

Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatis pada Greenhouse Hidroponik

Syaelan Raka Pramuja Ananda^{1*}, Aрга Arkanatha Yoen Restu Zain², Nafi Maula Rif'at³

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{1*}220103190@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika /Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta

² 220103176@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika /Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta

³220103183@mhs.udb.ac.id

Abstrak— Budidaya hidroponik dalam greenhouse memerlukan pengendalian lingkungan yang optimal untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Namun, sistem manual atau kurang terintegrasi seringkali tidak mampu memantau parameter lingkungan secara real-time dan akurat. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring dan kontrol cerdas berbasis Internet of Things (IoT) pada greenhouse hidroponik untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, desain perangkat keras (mikrokontroler ESP32, sensor DHT11, LDR, dan water level), pengembangan antarmuka pengguna berbasis aplikasi Blynk, serta integrasi dan pengujian sistem. Hasil menunjukkan sistem mampu mengatur suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan ketinggian air secara otomatis berdasarkan data sensor. Pompa air diaktifkan ketika ketinggian air di bawah 7 cm, kipas menyala saat suhu melebihi 30°C, dan paranet menutup otomatis jika nilai output sensor melebihi 500 dan, paranet akan membuka otomatis jika nilai output sensor lebih dari 500. Pemantauan real-time melalui aplikasi menunjukkan waktu respons kurang dari 5 detik. Sistem ini mengurangi ketergantungan intervensi manual, memungkinkan kontrol jarak jauh, dan berpotensi meningkatkan produktivitas hidroponik secara berkelanjutan melalui presisi pengaturan lingkungan.

Kata kunci— IoT, greenhouse, hidroponik, kontrol otomatis, ESP32, sensor lingkungan, Blynk.

Abstract— Hydroponic cultivation in greenhouses requires optimal environmental control to enhance crop productivity. However, manual or poorly integrated systems often fail to monitor environmental parameters in real-time and accurately. This study aims to design an IoT-based smart monitoring and control system for hydroponic greenhouses to improve environmental management efficiency. The research methodology includes needs analysis, hardware design (ESP32 microcontroller, DHT11, LDR, and water level sensors), development of a Blynk-based user interface, and system integration and testing. Results demonstrate the system's ability to automatically regulate temperature, humidity, light intensity, and water levels based on sensor data. Water pumps, fans, and shade nets are activated according to predefined thresholds, with real-time monitoring via the application. Testing proved the system's responsiveness in maintaining optimal conditions, such as activating fans at temperatures $\geq 30^{\circ}\text{C}$ and closing shade nets under high light intensity. This system reduces reliance on manual intervention and enables remote control, offering potential for sustainable hydroponic productivity improvement

Keywords— IoT, greenhouse, hydroponic, automatic control, ESP32, environmental sensors, Blynk.

I. PENDAHULUAN

Budidaya tanaman dengan metode hidroponik merupakan teknik bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah, melainkan menggunakan air sebagai media tanamnya. Metode ini memungkinkan peningkatan kualitas dan hasil produksi tanaman, bahkan pada lahan yang terbatas[1]. Untuk mencapai produktivitas yang optimal, diperlukan lingkungan tumbuh yang terkendali, sehingga penggunaan greenhouse menjadi solusi yang efektif. Greenhouse mampu secara efektif menciptakan kondisi lingkungan yang stabil dan terkontrol, seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, serta sirkulasi udara, yang semuanya dapat disesuaikan agar tanaman

hidroponik tumbuh dalam kondisi optimal sepanjang waktu. Selain itu, greenhouse juga dapat melindungi tanaman dari gangguan hama, cuaca ekstrem, dan kontaminasi lingkungan luar yang dapat menghambat pertumbuhan[2]. Oleh karena itu, integrasi metode hidroponik dengan sistem greenhouse menjadi pendekatan yang menjanjikan dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman.

Namun demikian, pengendalian kondisi lingkungan di dalam greenhouse masih banyak dilakukan secara manual atau menggunakan sistem yang kurang terintegrasi, sehingga menyulitkan pemantauan dan pengaturan parameter lingkungan secara real-time dan akurat. Kondisi ini berpotensi menyebabkan lingkungan tidak seimbang yang

dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem pengendalian dan pemantauan yang dapat bekerja secara otomatis dan real-time. Teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi melalui integrasi sensor dan aktuator yang memungkinkan pemantauan lingkungan secara terus-menerus dan penyesuaian otomatis terhadap kondisi yang berubah[3]. Dengan penerapan sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT pada greenhouse hidroponik, pengelolaan lingkungan tumbuh dapat dilakukan lebih efektif, hemat sumber daya, serta memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui platform digital[4].

