, dengan menggunakan aplikasi yang memudahkan tindakan perbaikan untuk menjaga stabilitas lingkungan tanaman [2].

Internet of Things (IoT) dapat membantu optimalisasi pertanian dalam ruang terbatas, seperti *smart greenhouse*. Misalnya, jika dibandingkan dengan kontrol manual, kontrol berbasis IoT dapat mengurangi tingkat *error* terhadap pemantauan suhu. Akibatnya, penggunaan teknologi ini memungkinkan tingkat efisiensi yang lebih besar, menjadikannya lebih sederhana untuk diimplementasikan, terutama dalam hal menanam tanaman stroberi di penggunaan skala kecil seperti di halaman rumah yang hanya menggunakan sensor-sensor sederhana. Hal ini memberikan kontribusi praktis untuk ind4idu yang ingin memanfaatkan teknologi *Internet Of Things* (IoT) tanpa menghadapi hambatan teknis yang signifikan, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih fokus pada produkt4itas di skala pertanian [3].

Oleh karena itu, berdasarkan penjelasan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk membuat sistem monitoring berbasis IoT yang dapat mengontrol parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan stroberi. Dengan menggunakan komponen seperti ESP32, sensor kelembapan tanah, suhu dan intensitas cahaya matahari dan memantau dengan aplikasi *Blynk* dengan menggunakan metode *Fuzzy*. Dengan judul perancangan sistem pengontrol tanaman stroberi berdasarkan intensitas cahaya matahari, kelembapan tanah dan suhu berbasis IoT. Dalam konteks ini, sistem pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time* merupakan solusi penting. Dengan mengembangkan sistem yang dapat memantau kondisi lingkungan tanaman dan menjaga kondisi ideal tanaman agar tumbuh dengan maksimal. Dalam budidaya tanaman stroberi di halaman rumah dengan memanfaatkan perkembangan teknologi saat ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stroberi

Stroberi adalah tanaman buah yang cocok untuk dibudidayakan dengan memperhatikan faktor intensitas cahaya, kelembapan tanah dan suhu, terutama di lingkungan tropis seperti di Indonesia.

Untuk fotosintesis yang optimal, tanaman ini membutuhkan paparan sinar matahari selama 6-8 jam setiap hari. Namun, di iklim tropis dengan suhu yang lebih tinggi, penting untuk memberikan naungan seperti paranet agar tanaman tidak terlalu terpapar panas. Suhu Stroberi yang ideal adalah antara 18-30°C, dengan Kelembapan tanah ideal 50-70%. Dengan perawatan yang tepat, Stroberi dapat tumbuh di halaman rumah di berbagai suhu dan Kelembapan.

Untuk pemantauan tanaman ini, teori sistem kontrol berbasis IoT digunakan. Teori ini memungkinkan perangkat keras seperti sensor cahaya (LDR), suhu (DHT22), dan kelembapan tanah (*Moisture Soil*), yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 dan dipantau secara *real-time* oleh aplikasi seperti *Blynk*, yang memungkinkan pengguna melakukan perawatan yang lebih terukur dan efisien. Metode ini menerapkan ide pengelolaan lingkungan yang adaptif, yang membuat budidaya Stroberi lebih mudah dan sesuai dengan tantangan iklim tropis [4].



Gambar 2.1 Stroberi.

2.2 Intensitas Cahaya

Untuk mendukung fotosintesis, Stroberi membutuhkan cahaya matahari langsung selama 8-10 jam per-hari. Tanaman menggunakan intensitas ini untuk menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembentukan buah. Studi menunjukkan bahwa intensitas cahaya di dataran rendah cenderung lebih dari yang diperlukan untuk stroberi dan dapat menyebabkan stres pada tanaman jika tidak diimbangi dengan perlindungan, seperti pengelolaan jarak tanam atau penggunaan naungan. Stroberi dapat mengalami penurunan efisiensi fotosintesis pada kondisi yang terlalu terik [5].

2.3 Suhu

Suhu adalah faktor penting dalam pertanian karena mempengaruhi kelembapan tanah, akt4itas

mikroorganisme, dan pertumbuhan tanaman. Suhu tinggi dapat meningkatkan penguapan air, sedangkan suhu rendah dapat menghambat proses biologis tanah. Pemantauan suhu menggunakan sensor, seperti DHT22, membantu menjaga kondisi optimal untuk tanaman dan mendukung efisiensi penyiraman [6].

2.4 Kelembapan Tanah

Dalam proses budidaya stroberi, kelembapan tanah sangat penting. Tanaman ini membutuhkan kelembapan tanah sekitar 40-60%, tidak terlalu basah atau terlalu kering. Stres air, penghambat pertumbuhan, dan risiko kegagalan panen semuanya dapat disebabkan oleh kelembapan yang terlalu rendah. Sebaliknya, kelembapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penyakit seperti busuk akar dan cendawan pada tanaman. Studi menunjukkan bahwa manajemen kelembapan tanah yang efektif dapat meningkatkan efisiensi air hingga 30% dan menghasilkan buah yang lebih besar dan manis [7]. Kelembapan tanah sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Berdasarkan nilai sensor, metode *fuzzy* membagi kelembapan tanah ke dalam kategori seperti "kering" dan "lembab". Metode *fuzzy* digunakan untuk membuat keputusan otomatis, seperti mengaktifkan pompa air jika tanah terdeteksi kering atau mematikan pompa air jika tanah terdeteksi lembab. Metode ini efektif karena mampu menangani ketidakpastian dan data yang tidak pasti, seperti kondisi tanah yang tidak sepenuhnya kering atau lembab. Dengan menggabungkan teknologi IoT, hasil pengukuran ini dapat dipantau dan dikendalikan secara *real-time* melalui aplikasi seperti *Blynk*. Metode ini membuat sistem lebih efisien dalam menjaga kelembapan tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman [8].

2.5 Internet Of Things (IoT)

Internet Of Things (IoT), adalah kemampuan berbagai perangkat untuk terhubung satu sama lain dan berbagi data melalui jaringan internet. IoT membantu pertanian, terutama budidaya stroberi, memantau dan mengelola kondisi lingkungan tanaman secara otomatis dan *real-time*.

Teknologi ini menggunakan berbagai perangkat keras, seperti sensor suhu (DHT22), sensor kelembapan tanah (*Moisture Soil*), dan sensor cahaya (LDR) yang terhubung ke mikrokontroler, seperti ESP32. Data yang dikumpulkan oleh perangkat keras ini kemudian dikirim ke aplikasi seperti *Blynk* untuk dianalisis dan dipantau oleh pengguna, sehingga mereka dapat membuat keputusan yang lebih tepat tentang perawatan tanaman.

