

**PENGEMBANGAN SISTEM KENDALI
LINGKUNGAN MIKRO BERBASIS *INTERNET OF
THINGS* (IOT) PADA GREENHOUSE TROPIS**

LAPORAN HASIL PENELITIAN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Sarjana
(S1) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara



Oleh :

**HAMDI SHOLAHUDIN
41037002200003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
BANDUNG
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Pengembangan Sistem Kendali Lingkungan Mikro Berbasis *Internet of Things (IoT)* pada Greenhouse Tropis

LAPORAN HASIL PENELITIAN

HAMDI SHOLAHUDIN

41037002200003

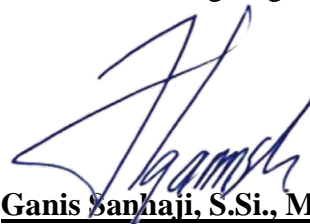
TEKNIK ELEKTRO

Telah disetujui dan disahkan

Tanggal : 30 Juli 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Gani Sanhaji, S.Si., M.Sc.

NIDN : 0402129002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Gani Sanhaji, S.Si., M.Sc.

NIDN : 0402129002

HALAMAN PERSETUJUAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan penelitian berjudul “**Pengembangan Sistem Kendali Lingkungan Mikro Berbasis *Internet of Things* (IoT) pada Greenhouse Tropis**” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan menyetujui untuk diajukan publikasi dalam bentuk seminar ataupun karya ilmiah. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan penelitian ini. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Islam Nusantara.

Bandung, 30 Juli 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hamdi Sholahudin', with a stylized flourish at the end.

Hamdi Sholahudin

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan dan kendali lingkungan berbasis IoT untuk mengawasi kondisi lingkungan di rumah kaca tropis, termasuk suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Tahap awal melibatkan studi literatur dan analisis spesifikasi teknis untuk pemilihan komponen yang tepat. Desain perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan untuk mengumpulkan dan menampilkan data dari berbagai sensor melalui layar LCD dan platform cloud.

Selama delapan hari berturut-turut, data dikumpulkan setiap hari dari sensor-sensor ini dan dikirim ke platform Blynk untuk dianalisis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan data yang akurat dan andal dengan sistem kendali baik auto maupun manual, sesuai dengan alat referensi yang digunakan. Antarmuka utama menggunakan dashboard Blynk, yang memfasilitasi integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak serta memungkinkan sistem kendali dan pemantauan data secara real-time melalui aplikasi web dan seluler.

Analisis data menunjukkan bahwa sistem ini memberikan pengukuran suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya yang akurat dengan persentase kesalahan rata-rata yang rendah. Meskipun terdapat fluktuasi signifikan pada kelembapan tanah yang disebabkan oleh variabel eksternal, sistem ini tetap mampu memberikan data yang konsisten. Perbedaan kecil namun konsisten antara pengukuran suhu dan kelembapan dalam dan luar ruangan menunjukkan ruang untuk perbaikan dalam stabilitas pengukuran di lingkungan yang lebih beragam.

Kesimpulannya, sistem pemantauan dan kendali lingkungan berbasis IoT ini efektif dalam memberikan data real-time yang akurat dan dapat diandalkan untuk pemantauan lingkungan di rumah kaca tropis. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk meningkatkan akurasi sensor dan menerapkan algoritma pembelajaran mesin untuk analisis data yang lebih mendalam dan prediktif. Tujuannya adalah untuk menciptakan sistem yang lebih cerdas dan responsif dalam menjaga kondisi optimal di rumah kaca tropis.

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, puji, dan hormat, saya mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, Sang Pencipta alam semesta yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Segala puji dan syukur hanya pada-Nya, yang telah memberikan petunjuk dan kekuatan sehingga laporan ini dapat diselesaikan.

Laporan ini disusun sebagai hasil dari penelitian yang saya jalani dalam rangka menambah pengalaman dan pemahaman dalam bidang teknik. Dalam perjalanan ini, saya menyadari bahwa kesempatan untuk belajar dan berkontribusi dalam dunia profesional adalah anugerah yang besar.

Meskipun laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, saya berharap dapat memberikan gambaran yang jelas dan bermanfaat tentang pengalaman penelitian saya. Saya sadar bahwa masih terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan laporan ini, dan dengan rendah hati saya membuka diri untuk menerima kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa mendatang.

Terakhir, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan mendukung saya selama menjalani penelitian ini. Semua bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan sangat berarti bagi perkembangan diri saya. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi pembaca yang ingin lebih memahami dunia teknik.