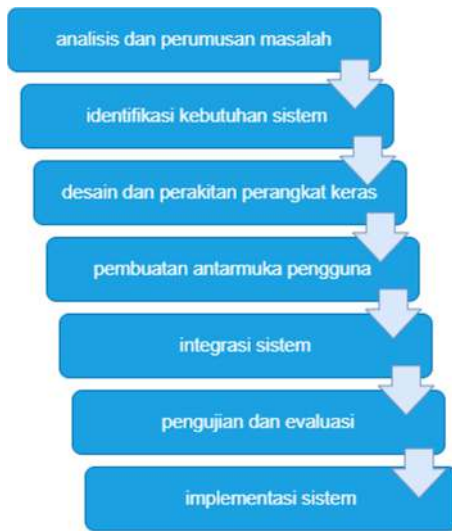
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring dan kontrol lingkungan untuk mendukung budidaya tanaman di greenhouse berbasis teknologi IoT. Ridwan dan Sari [5] mengembangkan sistem otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau dan mengendalikan suhu, kelembaban, dan pH larutan nutrisi pada budidaya hidroponik. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Wemos D1 dan Arduino Uno yang terhubung dengan sensor DHT11, sensor pH, dan water level sensor. Meskipun sistem ini mampu menjalankan monitoring dan pengendalian parameter penting hidroponik secara otomatis, penelitian tersebut belum mencakup aspek kontrol terhadap intensitas cahaya yang juga berpengaruh signifikan terhadap fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Nuswantara et al. [6] mengembangkan sistem pengontrol suhu, kelembaban, pH, dan sirkulasi air secara otomatis menggunakan Arduino UNO pada tanaman anggrek hidroponik. Meskipun sistem ini mampu menjaga parameter lingkungan dalam batas ideal, namun belum terintegrasi dengan platform IoT untuk pemantauan jarak jauh. Sementara itu, Rayhana et al. [7] meninjau berbagai arsitektur smart greenhouse berbasis IoT dan menekankan pentingnya integrasi sensor, big data, serta kontrol otomatis dalam meningkatkan efisiensi pertanian modern. Meskipun kontribusi penelitian-penelitian tersebut signifikan, sebagian besar masih memiliki keterbatasan dalam hal integrasi antarmuka pengguna berbasis mobile dan pengendalian parameter lingkungan secara menyeluruh dan real-time.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring dan kontrol cerdas berbasis IoT pada greenhouse hidroponik. Sistem ini dirancang untuk dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan tumbuh, memudahkan pemantauan secara jarak jauh, serta menjaga kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan. Dengan demikian, sistem ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas budidaya hidroponik pada greenhouse. Melalui penerapan sistem ini, proses pemantauan dan pengaturan lingkungan tidak lagi membutuhkan keterlibatan langsung secara terus-menerus dari pengguna, melainkan dapat dilakukan secara otomatis maupun jarak jauh melalui platform aplikasi Android.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan yang sistematis dan terstruktur, mulai dari analisis kebutuhan hingga implementasi sistem. Setiap tahap saling berurutan dan membentuk alur kerja linier yang menyerupai model waterfall, di mana penyelesaian satu tahap menjadi dasar bagi tahap berikutnya. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk pengembangan sistem berskala kecil hingga menengah yang memiliki kebutuhan fungsional yang telah terdefinisi dengan jelas sejak awal[8]. Adapun tahapan-tahapan dalam proses penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahap Penelitian

a. Analisis dan Perumusan Masalah

Pada tahap awal ini, dilakukan pengamatan dan identifikasi terhadap permasalahan yang terjadi di sistem pertanian hidroponik dalam greenhouse. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara dengan petani hidroponik, serta kajian literatur terkait teknologi monitoring dan kontrol dalam lingkungan pertanian tertutup. Tujuannya adalah untuk merumuskan masalah secara jelas dan mendalam, yang nantinya menjadi dasar dalam pengembangan sistem monitoring dan kontrol berbasis teknologi cerdas.

b. Identifikasi Kebutuhan Sistem

Tahap ini meliputi penentuan parameter lingkungan yang perlu dimonitor seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan level ketinggian air, kebutuhan kendali otomatis misalnya pompa air, kipas, dan sistem kendali intensitas pencahayaan matahari, serta spesifikasi perangkat keras mikrokontroler dan perangkat lunak yang diperlukan seperti library yang dibutuhkan dan kebutuhan sistem untuk kendali jarak jauh seperti modul wifi serta router.