Parameter seperti suhu, kelembapan tanah dan intensitas cahaya sangat penting untuk pertumbuhan tanaman stroberi, dan penggunaan IoT dalam pertanian sangat membantu. Sistem ini meningkatkan pengelolaan sumber daya yang memudahkan perawatan tanaman di halaman rumah. Dengan IoT, pengguna dapat mengontrol faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara lebih efisien dan memastikan bahwa kondisi tanaman selalu dalam kondisi ideal [9].

2.6 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah pendekatan dalam sistem cerdas yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dan informasi yang samar (tidak pasti) dalam pengambilan keputusan. Berbeda dengan logika klasik yang hanya mengenal nilai benar (1) atau salah (0), logika fuzzy memungkinkan nilai di antara keduanya, seperti sedikit kering, agak terang, atau sangat panas. Hal ini sangat cocok digunakan untuk sistem yang berinteraksi dengan lingkungan nyata seperti pengaturan suhu, kelembapan, atau cahaya [10].

2.6.1 Metode Fuzzy Mamdani

Metode fuzzy yang digunakan pada sistem ini adalah metode fuzzy Mamdani, yaitu metode inferensi fuzzy yang paling banyak digunakan untuk sistem kendali. Dalam metode ini, semua variabel input dan output difuzzifikasi terlebih dahulu, lalu diproses berdasarkan aturan berbentuk *if-then*, dan selanjutnya dilakukan proses defuzzifikasi.

Metode ini menggunakan fungsi keanggotaan untuk input (seperti suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya) serta output (seperti pompa pada penyiraman). Dalam penelitian ini, sistem mengatur penyiraman pompa air secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah, dengan mempertimbangkan suhu dan intensitas cahaya untuk penyesuaian lingkungan. Metode Mamdani bekerja dengan menyusun aturan-aturan IF-THEN seperti:

- Jika tanah kering DAN suhu panas, maka pompa hidup.
- Jika tanah lembab DAN cahaya redup, maka pompa mati [11].

2.7 ESP32.

Mikrokontroler ESP32, penerus dari ESP8266, memiliki modul *Wi-Fi* yang sangat membantu dalam membuat sistem aplikasi IoT. Pin ESP32 dapat digunakan sebagai input atau output untuk menghidupkan lampu, layar LCD, atau bahkan motor DC.

ESP32 adalah mikrokontroler yang populer dalam pengembangan proyek berbasis IoT karena

kemampuan konektivitasnya yang lengkap dan harganya yang terjangkau. Dilengkapi dengan *wi-fi* dan *bluetooth*, ESP32 memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan internet atau berkomunikasi dengan perangkat lain tanpa memerlukan perangkat tambahan. Ini membuatnya pilihan yang ideal untuk aplikasi IoT seperti pemantauan lingkungan dalam budidaya tanaman, di mana data dapat dikirim dan diterima dari sensor secara *real-time* dengan konsumsi daya yang rendah. Program mikrokontroler ini menggunakan Arduino IDE memudahkan pengembang untuk membuat aplikasi yang menggunakan berbagai sensor untuk melacak parameter seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Dengan ESP32, data dari sensor seperti DHT22 atau LDR dapat diolah dan dikirim ke aplikasi *blynk* berbasis *smartphone* atau web, seperti *Blynk*, untuk memonitor kondisi tanaman secara *real-time* [12].



Gambar 2.2 ESP32.

2.8 Kabel USB Type-C

Kabel USB Type-C digunakan untuk memberikan daya pada modul ESP32 dan sebagai media transfer data antara ESP32 dan komputer. Kabel ini terhubung ke adaptor 5V 2A untuk memastikan daya stabil saat ESP32 mengoperasikan sensor-sensor yang terhubung, seperti DHT22, LDR, dan sensor Kelembapan tanah. Dibandingkan dengan kabel Micro-USB, USB Type-C memiliki kecepatan transfer data yang lebih tinggi dan dapat menghantarkan daya dengan lebih stabil. Hal ini memastikan ESP32 dapat berfungsi optimal tanpa gangguan [13].

2.9 Sensor DHT22

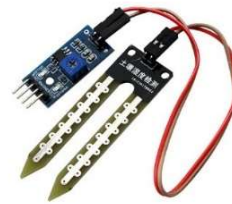
Sensor digital DHT22 sering digunakan dalam berbagai aplikasi *Internet of Things* (IoT), terutama dalam sistem pemantauan lingkungan, untuk memantau kondisi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Sensor ini mengukur suhu dan kelembapan dengan sangat akurat, dan data ini dapat diproses oleh mikrokontroler.

Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu dari -40°C hingga 80°C dan rentang pengukuran kelembapan dari 0% hingga 100%.

Keunggulan DHT22 dibandingkan dengan sensor suhu dan kelembapan lainnya adalah ketepatannya

dalam memberikan hasil yang stabil dan konsisten. Namun, sensor ini cenderung lebih sensitif terhadap perubahan suhu yang cepat. Protokol komunikasi digital DHT22 memungkinkan pengiriman data ke mikrokontroler melalui satu pin. Ini membuatnya lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam sistem berbasis IoT.

Dalam aplikasi pertanian, sensor ini sangat bermanfaat karena memudahkan memonitor kondisi seperti suhu dan kelembapan tanah yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara *real-time*, yang sangat penting untuk tanaman seperti Stroberi [14].



Gambar 2.3 Sensor DHT22.

2.10 Sensor Moisture Soil

Moisture Soil Sensor digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah, yang sangat penting untuk memastikan bahwa tanaman mendapatkan cukup air. Prinsip kerja sensor ini terdiri dari dua elektroda yang terendam dalam tanah. Konduktivitas antara elektroda meningkat ketika tanah lebih lembab, yang kemudian menghasilkan pembacaan yang menunjukkan tingkat kelembapan tanah. Aplikasi pertanian sering menggunakan sensor ini untuk memonitor kelembapan tanah secara *real-time*, yang memungkinkan sistem otomatis untuk menyesuaikan jumlah air yang diberikan kepada tanaman. Dalam sistem berbasis IoT seperti yang digunakan dengan ESP32, data yang dikumpulkan oleh sensor ini dapat dikirim ke aplikasi seperti *Blynk* untuk pemantauan jarak jauh. Sensor kelembapan tanah sangat berguna untuk menjaga kondisi tanah tetap ideal bagi tanaman seperti stroberi yang sensitif terhadap kelembapan tanah [15].