Bandung, 30 Juli 2024



Hamdi Sholaludin
41037002200003

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.1.1. Dampak Perubahan Iklim.....	2
1.1.2. Dampak pada Indonesia	3
1.1.3. Pertanian Presisi untuk Mengatasi Tantangan Iklim.....	3
1.1.4. Sistem Pemantauan Lingkungan Mikro Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) di Rumah Kaca Tropis	3
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Metode Penelitian	5
1.6 Metode Studi Pustaka.....	5
1.8 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tantangan dan Peluang Pertanian Presisi di Indonesia	6
2.2 Pentingnya Rumah Kaca dalam Pertanian.....	6
2.3 Mengatasi Masalah Beban Panas di Rumah Kaca.....	6

2.4 Sistem Pendinginan Evaporatif untuk Rumah Kaca.....	6
2.5 Pengembangan Sistem Pemantauan Lingkungan Mikro Berbasis IoT di Rumah Kaca Tropis	6
2.6 Efisiensi Sumber Daya dengan Teknologi IoT.....	6
2.7 Pentingnya Pengendalian Iklim Mikro di Rumah Kaca Tropis.....	6
2.8 Standar dan Peraturan untuk Rumah Kaca di Indonesia	6
2.9 Solusi Inovatif dengan Sistem Pendinginan Evaporatif Berbasis IoT	6
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....	7
3.1 Penetapan Masalah.....	7
3.2 Alur Perencanaan Penelitian	7
3.3 Perencanaan Secara Blok Diagram	8
3.4 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	8
3.4.1 <i>Rangkaian</i> ESP32 DevKit V1	10
3.4.2 <i>Rangkaian</i> Sensor DHT22.....	11
3.4.3 <i>Rangkaian</i> Sensor <i>Soil Moisture</i>	11
3.4.4 <i>Rangkaian</i> Sensor BH1750	11
3.4.5 <i>Rangkaian Power Supply</i> Circuit.....	12
3.4.6 <i>Rangkaian</i> Koneksi Pin ESP32 dan Button Pin	12
3.4.7 <i>Rangkaian</i> Pin Relay	13
3.4.8 <i>PCB Layout</i> 2D dan 3D.....	13
3.5 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	14
3.5.1 <i>Desain Tampilan Dashboard Blynk</i>	15
3.6 Perancangan Pengukuran dan Pengujian	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Kontrol dan Monitoring Lapangan	19
4.2 Perangkat Antarmuka Berbasis IoT	19
4.3 Analisis Data Hasil Monitoring dan Logic Kendali	21

BAB V KESIMPULAN DAN PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN	33
1. Surat Keputusan Dekan Teknik	33
2. Surat Formulir Bimbingan Tugas Akhir	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Interval Suhu Udara Rata-rata Global Harian 1940-2023.....	1
Gambar 1. 2 Peta Parsial Interval Distribusi Suhu Udara Rata-rata Global Harian 1940-2023	2
Gambar 3. 1 Flowchart Perencanaan Penelitian.....	7
Gambar 3. 2 Blok Diagram Alat	8
Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem Hardware	10
Gambar 3. 4 Rangkaian Skematik ESP32 DevKit V1	10
Gambar 3. 5 Rangkaian Skematik sensor DHT22	11
Gambar 3. 6 Rangkaian Skematik sensor Kelembaban Tanah	11
Gambar 3. 7 Rangkaian Skematik sensor Intensitas Cahaya	12
Gambar 3. 8 Rangkaian Skematik Power Supply	12
Gambar 3. 9 Rangkaian Skematik Pin Koneksi ESP32 dan Button	12
Gambar 3. 10 Rangkaian Skematik Pin Relay	13
Gambar 3. 11 Desain Layout 2D Double layer.....	13
Gambar 3. 12 Desain Layout 3D PCB.....	14
Gambar 3. 13 Flowchart Perancangan Software.....	15
Gambar 3. 14 Tampilan Web Dashboard.....	16
Gambar 3. 15 Tampilan App Dashboard	16
Gambar 3. 16 Flowchart Pengukuran dan Pengujian.....	17
Gambar 4. 1 Tampilan Antarmuka Pada Perangkat Seluler.....	20
Gambar 4. 2 Diagram Alur Pengukuran dan Pengujian	21
Gambar 4. 3 Bagan Perbandingan Suhu Dalam Ruangan	25
Gambar 4. 4 Bagan Perbandingan Suhu Luar Ruangan	25
Gambar 4. 5 Bagan Perbandingan Kelembaban Dalam Ruangan	25
Gambar 4. 6 Bagan Perbandingan Kelembaban Luar Ruangan	26
Gambar 4. 7 Bagan Perbandingan Kelembaban Tanah.....	26
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Pengukuran Harian Suhu, Kelembaban Dan Kadar Air Tanah.....	28