c. Desain dan Perakitan Perangkat Keras

Setelah kebutuhan sistem ditetapkan, tahap berikutnya adalah mendesain perangkat keras dan mengembangkan antarmuka pengguna. Pada tahap desain perangkat keras, dilakukan simulasi rangkaian elektronik untuk memastikan semua komponen dapat bekerja dengan baik sebelum dirakit secara fisik. Proses ini melibatkan penyusunan rangkaian sensor,

aktuator, dan mikrokontroler. Setelah itu, perangkat keras dirakit secara fisik dengan merujuk pada hasil simulasi.

d. Pembuatan Antarmuka Pengguna

Dikembangkan antarmuka pengguna berbasis aplikasi mobile yang menampilkan data secara real-time dari sensor serta menyediakan kontrol terhadap perangkat aktuator. Antarmuka ini dirancang agar mudah diakses oleh pengguna dengan tampilan yang intuitif dan informatif. Platform IoT yang digunakan adalah Blynk, dengan dukungan komunikasi melalui protokol MQTT.

e. Integrasi Sistem

Proses mencakup integrasi system antara sensor, aktuator, mikrokontroler, dan antarmuka pengguna. Komunikasi data antar komponen diuji agar berjalan secara sinkron dan andal, baik dalam kondisi online maupun offline.

f. Pengujian dan Evaluasi

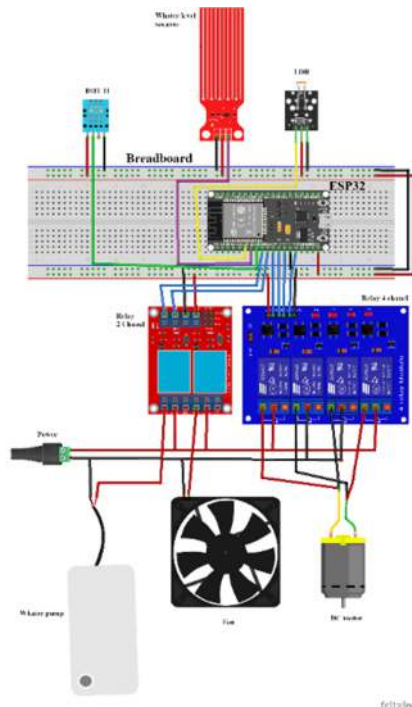
Sistem diuji secara menyeluruh untuk memverifikasi fungsionalitas dan stabilitasnya. Pengujian mencakup pengambilan data sensor, keakuratan kendali perangkat, keandalan koneksi, serta respons antarmuka pengguna. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan performa sistem terhadap standar yang ditentukan.

g. Implementasi Sistem

Sistem yang telah teruji diterapkan untuk memantau dan mengendalikan lingkungan pertumbuhan tanaman secara otomatis dan efisien. Dokumentasi penggunaan dan pemeliharaan sistem juga disusun untuk memastikan kelangsungan operasional dan kemungkinan pengembangan lebih lanjut.

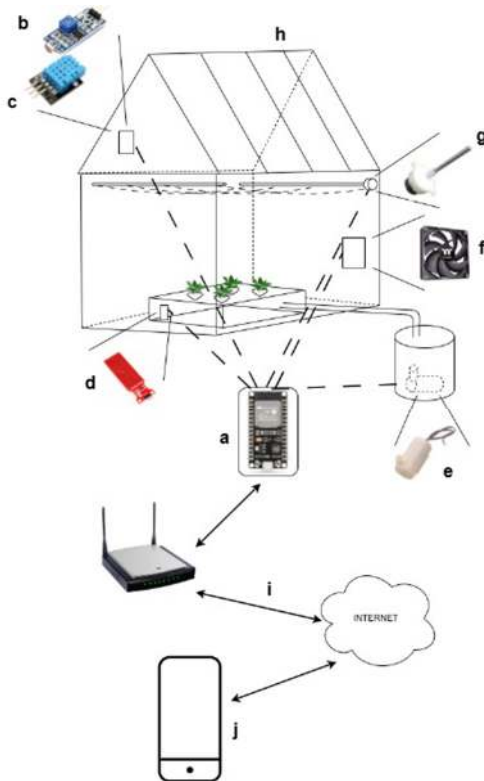
B. Desain dan Komponen Sistem

Berikut adalah visualisasi digital rangkaian komponen yang digunakan untuk membangun sistem IoT pada greenhouse hidroponik. Rangkaian ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, yang terhubung dengan sensor-sensor dan relay sebagai penghubung controller ke aktuator.