Gambar 2.4 Sensor *Moisture Soil*.

2.11 Sensor LDR

Untuk mendeteksi intensitas cahaya, sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) mengubah resistansinya berdasarkan tingkat cahaya yang jatuh pada permukaannya. Semakin banyak cahaya yang diterima oleh permukaannya, semakin rendah resistansinya, dan sebaliknya, semakin gelap lingkungannya, semakin tinggi resistansinya. Sensor ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya, seperti untuk mengontrol pencahayaan di ruang terbuka. Sensor LDR dapat digunakan oleh mikrokontroler seperti ESP32 untuk memproses data dari sensor LDR dan memastikan intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman. Karena tanaman stroberi membutuhkan paparan cahaya matahari yang cukup untuk fotosintesis [16].



Gambar 2.5 Sensor LDR

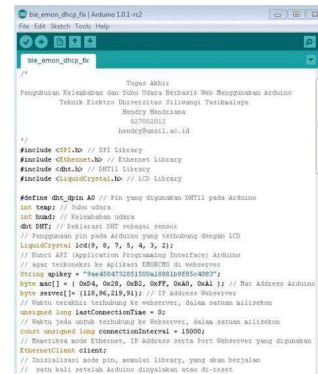
2.12 Arduino IDE

Perangkat lunak yang disebut Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yaitu untuk memprogram mikrokontroler Arduino dan platform kompatibel lainnya, termasuk ESP32, yang digunakan dalam proyek *Internet Of Things* (IoT). Arduino IDE menawarkan antarmuka grafis yang mudah digunakan di mana Anda dapat menulis, mengedit, dan meng-upload program atau kode ke papan mikrokontroler.

Sebagian besar kode yang dibuat di Arduino IDE ditulis dalam bahasa pemrograman C/C++, dan ada banyak pustaka (*libraries*) yang dapat diakses untuk mempermudah penggunaan komponen seperti sensor, motor, dan perangkat lainnya. Salah satu fitur Arduino IDE adalah serial monitor, yang memungkinkan pengguna melihat data yang dikirim atau diterima oleh mikrokontroler secara langsung dari komputer. Ini sangat berguna untuk *debugging* dan memantau data yang diproses oleh sistem, seperti data suhu atau kelembapan dari sensor dalam proyek *Internet Of Things* (IoT). Salah satu fitur utama Arduino IDE adalah komunitas yang besar dan sumber daya yang tersedia, yang memungkinkan pengguna menemukan solusi atau contoh kode untuk mempercepat proses pengembangan.

Selain itu, kompatibilitas yang luas dan kemudahan pemrograman membuat Arduino IDE menjadi

pilihan yang populer untuk pengembangan aplikasi elektronik dan *Internet Of Things* (IoT).



Gambar 2.6 Arduino IDE.

2.13 Blynk

Blynk adalah platform untuk pengembangan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna untuk membangun antarmuka pengguna (*user interface/UI*) yang memungkinkan mereka untuk memonitor perangkat *Internet of Things* (IoT) melalui *smartphone*.

Aplikasi *mobile Blynk*, yang tersedia untuk platform Android dan iOS, memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi visual dengan hanya menyentuh dan meletakkan widget. *Blynk* digunakan dalam proyek seperti memonitor tanaman stroberi berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk menampilkan data yang diperoleh dari sensor yang terhubung ke mikrokontroler seperti ESP32.

Dengan menggunakan Blynk, pengguna dapat melacak kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya secara *real-time*. Selain mendukung berbagai perangkat keras dan mikrokontroler, *Blynk* memungkinkan aplikasi berkomunikasi dengan perangkat melalui koneksi internet atau *wi-fi*. Platform ini juga menawarkan berbagai widget yang dapat disesuaikan, seperti grafik, slider, dan tombol untuk mengontrol perangkat. Ini membuatnya sangat berguna untuk aplikasi IoT yang membutuhkan interaksi langsung dengan pengguna.



Gambar 2.7 Blynk.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.2 Identifikasi Masalah

Di Indonesia, perubahan iklim yang cenderung ekstrem dapat mempengaruhi kondisi lingkungan yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman stroberi, seperti intensitas cahaya matahari, kelembapan tanah dan suhu. Orang yang menanam stroberi di halaman rumah menghadapi tantangan untuk memantau dan menyesuaikan kondisi lingkungan dengan kebutuhan tanaman secara langsung.

Selain itu, penggunaan pupuk organik yang salah atau tidak terkontrol dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman serta kualitas tanah. Sulit bagi pemilik tanaman untuk mengetahui kapan tepatnya memberikan pupuk organik, kelembapan tanah, pencahayaan matahari, dan suhu kepada tanaman jika tidak ada sistem monitoring yang memadai. Sangat penting bagi pemilik tanaman untuk dapat memantau dan mengelola perubahan cuaca yang sering terjadi di Indonesia.

Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau secara *real-time* bagaimana intensitas cahaya matahari, kelembapan tanah, suhu dan faktor iklim mempengaruhi tanaman stroberi. Sistem ini juga harus diintegrasikan dengan penggunaan pupuk organik yang tepat, karena ini akan membantu pemilik rumah merawat tanaman stroberi mereka dengan lebih efisien untuk menghasilkan tanaman yang sehat dan ideal meskipun iklimnya bervariasi dan tidak menentu. Dan perlu ada sistem yang dapat memantau dan mengatur parameter-parameter tersebut secara otomatis. Oleh karena itu dengan menggunakan metode *fuzzy* sistem dapat mengolah data input dari kelembapan tanah secara lebih fleksibel dan akurat untuk menentukan keputusan kontrol, seperti mengoperasikan pompa air secara otomatis untuk menjaga kelembapan tanah, sehingga kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman dapat tetap terjaga.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berkaitan tentang pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) khususnya untuk mengontrol suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya pada tanaman. Penelitian ini menunjukkan bagaimana teknologi IoT dapat digunakan untuk memonitor kondisi lingkungan secara *real-time* dengan menggunakan sensor DHT22, sensor LDR, dan sensor *moisture soil*.