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perbandingan Suhu Dalam Ruangan.....	22
Tabel 4. 2 Perbandingan Suhu Luar Ruangan.....	22
Tabel 4. 3 Perbandingan Kelembaban Dalam Ruangan	23
Tabel 4. 4 Perbandingan Kelembaban Luar Ruangan	23
Tabel 4. 5 Perbandingan Kelembaban Tanah.....	24
Tabel 4. 6 Perbandingan Intensitas Cahaya.....	24
Tabel 4. 7 Logic Sistem Kendali Alat.....	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara tropis di Asia Tenggara yang kaya akan kekayaan alam dan keanekaragaman hayati. Terletak di garis khatulistiwa, Indonesia menerima sinar matahari yang konsisten sepanjang tahun, menciptakan iklim tropis dengan suhu hangat, curah hujan tinggi, serta dua musim utama: musim hujan dan musim kemarau. Saat ini, perubahan iklim global telah menjadi tantangan besar bagi Indonesia, mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk pertanian.

Menurut Samantha Burgess dari Copernicus Climate Change Service, suhu pada tahun 2023 kemungkinan akan menjadi yang tertinggi dalam 100.000 tahun terakhir [1]. Data BMKG menunjukkan bahwa rata-rata suhu di Indonesia pada tahun 2023 adalah 27,2 derajat Celsius, meningkat 0,5 derajat dari rata-rata antara tahun 1991 dan 2020. Tahun terpanas sebelumnya di Indonesia adalah 2016 dengan anomali suhu sebesar 0,6 derajat Celsius. Tahun 2023 akan menjadi tahun terpanas kedua dengan perbedaan suhu sebesar 0,5 derajat Celsius [2].



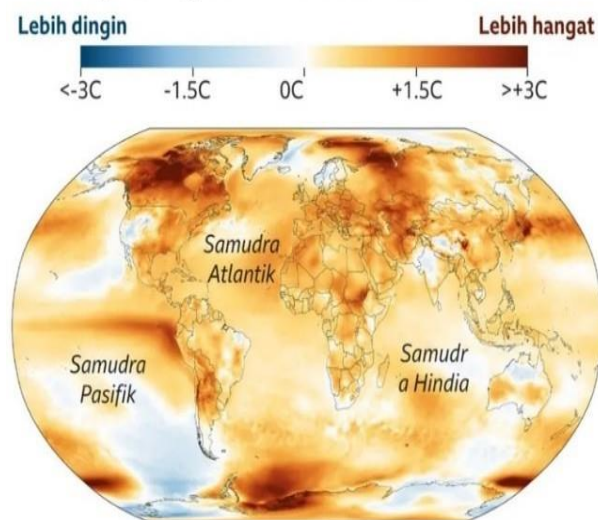
Gambar 1. 1 Grafik Interval Suhu Udara Rata-rata Global Harian 1940-2023

(Sumber: ERA5, C3S/ECMWF, BBC [1])

1.1.1. Dampak Perubahan Iklim

Kenaikan suhu global telah menyebabkan tahun 2023 menjadi salah satu tahun terpanas dalam catatan, dengan rekor suhu harian baru tercatat selama 200 hari. Tahun 2024 mungkin akan lebih panas lagi karena rekor panas permukaan laut. Menurut UK Meteorological Service, ada kemungkinan suhu pada tahun 2024 akan melebihi ambang batas kenaikan $1,5^{\circ}\text{C}$ untuk pertama kalinya, sesuai dengan Perjanjian Paris 2015. Perubahan iklim global telah meningkatkan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem seperti gelombang panas dan hujan lebat, yang berdampak pada ekosistem dan organisme. Di daerah tropis, suhu stabil berkisar antara $25-30^{\circ}\text{C}$ dengan variasi harian kecil sekitar 10°C [1]. Adaptasi terhadap suhu tinggi membuat organisme tropis rentan terhadap perubahan suhu ekstrem. Gelombang panas dapat meningkatkan risiko kesehatan manusia dan hewan serta mengganggu ekosistem.