Gambar 2. Visualisasi Rangkaian Komponen

Berikut adalah desain dari sistem greenhouse, yang terdiri dari greenhouse mini berukuran 50 x 50 x 50 cm, tanaman hidroponik, dan rangkaian komponen.



Gambar 3. Desain Sistem Greenhouse

a. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler cerdas yang dikembangkan oleh Espressif Systems untuk aplikasi Internet of Things (IoT). Perangkat ini memiliki fitur konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE), sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem otomatisasi dan pemantauan jarak jauh. ESP32 memiliki modul Wi-Fi dan BLE bawaan, sehingga cocok untuk aplikasi IoT yang membutuhkan komunikasi nirkabel. ESP32 juga memiliki efisiensi daya yang tinggi, memungkinkan perangkat IoT beroperasi dalam mode low-power untuk menghemat energi. Mikrokontroler ini juga mendukung berbagai protokol komunikasi seperti SPI, I2C, dan UART, sehingga fleksibel untuk berbagai proyek otomatisasi[9]. Dalam implementasi pada sistem greenhouse hidroponik berbasis IoT, ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang menghubungkan berbagai sensor untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Dengan kemampuan ESP32 dalam mengolah dan mengirimkan data ke platform IoT, pengguna dapat memantau kondisi lingkungan tumbuh melalui aplikasi Android, memungkinkan kontrol otomatis yang lebih efisien dan efektif.

b. Sensor LDR (Intensitas Cahaya)

Sensor Light Dependent Resistor (LDR) adalah jenis resistor yang nilai resistansinya berubah tergantung pada intensitas cahaya yang diterima. Semakin tinggi intensitas cahaya, resistansi LDR akan menurun. Sebaliknya, dalam kondisi gelap resistansinya meningkat secara signifikan. Prinsip kerja LDR didasarkan pada efek fotokonduktivitas, yaitu perubahan konduktivitas material semikonduktor akibat paparan cahaya. Dalam aplikasi greenhouse hidroponik, LDR digunakan untuk memantau intensitas cahaya di sekitar tanaman. Informasi ini penting untuk mengatur sistem pencahayaan otomatis guna menjaga intensitas cahaya tetap optimal bagi proses fotosintesis. LDR memiliki keunggulan berupa biaya rendah dan kemudahan integrasi, meskipun memiliki kelemahan seperti respons yang relatif lambat dan sensitivitas terhadap panjang gelombang tertentu. Namun, dengan kalibrasi yang tepat dan integrasi ke mikrokontroler seperti ESP32, sensor ini dapat digunakan dalam sistem IoT untuk pemantauan dan pengendalian pencahayaan secara real-time melalui jaringan internet[10].

c. Sensor DHT11

Sensor DHT11 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor ini bekerja dengan menggunakan kapasitif humidity sensor untuk mendeteksi kelembaban dan thermistor untuk mengukur suhu. erubahan suhu dan kelembaban menyebabkan perubahan resistansi atau kapasitansi, yang kemudian dikonversi menjadi data digital oleh sensor untuk dikirim ke mikrokontroler. DHT11 memiliki rentang pengukuran kelembaban antara 20% hingga 90% RH dengan akurasi $\pm 5\%$ RH, serta rentang suhu antara 0°C hingga 50°C dengan akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Dalam implementasi pada greenhouse hidroponik, DHT11 berperan penting dalam memantau kondisi lingkungan dengan mengukur suhu dan kelembaban udara secara real-time. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk mengontrol sistem pendinginan atau penyemprotan air guna menjaga kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman. Dengan integrasi ke dalam sistem berbasis ESP32, sensor ini memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui platform IoT, meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan lingkungan tumbuh[11].

d. Sensor Water Level (Ketinggian Air)

Water level sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur ketinggian air dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem greenhouse hidroponik, pengelolaan sumber daya air, dan sistem peringatan banjir. Sensor ini berfungsi untuk memberikan data real-time mengenai perubahan level air, sehingga memungkinkan kontrol otomatis dalam sistem berbasis Internet of Things (IoT)[12]. Dalam sistem greenhouse hidroponik, sensor water level berperan penting dalam memastikan ketersediaan air yang optimal bagi tanaman. Data yang diperoleh dari sensor ini dapat digunakan untuk mengontrol pompa air secara otomatis, sehingga menghindari kekurangan atau kelebihan air dalam sistem hidroponik.

e. Pompa Air

Komponen pompa air yang digunakan merupakan pompa mini DC 5 V yang berfungsi untuk menyuplai air ke dalam bak hidroponik secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor water level. Dengan demikian, pompa ini menjadi komponen penting

dalam menjaga ketersediaan air yang cukup bagi tanaman yang ditanam secara hidroponik di dalam greenhouse[13].