Banyak penelitian sebelumnya juga menggunakan sistem kontrol otomatis untuk pengaturan Kelembapan tanah, seperti menggunakan pompa air yang diaktifkan pada saat pengukuran kelembapan tanah yang kurang lembab. Dalam beberapa penelitian, *Blynk* juga digunakan sebagai aplikasi untuk pemantauan jarak jauh. ESP32, sebagai mikrokontroler, digunakan secara luas untuk menghubungkan sensor dengan aplikasi *Blynk*, memungkinkan pemantauan data langsung. Dalam penelitian ini, teknologi-teknologi ini digabungkan untuk membuat sistem yang dapat memantau kelembapan tanah pada tanaman stroberi melalui pompa air yang bekerja secara otomatis. Untuk menjaga kelembapan tanah yang lebih ideal untuk tanaman yang ditanam.

Referensi yang digunakan memberikan gambaran tentang metode yang telah digunakan dan diuji dalam penelitian serupa. Teknik-teknik ini digunakan sebagai dasar dalam pembuatan sistem yang lebih efisien yang memenuhi kebutuhan pertanian rumah tangga berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan metode *Fuzzy*.

3.4 Analisa Kebutuhan Sistem

Analisa kebutuhan mencakup persiapan perangkat keras dan perangkat lunak, serta tools pendukung, sebelum proses instalasi *software*. Beberapa persiapan perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan dalam penelitian ini diuraikan di sini.

1) 3.4.1 Persiapan Perangkat Keras

Berikut adalah daftar perangkat keras yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini: Tabel 3.1 Persiapan Perangkat Keras.

No	Perangkat Keras	Jumlah
1.	Sensor DHT22	1 Buah
2.	Sensor <i>Moisture Soil</i>	1 Buah
3.	Sensor LDR	1 Buah
4.	Kabel <i>Jumper</i>	Secukupnya
5.	Lcd Oled Mini	1 Buah
6.	Kabel USB Type-C	1 Buah
7.	<i>Smartphone</i>	1 Buah
8.	ESP32	1 Buah
9.	Rele	1 Buah
10.	Pompa Air	1 Buah
11.	<i>Expansion Board</i>	1 Buah
12.	Adaptor 5V 2A	1 Buah

2) 3.4.2 Persiapan Perangkat Lunak

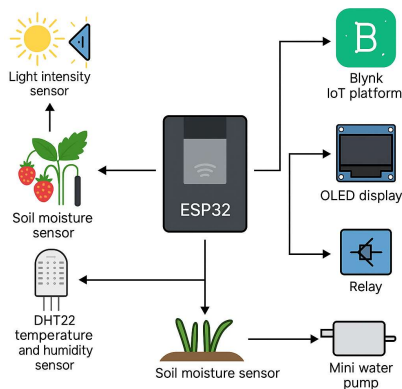
Berikut adalah daftar perangkat lunak yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini: Tabel 3.2 Persiapan Perangkat Lunak.

No.	Perangkat Lunak	Keterangan
1.	Arduino IDE	Sebuah <i>software</i> yang digunakan untuk proses pemrograman pada alat.
2.	Blynk	Digunakan untuk mengirimkan notifikasi dan mengumpulkan data atau umpan balik.
3.	Google Edge	Digunakan untuk mencari referensi yang berkaitan dengan penelitian.
4.	Windows	Sistem operasi yang digunakan pada laptop dalam proses penelitian.
5.	Google Scholar	Digunakan untuk mencari referensi jurnal.

3.5 Perancangan Sistem

Perancangan ini akan dijelaskan secara detail mengenai bagaimana sistem ini akan dirancang dan dibuat dengan menggunakan perangkat keras maupun perangkat lunak serta bagaimana dengan implementasinya. Sistem ini juga dirancang sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan prinsip kerja sistem yang diharapkan.

3) 3.5.1 Desain Perangkat Sistem



Gambar 3.1 Desain Perangkat Sistem.

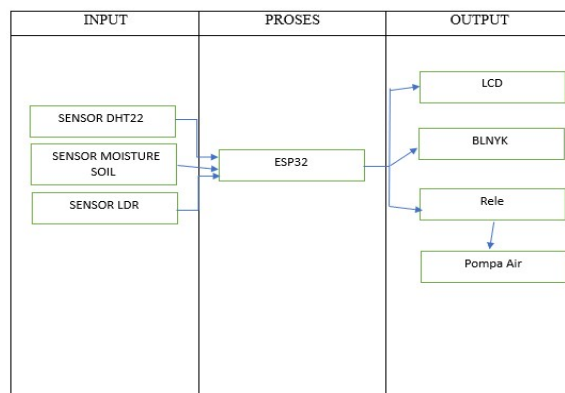
Gambar diatas menunjukkan cara kerja sistem yang akan dirancang untuk memonitor pengaruh intensitas cahaya matahari, kelembapan tanah, dan suhu terhadap pertumbuhan tanaman stroberi dengan menggunakan teknologi IoT secara *real-time*. Komponen utama sistem ini termasuk ESP32 sebagai pengendali pusat, yang menghubungkan berbagai sensor (DHT22 untuk suhu dan kelembapan udara, LDR untuk intensitas cahaya, dan LDR untuk kelembapan tanah) ke aplikasi *Blynk* sebagai

pemantauan dari jarak jauh terhadap pertumbuhan tanaman stroberi. Berikut adalah penjelasan dari gambar diatas:

1. ESP32 Mikroprosesor yang menjadi inti sistem. ESP32 berfungsi untuk membaca data dari sensor-sensor yang digunakan, mengolahnya menggunakan metode *fuzzy*, dan mengirimkan data ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi *wi-fi*.
2. Sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari dan sensor DHT22 mendeteksi suhu sekitar. Sensor DHT22 ini berfungsi sebagai alat utama untuk membaca kondisi lingkungan tanaman. Sedangkan sensor *moisture soil* melakukan pengecekan terhadap tanah apakah tanah tersebut kering atau basah dan mengirimkan keluaran berupa data ke LCD dan *Blynk*.
3. LCD display menampilkan informasi dari berbagai sensor yang digunakan.
4. Breadboard atau *expension board* untuk koneksi sementara.
5. kabel jumper untuk menghubungkan semua komponen.
6. Rele dihubungkan langsung ke ESP32 sebagai saklar elektronik. ESP32 memberikan sinyal digital (*high* atau *low*) ke rele untuk mengontrol nyala/mati pompa air.
7. Pompa air dihubungkan ke rele. Ketika rele diaktifkan oleh ESP32, arus listrik mengalir ke pompa sehingga pompa menyala dan melakukan penyiraman.
8. *Blynk*, Mengakses data lingkungan secara *real-time* melalui *smartphone*. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan tanaman dari jarak jauh.