Sebagian besar dunia lebih panas dari suhu normal
Rata-rata suhu udara permukaan pada tahun 2023
dibandingkan dengan rata-rata tahun 1991-2020



Sumber: ERA5,C3S/ECMWF

BBC

Gambar 1. 2 Peta Parsial Interval Distribusi Suhu Udara Rata-rata Global Harian
1940-2023

(Sumber: ERA5,C3S/ECMWF BBC[1])

1.1.2. Dampak pada Indonesia

Perubahan iklim diperkirakan akan berdampak signifikan pada iklim Indonesia, terutama di daerah tropis yang merupakan rumah bagi 40% populasi global [2]. Dampak yang telah diamati termasuk peningkatan frekuensi pemutihan terumbu karang dan fragmentasi habitat alami akibat pertanian dan infrastruktur. Iklim Indonesia memiliki tiga pola curah hujan: monsun, ekuatorial, dan lokal. Pola monsun dan ekuatorial memiliki puncak curah hujan yang berbeda, sementara pola lokal berlawanan dengan jenis curah hujan monsun [3].

1.1.3. Pertanian Presisi untuk Mengatasi Tantangan Iklim

Iklim yang tidak pasti di daerah perkotaan sangat mempengaruhi berbagai kegiatan, termasuk pertanian perkotaan dan pengamatan tanaman oleh petani serta akademisi. Untuk mengatasi tantangan ini, pertanian presisi menjadi salah satu opsi yang diadopsi untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi biaya serta dampak lingkungan melalui penggunaan teknologi yang tepat. Pertanian presisi menggabungkan berbagai teknologi seperti sensor, sistem informasi, dan manajemen berbasis data untuk mengoptimalkan produksi dengan mempertimbangkan variabilitas dan ketidakpastian dalam sistem pertanian. Pendekatan ini memungkinkan adaptasi praktik pertanian sesuai dengan kebutuhan tanaman, membatasi penggunaan produk kimia, dan meningkatkan efisiensi sumber daya [4].

1.1.4. Sistem Pemantauan Lingkungan Mikro Berbasis *Internet of Things* (IoT) di Rumah Kaca Tropis

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pemantauan lingkungan mikro berbasis *Internet of Things* (IoT) di rumah kaca tropis. Tujuannya adalah untuk mengatasi tantangan perubahan iklim yang mempengaruhi produktivitas pertanian di daerah tropis. Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan dalam rumah kaca secara real-time, termasuk suhu, kelembaban, dan intensitas

cahaya. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, data yang diperoleh dari sensor-sensor dapat dianalisis dan digunakan untuk mengoptimalkan kondisi pertumbuhan tanaman, sehingga meningkatkan hasil panen dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Penggunaan teknologi IoT dalam sistem pemantauan ini juga memungkinkan intervensi yang cepat dan tepat ketika terjadi perubahan lingkungan yang tidak diinginkan, seperti peningkatan suhu yang berlebihan atau kelembaban yang terlalu rendah. Hal ini sangat penting dalam menjaga kesehatan dan produktivitas tanaman, terutama dalam menghadapi perubahan iklim yang semakin ekstrem.

Dengan demikian, sistem pemantauan lingkungan mikro berbasis IoT di rumah kaca tropis merupakan solusi inovatif untuk meningkatkan ketahanan pertanian terhadap perubahan iklim, sekaligus mendukung pertanian berkelanjutan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang melatarbelakangi penelitian dan kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana fluktuasi suhu dan kelembaban akibat perubahan iklim tropis mempengaruhi pertumbuhan tanaman?
2. Bagaimana perancangan sistem pengoptimalan iklim mikro pada tanaman di dalam *greenhouse* tropis?
3. Bagaimana pemantauan dan pengontrolan iklim mikro pada *greenhouse* tropis secara *online* dan *realtime*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan dan mengoptimalkan sistem pendinginan evaporatif berbasis IoT dalam *greenhouse* untuk menghadapi perubahan iklim tropis.
2. Meningkatkan efisiensi pengaturan suhu dalam *greenhouse*.
3. Mengurangi pemborosan energi dalam sistem pendinginan *greenhouse*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Peningkatan efisiensi pengaturan lingkungan di dalam *greenhouse*.
2. Pengurangan konsumsi energi melalui penggunaan teknologi IoT.

3. Kontribusi terhadap upaya mitigasi dampak perubahan iklim terhadap pertanian di daerah tropis.

1.5 Metode Penelitian

Pada penelitian dan kegiatan pembelajaran kali ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan sistem *regresi linear* yang dilandaskan pada pada sistem kendali lingkungan berbasis IoT dalam *greenhouse* tropis.

1.6 Metode Studi Pustaka

Pada penelitian dan kegiatan pembelajaran kali ini, metode studi pustaka didapatkan dari peninjauan artikel berita, tinjauan pustaka pada jurnal berakreditasi, pengumpulan informasi lembaran data komponen elektronika dan bahan yang digunakan.