f. Kipas

Sistem pendinginan dalam penelitian ini menggunakan fan berukuran 4 x 4 cm yang beroperasi pada tegangan 5 v. Fan ini mampu menghasilkan putaran hingga 9000 rpm, memberikan pendinginan udara yang cukup di dalam greenhouse. Spesifikasi ini dipilih untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi energi dan kemampuan memindahkan udara, yang penting dalam mengendalikan suhu dan kelembaban.

g. Motor listrik

Sistem paranet otomatis yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan motor listrik sebagai penggerak. Untuk memenuhi kebutuhan spesifik sistem paranet, yaitu gerakan yang lambat namun dengan torsi yang kuat, motor listrik ini dilengkapi dengan gearbox. Gearbox ini berfungsi untuk menurunkan rpm motor menjadi 23 rpm. Penurunan kecepatan ini penting agar paranet dapat bergerak secara terkontrol dan stabil saat membuka atau menutup, sekaligus menghasilkan torsi yang cukup untuk menahan beban paranet.

h. Greenhouse

Pada penelitian ini, digunakan sebuah rumah kaca mini berukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm yang dilengkapi dengan kipas untuk sirkulasi udara, sistem pengendali intensitas cahaya matahari berbasis paranet yang digerakan oleh motor listrik, serta pompa air untuk menunjang sistem hidroponik yang digunakan sebagai media tanam.

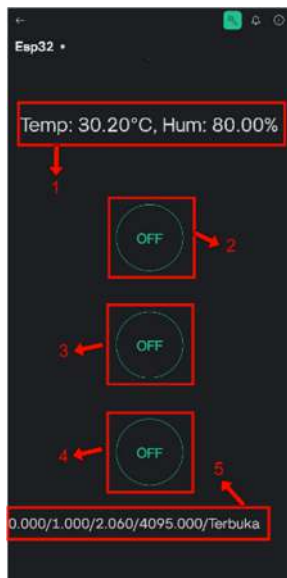
i. Perangkat Komunikasi

Perangkat komunikasi dalam sistem ini terdiri dari modul WiFi, router atau modem, serta perangkat mobile atau seluler, yang berperan dalam mendukung fitur pengendalian jarak jauh. Modul WiFi yang terintegrasi dalam mikrokontroler ESP32 berperan sebagai penghubung antara kontroler dan jaringan internet. Router atau modem WiFi berperan menyediakan akses jaringan internet di lokasi penerapan sistem, sedangkan perangkat mobile atau seluler digunakan oleh pengguna mengakses,

memantau, dan mengendalikan sistem dari jarak jauh. Fungsi utama perangkat komunikasi adalah untuk memungkinkan interaksi pengguna dengan sistem, seperti menyalakan atau mematikan kipas, dan memantau status sistem secara realtime. Dengan adanya perangkat komunikasi ini, pengguna tidak perlu berada di lokasi fisik perangkat untuk mengoperasikan sistem[14].

j. Antarmuka Pengguna

Dalam pengembangan antarmuka pengguna untuk sistem smart greenhouse ini, digunakan aplikasi pihak ketiga yaitu Blynk. Pemilihan platform Blynk didasarkan pada sejumlah keuntungan yang mendukung efisiensi pengembangan sistem. Blynk menawarkan kemudahan integrasi dengan berbagai platform mikrokontroler, seperti yang digunakan dalam sistem ini, sehingga mempercepat proses koneksi perangkat keras dengan antarmuka digital. Blynk juga menyediakan beragam widget antarmuka yang intuitif dan siap pakai, memungkinkan perancang dasbor pemantauan dan control yang menarik, interaktif, serta mudah dioperasikan[15].



Gambar 4. Antarmuka Blynk

Antarmuka pada sistem ini dirancang dengan fokus pada kemudahan interaksi dan penyediaan informasi yang jelas. Komponen-komponen utama antarmuka meliputi:

1. Informasi Kondisi Lingkungan: Bagian ini secara real-time menyajikan data suhu dan kelembaban

udara di dalam greenhouse. Informasi ini sangat penting bagi pengguna untuk memantau kondisi lingkungan tumbuh tanaman dan mengambil tindakan yang diperlukan.