III.5.2 Diagram Blok

Diagram blok ini merupakan alur bagaimana sistem dari suatu alat dapat bekerja dimana terdapat input, proses, dan output dari kinerja suatu sistem. Berikut diagram blok dapat dilihat dari gambar dibawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Blok

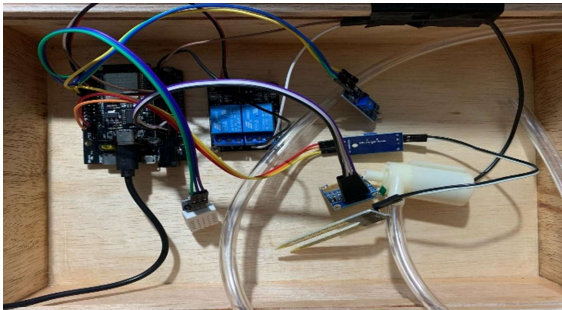
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Berikut adalah perangkat keras dari sistem ini dirancang dengan menggabungkan mikrokontroler ESP32 dan expansion board sebagai pusat kontrol. Beberapa sensor dipasang dan dikoneksikan ke ESP32 untuk membaca kondisi lingkungan di sekitar tanaman stroberi:

- Sensor DHT22 berfungsi untuk membaca suhu udara.
- Sensor Soil Moisture FC-28 digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah.
- Sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari.
- Pompa air mini 5V diaktifkan oleh rele satu channel yang dikendalikan oleh ESP32.
- OLED mini menampilkan data suhu, cahaya, dan kelembapan tanah secara *real-time*.
- Power disuplai menggunakan adaptor 5V 2A yang terhubung ke jack barrel pada *expansion board*.

Perangkat keras ini disusun pada expansion board tanpa breadboard tambahan, membuat sistem lebih ringkas dan praktis dalam implementasi.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras.

4.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

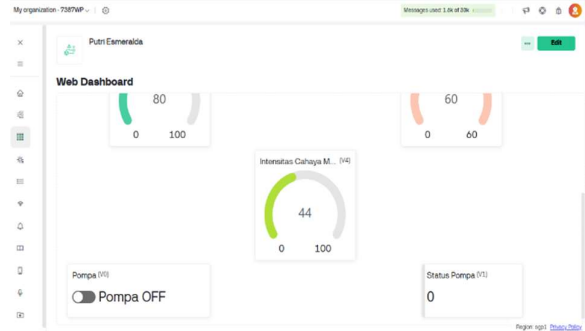
Perangkat lunak sistem ini mencakup tiga bagian utama:

- Arduino IDE digunakan untuk pemrograman ESP32. Kode ditulis menggunakan logika fuzzy Mamdani yang mengambil input dari ketiga sensor, lalu menentukan apakah pompa air akan menyala atau tidak. Data juga dikirim ke Blynk dan ditampilkan ke OLED.
- Platform Blynk (Website dan Aplikasi iPhone)
- Di Blynk Console (website), dibuat virtual pin:
 - V0 = Manual Pompa
 - V1 = Status Pompa
 - V2 = Kelembapan Tanah
 - V3 = Suhu

- V4 = Intensitas Cahaya

- Di aplikasi iPhone, ditambahkan widget gauge untuk V1–V4 dan tombol untuk V0.

Data dari ESP32 dikirim secara *real-time* ke server *Blynk* dan ditampilkan dalam bentuk dashboard. Berikut tampilan *Blynk* pada *website* dan aplikasi *Blynk* pada *smartphone*.

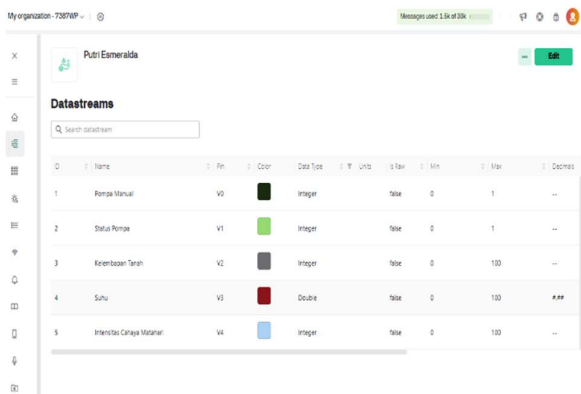


Gambar 4.2 Tampilan Halaman Dashboard pada website *Blynk*.



Gambar 4.3 Tampilan pada Aplikasi *Blynk* IoT pada *Smartphone*.

Selanjutnya, dilakukan pengaturan Datastream pada platform *Blynk* yang berfungsi untuk menghubungkan setiap sensor dan aktuator dengan pin virtual (V0–V4). Masing-masing datastream disesuaikan dengan fungsi dan tipe data dari sensor atau kontrol yang digunakan. Informasi ini akan dikirimkan dari perangkat keras yang telah dirancang ESP32 dan sensor-sensor menuju aplikasi *Blynk*, sehingga pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem secara *real-time* melalui dashboard web maupun aplikasi *mobile*. Tampilan halaman Datastreams pada Blynk dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.4 Tampilan Datastream pada Blynk.

Setelah program berhasil dijalankan dan perangkat ESP32 terhubung dengan sensor-sensor yang digunakan, data pembacaan dari masing-masing sensor ditampilkan melalui Serial Monitor pada Arduino IDE dengan *baud rate* 115200. Informasi yang ditampilkan mencakup Sensor DHT22, LDR, dan *Moisture Soil*. Data suhu dan kelembapan udara diperoleh dari sensor DHT22, sedangkan intensitas cahaya diperoleh dari sensor LDR, dan kelembapan tanah dari sensor *moisture soil*. Setiap kali data sensor terbaca, ditampilkan dengan keterangan “Data sent to Blynk” yang menunjukkan bahwa data tersebut telah berhasil dikirimkan ke platform Blynk IoT. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi lingkungan tanaman stroberi secara *real-time* baik melalui tampilan lokal OLED maupun melalui dashboard Blynk. Serial Monitor ini juga berfungsi sebagai alat verifikasi dan pemantauan sistem untuk memastikan bahwa proses pembacaan sensor dan pengiriman data berjalan dengan baik selama alat dioperasikan.