1.8 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pembahasan tentang latar belakang permasalahan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, metode studi pustaka, dan sistematika penulisan.

BAB II: LANDASA TEORI

Pada bab ini berisi tentang penjelasan dan pembahasan dasar-dasar teori yang nanti nya akan menuntun proses penelitian.

BAB III: PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini berisi gambaran tentang perencanaan desain seperti analisis kebutuhan perancangan, diagram alur penelitian, diagram blok perancangan, rangkaian listrik, dan proses perakitan seluruh komponennya.

BAB IV: PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Pada bab ini berisi data data hasil uji coba hasil perancangan dan melakukan analisis terhadap data data tersebut

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian serta saran dari penulis untuk pengembangan penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

- 2.1 Tantangan dan Peluang Pertanian Presisi di Indonesia**
- 2.2 Pentingnya Rumah Kaca dalam Pertanian**
- 2.3 Mengatasi Masalah Beban Panas di Rumah Kaca**
- 2.4 Sistem Pendinginan Evaporatif untuk Rumah Kaca**
- 2.5 Pengembangan Sistem Pemantauan Lingkungan Mikro Berbasis IoT di Rumah Kaca Tropis**
- 2.6 Efisiensi Sumber Daya dengan Teknologi IoT**
- 2.7 Pentingnya Pengendalian Iklim Mikro di Rumah Kaca Tropis**
- 2.8 Standar dan Peraturan untuk Rumah Kaca di Indonesia**
- 2.9 Solusi Inovatif dengan Sistem Pendinginan Evaporatif Berbasis IoT**

BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Perancangan ini bertujuan untuk merancang setiap spesifikasi dari alat pengendali iklim mikro yang berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk rumah kaca tropis, sebagai respons terhadap perubahan iklim. Hal ini bertujuan agar kebutuhan tersebut dapat terpenuhi dan sistem pada alat dapat beroperasi secara optimal. Secara keseluruhan, perancangan alat ini terbagi menjadi dua aspek utama: perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Bab ini akan membahas secara detail kedua aspek tersebut, serta implementasi dari alat yang akan dikembangkan.

3.1 Penetapan Masalah

Dalam mengoptimalkan pengendalian iklim mikro pada rumah kaca tropis, terdapat beberapa tantangan yang harus diatasi. Penting untuk memantau berbagai parameter lingkungan, termasuk suhu dan kelembaban baik di dalam maupun di luar rumah kaca. Selain itu ada juga pemantauan kelembaban tanah, dan intensitas cahaya yang masuk ke dalam rumah kaca. Pengendalian ini memerlukan sistem yang terintegrasi untuk mengelola aktuator iklim seperti pendingin evaporatif untuk pendinginan ruangan, kipas untuk sirkulasi udara, motor listrik untuk pompa penyiraman, dan lampu growlight untuk mendukung proses fotosintesis.

Berikut adalah spesifikasi alat yang dirancang untuk mengatasi masalah tersebut:

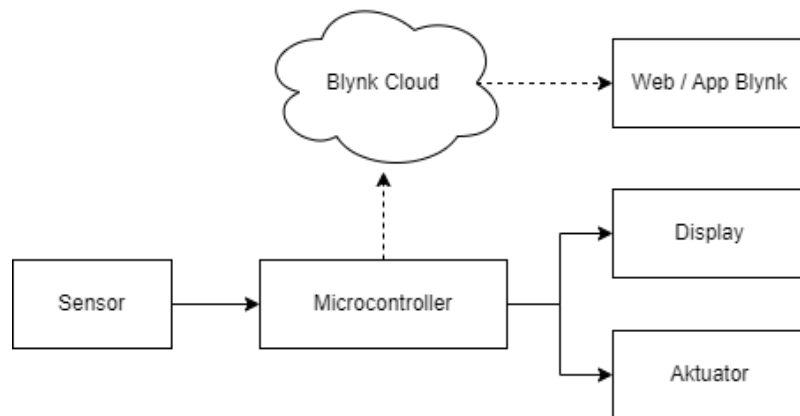
- Nama Alat: " Pengembangan Sistem Kendali Lingkungan Mikro Berbasis *Internet of Things* (IoT) pada *Greenhouse* Tropis"
- **Sensor:** DHT22 (Suhu dan Kelembaban), Soil Moisture, BH17750 (Intensitas Cahaya)
- **Aplikasi:** Blynk IoT (Smart Farming)

Sistem ini tidak hanya memantau kondisi lingkungan, tetapi juga mengendalikan berbagai perangkat untuk menjaga iklim mikro yang optimal di dalam rumah kaca, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan responsivitas terhadap perubahan iklim.