2. Kontrol Mode Operasi: Antarmuka menyediakan tombol pilihan mode operasi yang memungkinkan pengguna untuk beralih antara mode manual dan otomatis dalam pengendalian kipas dan paranet. Mode manual memberikan kontrol penuh kepada pengguna, sementara mode otomatis memungkinkan sistem untuk mengatur perangkat tersebut berdasarkan parameter yang telah diprogram.
3. Kontrol Paranet: Tombol ini berfungsi untuk memberikan perintah langsung kepada sistem untuk membuka atau menutup paranet. Dengan adanya kontrol ini, pengguna dapat mengatur intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam greenhouse sesuai dengan kebutuhan tanaman.
4. Kontrol Kipas: Tombol ini memungkinkan pengguna untuk menghidupkan atau mematikan kipas. Kontrol manual kipas berguna untuk mengatur sirkulasi udara dan suhu di dalam greenhouse, terutama dalam kondisi tertentu yang memerlukan intervensi pengguna.
5. Informasi Debugging: Menampilkan berbagai parameter sistem yang berguna bagi pengembang atau peneliti untuk debugging. Informasi ini membantu dalam mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang mungkin muncul dalam sistem, serta memvalidasi kinerja sistem secara keseluruhan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, telah berhasil dikembangkan sebuah sistem smart greenhouse yang mampu beroperasi secara otomatis dalam mengatur kondisi lingkungan di dalam rumah kaca. Sistem ini dirancang dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan tanaman serta mempermudah proses pemantauan dan pengendalian lingkungan secara terpadu. Selain itu

keunggulan dari sistem ini adalah terintegrasi dengan antarmuka pengguna berbasis aplikasi Blynk sehingga dapat dikontrol dan dipantau dari jarak jauh melalui konektivitas berbasis Internet sehingga mengurangi ketergantungan pada intervensi manusia dalam operasionalnya.

Parameter yang dapat dipantau meliputi suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya matahari. Sistem ini bekerja secara otomatis dengan mengandalkan pembacaan data dari sensor yang telah dikalibrasi dan disesuaikan dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Output dari sistem smart greenhouse ini berupa pengontrol instrumen otomatis yang meliputi pompa air untuk menjaga ketinggian air pada sistem hidroponik, kipas untuk menjaga suhu tetap berada pada ambang batas optimal, serta kontrol paranet otomatis yang dapat membuka atau menutup secara mandiri. Paranet akan menutup apabila intensitas cahaya matahari melebihi batas yang ditentukan, dan terbuka kembali apabila intensitas cahaya berada di bawah ambang batas, sehingga intensitas pencahayaan tanaman tetap terjaga sesuai kebutuhan. Sehingga dari memanipulasi ke tiga parameter kondisi lingkungan ini dapat menciptakan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan.

A. Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan setiap komponen dapat berfungsi sesuai dengan tujuan perancangannya, baik dari segi pemantauan maupun pengendalian otomatis berbasis data sensor. Tahapan pengujian mencakup verifikasi fungsional dari aktuator dan sensor utama yang berperan dalam menjaga kestabilan lingkungan di dalam greenhouse hidroponik. Adapun pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pompa air, pengujian sistem pengendalian paranet otomatis, serta pengujian operasional kipas angin. Setiap pengujian dilakukan dalam kondisi terkontrol guna mengevaluasi respons sistem terhadap parameter lingkungan yang berubah-ubah.

a. Pengujian Pompa Air

Sebelum diterapkan di lokasi sebenarnya, sistem pompa air otomatis diuji terlebih dahulu untuk

memastikan fungsionalitasnya. Pengujian ini menjadi pengujian Tahap 1 dari penelitian yang dilakukan pengujian ini dilakukan di wadah air yang memiliki ketinggian 10 cm sudah disediakan. Berikut tabel hasil pengujian.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pompa Air

Uji Coba	Ketinggian air	Nilai sensor	Keterangan
1	1,2 cm	0	Pompa ON
2	2,4 cm	277	Pompa ON
3	3,6 cm	527	Pompa ON
4	4,7 cm	757	Pompa ON
5	5,4 cm	1027	Pompa ON
6	6,6 cm	1304	Pompa ON
7	7,7 cm	1558	Pompa OFF
8	8,3 cm	1835	Pompa OFF
9	9,4 cm	2085	Pompa OFF
10	9,5 cm	2145	Pompa OFF

b. Pengujian Operasional Paranet Otomatis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tingkat pencahayaan memengaruhi kondisi buka atau tutupnya paranet secara otomatis. Untuk mensimulasikan pencahayaan alami matahari dalam lingkungan yang terkendali, digunakan sumber cahaya buatan berupa senter LED dengan spesifikasi daya 3000 lumens.