4.3 Pengujian Perancangan Sistem

Pengujian perancangan sistem ini untuk mengetahui bahwa semua komponen pada sistem dapat berjalan dengan benar dan memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian mencakup:

- Pembacaan sensor
- Proses logika fuzzy
- Penyalaan pompa otomatis saat tanah

No.	Pengukuran Waktu (jam)	Input Cahaya (%)	Output Keterangan
1.	06.00-07.00	70	Terang
2.	08.00-09.00	72	Terang
3.	10.00-11.00	80	Terang
4.	12.00-13.00	90	Terang
5.	14.00-15.00	87	Terang
6.	16.00-17.00	71	Terang

kering

- Kontrol manual via aplikasi Blynk

- Tampilan data pada OLED

Pengujian dilakukan dalam kondisi pagi, siang, dan malam hari untuk melihat bagaimana sistem merespon perubahan lingkungan.

4.4 Data Pengujian Perancangan Sistem

Pengujian perancangan sistem adalah kumpulan informasi yang diperoleh melalui serangkaian uji coba yang dilakukan untuk menilai kinerja dan efektivitas sistem yang telah dirancang dan diimplementasikan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Data pengujian ini meliputi hasil observasi, pengukuran, dan evaluasi yang dikumpulkan selama fase pengujian sistem.

4.4.1 Pengujian Sensor DHT22 pada Tanaman Stroberi

Pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan memprogram ESP32 untuk mengukur suhu. Berikut adalah hasil pengujian sensor DHT22 yang diperoleh selama pengukuran, dengan memberikan informasi yang akurat tentang kondisi suhu di sekitar tanaman yang sedang diamati.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor DHT22.

No.	Pengukuran Waktu (jam)	Input Suhu (°C)	Output Keterangan
1.	06.00-07.00	24	Dingin
2.	08.00-09.00	26	Dingin
3.	10.00-11.00	28	Sedang
4.	12.00-13.00	31	Panas
5.	14.00-15.00	30	Panas
6.	16.00-17.00	29	Panas
7.	18.00-19.00	27	Sedang

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu berada dalam rentang normal yang sesuai dan terukur. Data ini mencakup parameter suhu yang mendukung kondisi optimal untuk pertumbuhan tanaman. Dengan suhu yang normal akan membantu tanaman tumbuh dengan keadaan yang optimal dan mencapai hasil yang diinginkan.

4.4.2 Pengujian Sensor LDR pada Tanaman Stroberi

Pengujian pada sensor LDR dilakukan dengan memprogram ESP32 untuk mengukur intensitas cahaya matahari. Berikut adalah hasil pengujian sensor LDR yang diperoleh selama pengukuran, dengan memberikan informasi yang akurat tentang kondisi intensitas cahaya matahari di sekitar tanaman yang sedang diamati.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor LDR pada Kondisi Terang.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi terang pada tanaman. Cahaya adalah energi utama untuk

fotosintesis. Dengan adanya intensitas cahaya matahari, Tanaman akan mendapatkan fotosintesis dalam pertumbuhan dan perkembangan untuk menghasilkan tanaman tumbuh sehat, menghasilkan energi dan tumbuh optimal. Namun semakin tinggi cahaya (siang), semakin cepat tanah kering. Maka hal tersebut akan dilakukan penyiraman otomatis pada tanaman dengan kondisi tanah kering.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor LDR pada Kondisi Gelap.

No.	Pengukuran Waktu (jam)	Input	Output
		Cahaya (%)	Keterangan
1.	18.00-19.00	20	Gelap
2.	20.00-21.00	25	Gelap
3.	22.00-23.00	30	Gelap

Hasil pengujian dalam keadaan gelap, menunjukkan bahwa jika tanaman yang tidak terkena sinar matahari daun menguning, layu, dan akhirnya mati jika hal tersebut berlangsung lama atau terus-menerus tanpa adanya sinar matahari.

4.4.3 Pengujian Sensor *Moisture Soil* pada Tanaman Stroberi

Pengujian sensor *Moisture Soil* dilakukan dengan memprogram ESP32 untuk mengukur kelembapan tanah, Berikut adalah hasil pengujian sensor *Moisture Soil* yang diperoleh selama pengukuran, dengan memberikan informasi yang akurat tentang kondisi kelembapan tanah pada tanaman yang sedang diamati.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor *Moisture Soil* pada Tanah Kering.

No.	Pengukuran Waktu (jam)	Input	Output
		Kelembapan Tanah (%)	Keterangan
1.	10.00-11.00	25	Kering
2.	12.00-13.00	37	Kering
3.	14.00-15.00	30	Kering

Hasil pengujian pada tanah kering menunjukkan bahwa kondisi tanah kekeringan. Hal tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dengan kondisi tanaman kering ini dapat dilakukan langkah-langkah yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara optimal agar tanaman tidak mati dengan kondisi seperti itu.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor *Moisture Soil* pada Tanah Lembab.

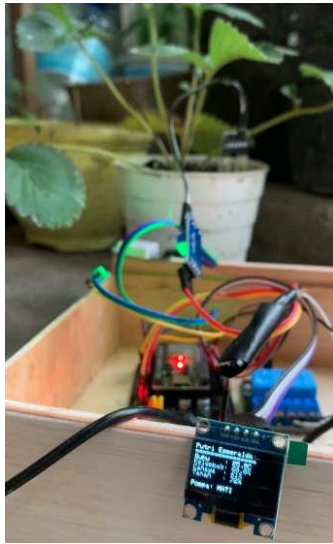
No.	Pengukuran Waktu (jam)	Input	Output
		Kelembapan Tanah (%)	Keterangan
1.	06.00-07.00	60	Lembab
2.	08.00-09.00	62	Lembab

Hasil pengujian pada tanah lembab menunjukkan bahwa tanah yang mencukupi dalam kategori kelembapan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanah mampu mempertahankan kadar air dengan baik meskipun terjadi peningkatan suhu dan intensitas cahaya seiring berjalannya waktu. Bagi tanaman, kondisi lembab yang stabil sangat menguntungkan karena memungkinkan stomata tetap terbuka, sehingga proses fotosintesis berlangsung optimal tanpa risiko stres air. Dari sisi sistem penyiraman otomatis, keadaan ini menandakan bahwa pompa tidak perlu diaktifkan karena tanah sudah memiliki kelembapan yang cukup. Dengan demikian, sistem dapat mencegah terjadinya penyiraman berlebihan sekaligus menjaga efisiensi penggunaan air serta kesehatan akar tanaman.