3.2 Alur Perencanaan Penelitian

3.3 Perencanaan Secara Blok Diagram

Blok diagram ini merupakan gambaran dasar mengenai sistem yang akan dirancang. Setiap bagian blok sistem memiliki fungsi masing-masing, dengan dibuatnya Blok Diagram seperti ini diharapkan akan memudahkan dalam memahami cara kerja alat yang dibuat.



Gambar 3. 2 Blok Diagram Alat

(Sumber: Primer)

Secara sederhana berdasarkan gambar di atas, cara kerja perangkat ini adalah sebagai berikut :

Data yang telah terbaca oleh sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler dan diintegrasikan dengan aktuator dan display. Data yang sudah terintegrasi tersebut kemudian dikirimkan dan disimpan di dalam *blynk cloud*. Data yang sudah ada di *cloud* akan divisualisasikan di halaman *Web dan App Blynk*. Proses pembacaan data sampai visualisasi data dilakukan secara *real-time*.

3.4 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan alat atau bahan serta mekanik sistem yang digunakan pada tahap ini ada beberapa, sebagai berikut:

1. Bagian Input:

Pada bagian input ini terdiri dari beberapa sensor dan komponen lainnya yaitu:

- DHT22 (*Inside*)
- DHT22 (*Outside*)
- *Soil Moisture*
- BH17750

- *Push Button*

2. Bagian Proses

Pada bagian ini menggunakan *microcontroller* ESP32 dengan relay

3. Bagian Output

Pada bagian ini hasil dari output yang di hasilkan yaitu:

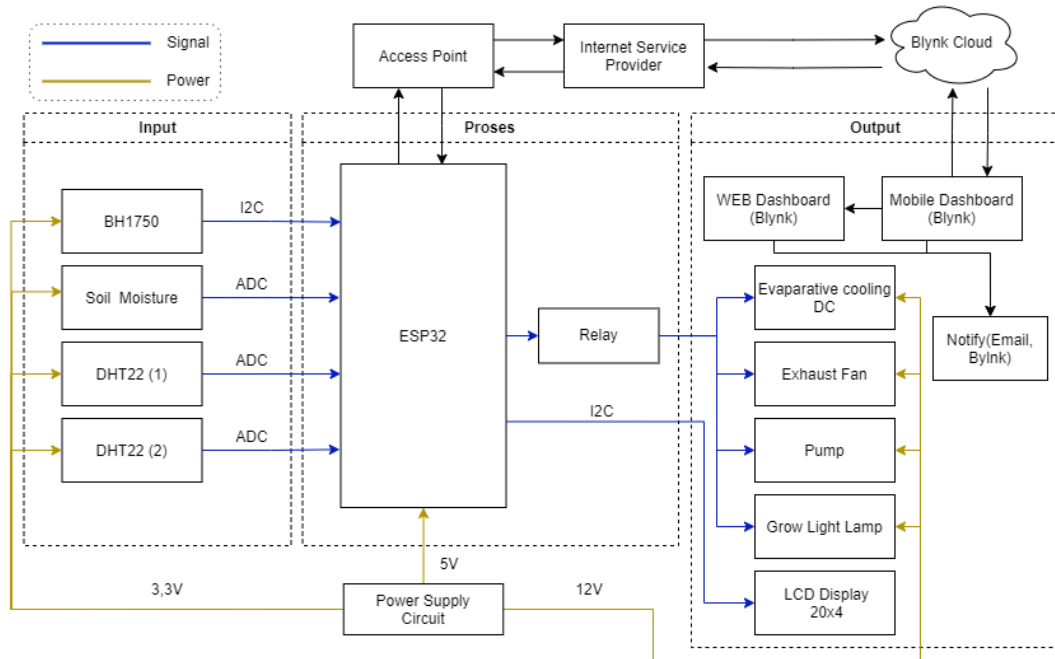
- *Evaporative Cooling DC*
- *Exhaust Fan DC*
- *Pump*
- *Grow light lamp*
- Display LCD 20 x 4
- *Web dan App Blynk*

4. Power Supply Circuit:

Pada bagian ini terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- *Power supply switching 12 V*
- *Regulator 5 V*
- *Regulator 3,3 V*

Pada tahap perancangan *hardware* dilakukan untuk mendapatkan rangkaian-rangkaian pendukung pada proses pembuatan alat. Komponen yang digunakan sudah sesuai dengan referensi-referensi yang lebih baik dari cara kerja dan kemampuan pembacaan sensornya agar alat yang dihasilkan sesuai dengan yang diperlukan. Dibawah gambar perancangan diagram blok *hardware* yang akan di rancang:

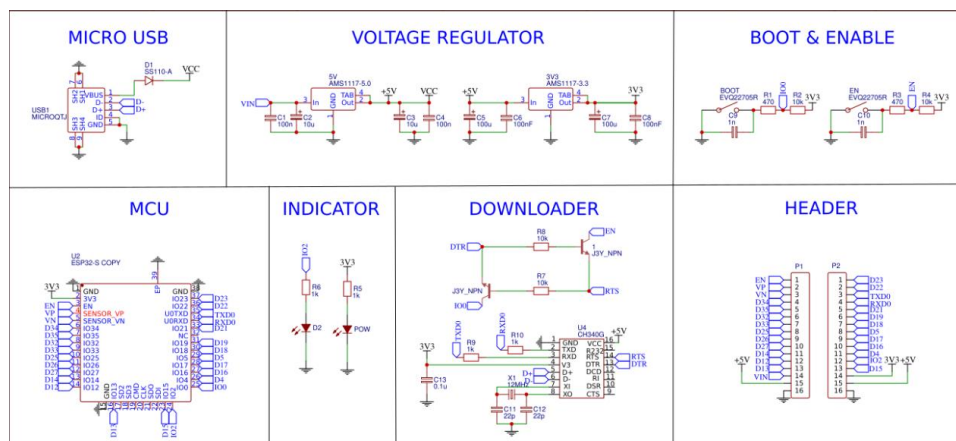


Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem *Hardware*

(Sumber: Primer)

3.4.1 Rangkaian ESP32 DevKit V1

Disini ESP32 berfungsi sebagai *microcontroller* yang dapat terhubung pada jaringan internet melalui *access point*. ESP32 membutuhkan suplai tegangan sebesar 5 Volt.

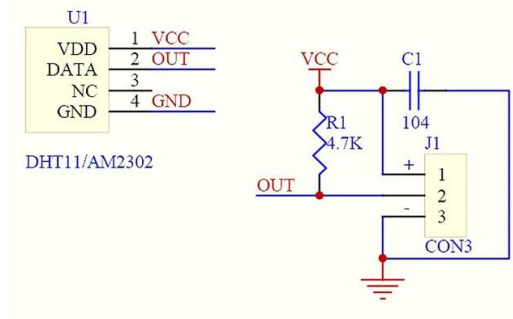


Gambar 3. 4 Rangkaian Skematik ESP32 DevKit V1

(Sumber: Primer)

3.4.2 Rangkaian Sensor DHT22

Rangkaian ini berfungsi sebagai pembaca suhu dan kelembaban yang dilengkapi dengan resistor *pull-up* sebesar 4.7 K dan kapasitor 0,1 uf

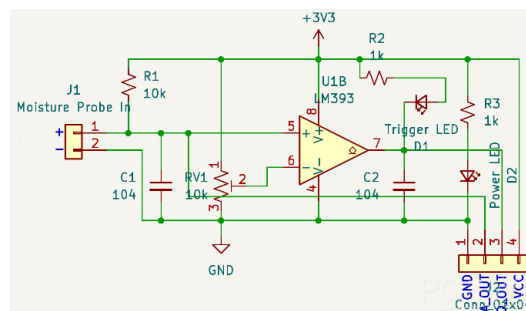


Gambar 3. 5 Rangkaian Skematik sensor DHT22

(Sumber: Primer)

3.4.3 Rangkaian Sensor Soil Moisture

Rangkaian ini berfungsi untuk meng set berapa kebutuhan sensitivitas dalam pembacaan sensor kelembaban tanah yang di lengkapi dengan IC LM393.

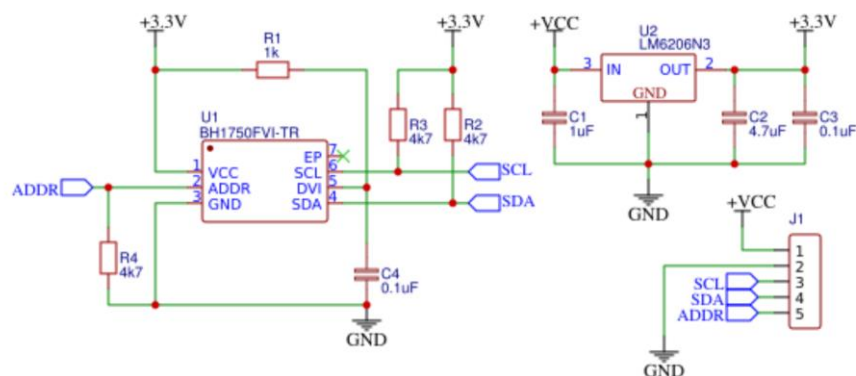


Gambar 3. 6 Rangkaian Skematik sensor Kelembaban Tanah

(Sumber: Primer)