Tabel 2. Hasil Pengujian Operasional Paranet Otomatis

Uji Coba	Jarak Sensor dengan Senter	Nilai sensor	Keterangan
1	10 cm	0	Paranet menutup
2	20 cm	0	Paranet menutup
3	40 cm	70	Paranet menutup
4	80 cm	130	Paranet menutup
5	160 cm	248	Paranet menutup
6	240 cm	487	Paranet menutup
7	300 cm	863	Paranet membuka
8	400 cm	1535	Paranet membuka
9	450 cm	1821	Paranet membuka
10	500 cm	2131	Paranet membuka

c. Pengujian Operasional Kipas Angin

Sebelum diterapkan pada lokasi sesungguhnya, sistem kipas otomatis telah diuji terlebih dahulu. Pengujian ini dilakukan di dalam dan luar ruangan dengan waktu yang berbeda-beda untuk mendapatkan variasi suhu yang diinginkan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Operasional Kipas Angin

Uji	Kondisi lingkungan	accu weather	Nilai sensor	Keterangan
1	Di bawah terik matahari	07.22 : 27°C	28°C	Kipas OFF
2	dalam ruangan	10.15 : 29°C	25°C	Kipas OFF
3	luar ruangan	10.15 : 29°C	29°C	Kipas OFF
4	Di bawah terik matahari	10.15 : 29°C	31°C	Kipas ON
5	dalam ruangan	12.36 : 31°C	29°C	Kipas OFF
6	luar ruangan	12.36 : 31°C	30°C	Kipas ON
7	Di bawah terik matahari	12.36 : 31°C	33°C	Kipas ON
8	dalam ruangan	14.54 : 30°C	29°C	Kipas OFF
9	luar ruangan	14.54 : 30°C	30°C	Kipas ON
10	Di bawah terik matahari	14.54 : 30°C	32°C	Kipas ON

B. Pembahasan

Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT pada greenhouse hidroponik ini mampu beroperasi secara efektif dan responsif dalam menyesuaikan kondisi lingkungan terhadap parameter yang telah ditentukan. Sistem bekerja secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor yang mencakup suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan ketinggian air, lalu memberikan respon melalui aktuator yang dikendalikan mikrokontroler ESP32.

Pada pengujian pompa otomatis, sistem menunjukkan kemampuan dalam mendeteksi ketinggian air secara akurat menggunakan sensor level air. Pompa diaktifkan secara otomatis ketika

ketinggian air berada di bawah ambang batas (kurang dari 7 cm), dan dinonaktifkan ketika air sudah mencapai ketinggian optimal (7 cm ke atas). Ini membuktikan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan suplai air dalam sistem hidroponik dengan efisien dan menghindari pemborosan.

Pengujian kipas otomatis memperlihatkan bahwa sistem dapat merespons peningkatan suhu dengan mengaktifkan kipas pendingin pada suhu tertentu. Aktivasi kipas terjadi ketika suhu mencapai atau melebihi ambang batas yang ditentukan (sekitar 30°C), sementara pada suhu di bawah ambang tersebut, kipas tetap dalam kondisi mati. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga suhu di dalam greenhouse tetap dalam rentang optimal untuk pertumbuhan tanaman.

Pada sistem paranet otomatis, sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari. Dari hasil uji coba, sistem secara efektif dapat menutup paranet ketika intensitas cahaya terlalu tinggi dan membukanya kembali saat intensitas berkurang. Dengan mekanisme ini, intensitas cahaya yang diterima tanaman tetap berada dalam kisaran yang mendukung proses fotosintesis secara optimal tanpa menyebabkan stres cahaya.

IV. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan telah berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan kontrol cerdas berbasis Internet of Things (IoT) pada greenhouse hidroponik. Sistem yang dikembangkan mampu mengotomatiskan pengendalian parameter lingkungan penting seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan ketinggian air dengan memanfaatkan sensor-sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Pengujian sistem menunjukkan bahwa setiap komponen bekerja secara responsif dan akurat terhadap perubahan kondisi lingkungan sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan.

Sistem ini juga terintegrasi dengan antarmuka pengguna berbasis aplikasi Blynk, yang memungkinkan pengguna melakukan pemantauan dan pengendalian secara jarak jauh secara real-time. Hal ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan dan

fleksibilitas pengguna, tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap intervensi manual.

Secara keseluruhan, penerapan sistem monitoring dan kontrol cerdas ini dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan lingkungan tumbuh pada greenhouse hidroponik. Selain itu, sistem ini juga memperlihatkan potensi besar untuk dapat diimplementasikan secara lebih luas dalam skala pertanian urban maupun komersial, sebagai solusi teknologi pertanian yang adaptif dan hemat sumber daya.