Tanaman stroberi akan tumbuh optimal pada suhu berkisar 18–28°C dengan idealnya 27% , dengan kelembapan tanah sekitar 45–60% dengan idealnya 40% atau dalam kondisi lembab, serta membutuhkan intensitas cahaya terang sebesar 70–100% selama 6–8 jam per hari dengan ideal 65%. Pada kondisi tersebut, tanaman dapat berfotosintesis dengan baik, akar memperoleh cukup air tanpa tergenang. Sebaliknya, suhu terlalu tinggi, tanah terlalu kering atau terlalu basah, serta cahaya yang kurang akan menghambat pertumbuhan bahkan menurunkan kualitas pada tanaman tersebut yang mengakibatkan tanaman mati.

4.4.4 Pengujian pada Tanaman Stroberi

Pengujian dilakukan langsung pada tanaman stroberi untuk mengetahui respon sistem penyiraman otomatis berbasis logika fuzzy terhadap kondisi lingkungan nyata. Tiga parameter utama yang digunakan yaitu kelembapan tanah (*soil moisture*), suhu udara (DHT22), dan intensitas cahaya (LDR). Selain itu, sistem juga mengatur waktu penyiraman secara otomatis sesuai hasil perhitungan fuzzy Mamdani. Data pengukuran berikut diperoleh dalam kondisi pagi, siang, dan malam hari.



Gambar 4.6 Percobaan Alat pada Tanaman Stroberi.

4.5 Pengamatan Terhadap Kondisi Tanaman Stroberi

Pengamatan dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dan logika fuzzy terhadap kondisi nyata tanaman stroberi selama masa uji coba. Sistem dirancang untuk menjaga kelembapan tanah agar tetap optimal melalui penyiraman otomatis berdasarkan data kelembapan aktual yang diolah dengan metode fuzzy Mamdani. Sensor yang digunakan meliputi sensor kelembapan tanah, suhu udara (DHT22), dan intensitas cahaya (LDR), dengan kontrol pompa dilakukan secara otomatis dan ditampilkan secara *real-time* di OLED serta platform *Blynk*.

Selama periode pengujian, sistem bekerja dalam tiga kondisi waktu berbeda, yaitu pagi, siang, dan malam. Tanaman stroberi tetap mendapatkan penyiraman hanya ketika diperlukan berdasarkan keputusan fuzzy. Berikut beberapa tanaman dari awal tanam dengan keadaan sehat dan ada juga dengan keadaan yang sudah mati dari beberapa percobaan pada tanaman.

▪ Tanaman Stroberi pada awal Tanam (Daun Hijau Segar)

Fase awal tanaman stroberi pada minggu pertama setelah 7 hari ditanam (Gambar 4.6), daun stroberi terlihat hijau segar, lebar, dan tidak terdapat kerusakan. Kondisi ini menandakan bahwa tanaman berada dalam keadaan ideal, dengan kelembapan tanah stroberi ini sekitar 45–60%, intensitas cahaya cukup, serta suhu mendukung pertumbuhan. Sistem IoT mampu menjaga keseimbangan penyiraman sehingga tanaman tidak mengalami stres.



Gambar 4.7 Tanaman Stroberi pada awal Tanam.

▪ Tanaman Stroberi Mulai Bermasalah (Daun Bolong dan Menguning)

Pada fase selanjutnya setelah 20 hari ditanam dengan kondisi cuaca yang tidak terlalu bagus dikarenakan hujan terus-menerus membuat tanaman kurang cahaya matahari dan membuat tanah tanaman stroberi ini menjadi terus menerus lembap dan hampir mendekati kategori basah (Gambar 4.7), terlihat beberapa daun mulai bolong dan muncul warna kekuningan. Adapun faktor penyebabnya yaitu:

- Kelembapan tanah stroberi tidak stabil dikarenakan cuaca yang hujan
- Tidak mendapatkan cahaya matahari yang normal di siang hari yang menyebabkan daun bolong dan menguning sebagian.

Selain itu, adanya lubang di daun bisa disebabkan serangan hama atau kurangnya nutrisi. Sistem IoT tetap memberikan kontrol kelembapan dan suhu, namun faktor eksternal seperti hama dan kesuburan tanah perlu ditangani secara manual.



Gambar 4.8 Tanaman Stroberi Bolong dan Menguning.

4.6 Hasil Analisis

Berdasarkan hasil pengujian diatas sistem penyiraman otomatis berbasis ESP32 dengan menggunakan sensor soil moisture, DHT22, dan LDR menggunakan logika fuzzy Mamdani, diperoleh bahwa alat ini signifikan hanya membantu

menjaga kelembapan tanah stroberi pada kisaran ideal sekitar 50%. Tanaman stroberi pertama yang diamati tetap sehat dengan daun utuh karena kelembapan tanah terjaga stabil, sedangkan tanaman kedua mulai menunjukkan daun bolong dan menguning pada setelah 20 hari ditanam, kemungkinan akibat faktor lingkungan lain seperti cuaca yang hujan terus-menerus dan kurangnya mendapatkan cahaya matahari. Hal menunjukkan bahwa sistem hanya mampu memanjangkan umur tanaman sesaat dan tidak menggantikan kebutuhan lingkungan khusus stroberi yang harus ditanam di dataran tinggi dengan suhu sejuk. Dibandingkan metode konvensional atau manual, alat ini lebih efektif dalam menjaga kelembapan secara konsisten, namun tidak dapat memantau hama, penyakit, atau nutrisi, sehingga kerusakan daun tetap mungkin terjadi. Dengan demikian, stroberi tetap layak ditanam di daerah dataran rendah dengan kelembapan ideal 50%, dan sistem penyiraman otomatis hanya berperan sebagai pendukung untuk menjaga kelembapan, bukan sebagai solusi tunggal untuk pertumbuhan optimal. Tanaman lain yang lebih toleran terhadap variasi kelembapan akan lebih terbantu dengan alat ini dibanding stroberi. Kesimpulannya, alat ini signifikan dalam mempertahankan hanya dengan kelembapan tanah saja dan memperpanjang umur tanaman stroberi, namun agar tanaman tumbuh optimal, lingkungan yang sesuai tetap harus dipenuhi, seperti di dataran tinggi dan suhu sejuk, serta perawatan tambahan tetap diperlukan daripada ditanam di daerah tropis yang tidak menentu cuacanya. Untuk tanaman skala pertanian besar tanaman stroberi sangatlah cocok ditanam di dataran tinggi dan sejuk untuk menghasilkan buah stroberi yang banyak dan segar. Jika dibandingkan dengan ditanam di daerah tropis stroberi akan lama menghasilkan hasil buah yang bagus dan segar. Oleh karena itu dapat disimpulkan untuk alat yang digunakan untuk skala rumahan seperti ini hanya mampu menjaga kelembapan tanah saja dan mengontrol tanaman dengan sensor-sensor yang sangat sederhana untuk beberapa tanaman saja.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan sistem monitoring dan kontrol otomatis tanaman berbasis ESP32 dengan implementasi logika fuzzy, dapat disimpulkan yaitu:

1. Sistem IoT ini berhasil diimplementasikan dan mengintegrasikan sensor DHT22, sensor kelembapan tanah, dan sensor LDR untuk mengontrol parameter lingkungan tanaman meliputi suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya matahari.
2. Metode logika fuzzy telah berhasil diterapkan untuk pengaturan penyiraman otomatis dengan rule base yang mengombinasikan parameter kelembapan tanah, dan suhu. Sistem dapat mengambil keputusan penyiraman secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan tanaman.
3. Platform Blynk terintegrasi dengan baik sebagai interface monitoring dan kontrol jarak jauh, pengguna dapat memantau kondisi tanaman dan mengontrol sistem penyiraman melalui smartphone secara real-time.
4. Sistem mampu mempertahankan kondisi tanaman tetap sehat lebih lama dibandingkan metode manual, meskipun tidak mampu menggantikan kebutuhan lingkungan stroberi yang spesifik, seperti dataran tinggi, suhu sejuk, dan intensitas cahaya stabil.
5. Analisis kondisi tanaman menunjukkan bahwa sistem efektif dalam mengendalikan hanya dengan aspek penyiraman untuk menjaga kelembapan, namun kesehatan tanaman juga dipengaruhi faktor eksternal seperti hama dan nutrisi.
6. Sistem fuzzy Mamdani berhasil hanya menjaga kelembapan tanah pada kisaran ideal (50%) karena bergantung dengan cuaca di daerah tropis yang tidak menentu.

REFERENSI

- [1] A. P. Kusuma, L. D. Samsumar, and M. Nasirudin, "Sistem Monitoring Irigasi Tetes Pada Tanaman Strawberry," vol. 1, no. 4, pp. 203–212, 2024.
- [2] D. P. I. J. Komang, D. A. Gede, and S. Made, "1. Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Suhu Pada Ruang Freezer Berbasis Esp8266," *J. Spektrum*, vol. 10, no. 2, pp. 82–87, 2023.
- [3] G. M. Putra and D. Faiza, "Pengendali Suhu, Kelembaban Udara, dan Intensitas Cahaya pada Greenhouse untuk Tanaman Bawang Merah Menggunakan Internet Of Things(IOT)," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 5, no. 3, pp. 11404–11419, 2022, [Online]. Available: <http://arshave24.blogspot.com/2017/12/internet-of-things-iot.html>
- [4] R. P. Sari, I. Chaniago, and Z. Syarif, "Pupuk Organik Cair Kulit Pisang untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Stroberi (*Fragaria vesca* L.)," *Gema Agro*, vol. 25, no. 1, pp. 38–43, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/gema-agrohttp://dx.doi.org/10.22225/ga.25.1.1718.38-43>
- [5] P. B. Timotiwu, T. K. Manik, A. Agustiansyah, and E. Pramono, "Fenologi Dan Pertumbuhan Tanaman Stroberi Di Dataran Rendah Sebagai Kajian Awal Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman," *J. Agrotropika*, vol. 20, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.23960/ja.v20i1.4596.
- [6] E. Alfonsius, W. Kalengkongan, and S. C. W. Ngangi, "Sistem Monitoring Dan Kontroling Prototype Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Iot (Internet of Things)," *J. Teknoinfo*, vol. 18, no. 1, pp. 44–55, 2024, [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoinfo/inde>

- x
- [7] D. Daryono *et al.*, “Budidaya Strowberi Secara Hidroponik Di Rooftop Gedung Merah Dengan Pengendalian Lingkungan Sistem Mobile Phone,” *J. Agriment*, vol. 6, no. 1, pp. 9–14, 2021, doi: 10.51967/jurnalagriment.v6i1.489.
- [8] N. Musyaffa, B. Rifai, R. Sastra, and E. Yuniarto, “Smart Plant Monitoring System Kelembaban Tanah Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tumbuhan Cabai Berbasis IoT,” *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 11, no. 1, pp. 35–42, 2023, doi: 10.31294/jki.v11i1.16114.
- [9] Janet Marabel Juliana Najoan, Dringhuzen J. Mamahit, and Arie S. M. Lumenta, “Perancangan Prototipe Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring Budidaya Tanaman Stroberi Di Dataran Rendah Berbasis IoT,” *Dept. of Electr. Eng.*, pp. 1–11, 2022.
- [10] A. D. Novianto, “Penyiraman Tanaman Metode Fuzzy Logic,” *Alat Penyiram Tanam. Otomatis Berbas. IoT Menggunakan Metod. Fuzzy Log.*, vol. 5, no. 1, pp. 316–321, 2021, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/974>
- [11] Z. U. Zamzamil Umam and Denny Irawan, “Sistem Pemantauan dan Kendali Penyiraman Otomatis pada
- [12] C. E. Savitri and N. PARAMYTHA, “Sistem Monitoring Parkir Mobil berbasis Mikrokontroler Esp32,” *J. Ampere*, vol. 7, no. 2, p. 135, 2022, doi: 10.31851/ampere.v7i2.9199.
- [13] A. Awalia, E. Rosiana, B. Sasongkojati, and D. Aribowo, “Analisis Kinerja Transfer Data pada Universal Serial Bus (USB) Type A to C dan Type C to C,” *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 159–166, 2023, doi: 10.56211/sudo.v2i4.379.
- [14] C. F. Hadi, R. M. Yasi, and A. Prasetyo, “Model Decision Tree Forecasting Berbasis DHT22 pada Smart Hydroponic Microgreen,” *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 29–38, 2024, doi: 10.20895/jtece.v6i1.1218.
- [15] L. Yu *et al.*, “Review of research progress on soil moisture sensor technology,” *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 14, no. 4, pp. 32–42, 2021, doi: 10.25165/j.ijabe.20211404.6404.
- [16] I. Hariman and J. M. Hifjudin, “Sistem Kontrol Lampu Pemanas Pijar menggunakan Sensor Ldr dan Dht11 pada GreenHouse TreeD,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.lpkia.ac.id/index.php/jti/index>