REFERENSI

- [1] A. D. Ramadhan, R. P. Astutik, Y. A. Surya, and S. St, "Sistem kontrol dan monitoring greenhouse hidroponik pada tanaman sawi berbasis aplikasi app inverter," *Seminar Nasional Fortei Regional 7 (SinarFe7)*, vol. 4, pp. 23–28, Dec. 2021.
- [2] N. Nasution, M. Rizal, D. Setiawan, and M. A. Hasan, "IoT Dalam Agrobisnis Studi Kasus : Tanaman Selada Dalam Green House," *IT JOURNAL RESEARCH AND DEVELOPMENT*, vol. 4, no. 2, Oct. 2021, doi: 10.25299/itjrd.2021.vol4(2).3357.
- [3] U. Ristian, I. Ruslianto, and K. Sari, "Sistem Monitoring Smart Greenhouse pada Lahan Terbatas Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 8, no. 1, p. 87, Apr. 2022, doi: 10.26418/jp.v8i1.52770.
- [4] M. Nisa, A. Mustofa, I. Saiful Millah, F. Nailah, J. Raya Camplong Km, and J. Timur, "Rancang Bangun Smart Green House Pada Budidaya Tanaman Kangkung Berbasis IoT (Internet of Things)," vol. 10, no. 2, pp. 11–17, 2023.
- [5] M. Ridwan and K. M. Sari, "Penerapan IoT dalam Sistem Otomatisasi Kontrol Suhu, Kelembaban, dan Tingkat Keasaman Hidroponik," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, vol. 10, no. 4, p. 481, Dec. 2021, doi: 10.23960/jtep-l.v10i4.481-487.
- [6] D. Nuswantara, A. Brahma Nugroho, and H. Setiawan, "DESAIN SISTEM MONITORING PENGONTROLAN SUHU, KELEMBABAN DAN SIRKULASI AIR OTOMATIS PADA TANAMAN ANGGREK HIDROPONIK BERBASIS ARDUINO UNO," *Jurnal Mahasiswa UMJ*, 2021.
- [7] R. Rayhana, G. Xiao, and Z. Liu, "Internet of Things Empowered Smart Greenhouse Farming," *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, vol. 4, no. 3, pp. 195–211, Sep. 2021, doi: 10.1109/JRFID.2021.2984391.
- [8] T. Ardiansah and D. Hidayatullah, "Penerapan Metode Waterfall Pada Aplikasi Reservasi Lapangan Futsal Berbasis Web," *Journal of Information Technology, Software Engineering and Computer Science (ITSECS)*, vol. 1, no. 1, pp. 6–13, Dec. 2022, doi: 10.58602/itsecs.v1i1.8.
- [9] E. W. Pratama and A. Kiswantonono, "Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime," *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, Jan. 2023, doi: 10.54732/jeeecs.v7i2.21.
- [10] D. Aribowo, G. Priyogi, and S. Islam, "APLIKASI SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR) UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM," *Jurnal PROSISKO*, vol. 9, no. 1, Mar. 2022.
- [11] M. Faishol Amrulloh and M. Syarwani, "Sistem Monitoring Suhu Pada Kandang Ayam Menggunakan esp8266 dan Sensor dht11 Berbasis IOT," *Neutral: Journal of Engineering*, vol. 1, no. 1, 2023, doi: 10.22441/nje.xxx.
- [12] A. K. Rindra, A. Widodo, F. Baskoro, and N. Kholis, "Sistem Monitoring Level Ketinggian Air Pada Tandon Rumah Tangga Berbasis Iot (Internet Of Things)," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 11, no. 1, pp. 17–22, Dec. 2021, doi: 10.26740/jte.v11n1.p17-22.
- [13] R. Ardiansah, R. Susanto, and A. I. Pradana, "Sistem Penyiraman Otomatis Pada Tanaman dengan Monitoring Berbasis IoT (Internet of Things)," *JUPITER (JURNAL PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO)*, vol. 8, no. 1, p. 31, Mar. 2023, doi: 10.25273/jupiter.v8i1.16059.
- [14] M. Suhu dan Kelembaban Tanah pada Green House Berbasis IoT untuk Meningkatkan Pengelolaan Tanaman Muthmainnah and N. Chamidah, "Monitoring Soil Temperature and Humidity in an IoT-Based Green House to Improve Plant Management," *Journal of Mechatronics and Education*, vol. 1, no. 2, pp. 3032–6486, 2024, doi: 10.59923/mechatronics.v1i1.21.
- [15] M. Sadali, Y. K. Putra, L. Kertawijaya, and I. Gunawan, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Dijalan Raya Dengan Platform IOT," *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 11–21, Jan. 2022, doi: 10.29408/jit.v5i1.4384.