3.4.4 Rangkaian Sensor BH1750

Rangkaian sensor BH1850 ini berfungsi sebagai sensor intensitas cahaya, dimana komunikasinya menggunakan I2C

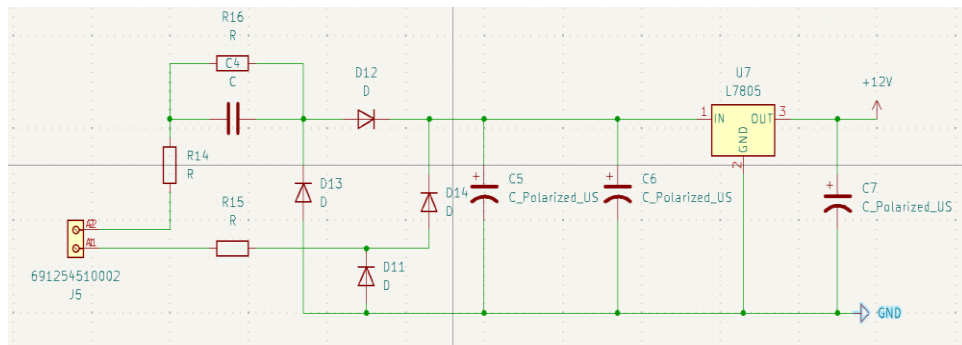


Gambar 3. 7 Rangkaian Skematik sensor Intensitas Cahaya

(Sumber: Primer)

3.4.5 Rangkaian Power Supply Circuit

Rangkaian power supply circuit berfungsi sebagai switching untuk microcontroller sekaligus ke aktuator yang memerlukan sumber 12 VDC, pada rangkain power supply terdapat rangkain penyearah tagangan dengan 4 buah dioda, dan ada penyimpanan sumber listrik sementara oleh kapasitor polar. Dan adapula IC 7805 sebagai step down tegangan.

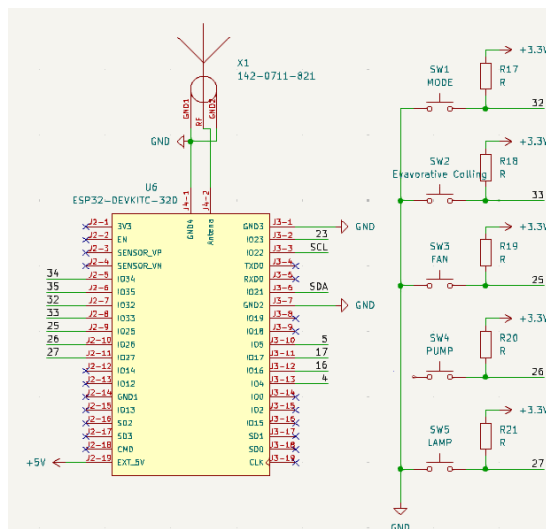


Gambar 3. 8 Rangkaian Skematik Power Supply

(Sumber: Primer)

3.4.6 Rangkaian Koneksi Pin ESP32 dan Button Pin

Rangkaian ini digunakan untuk koneksi antara pin dengan sensor dan dengan button pin serta antenna external.

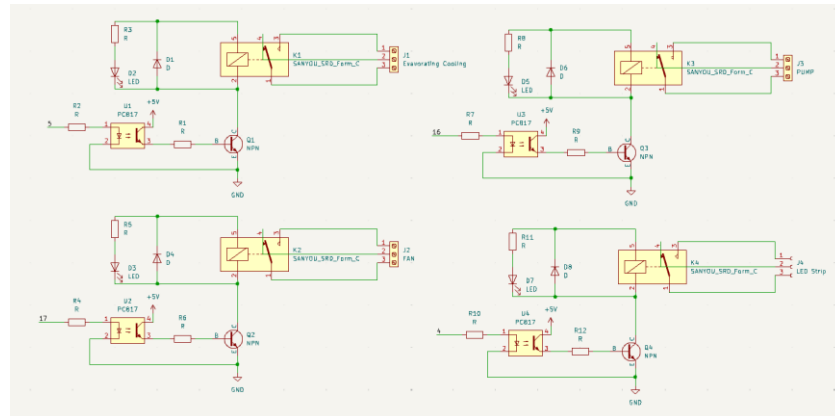


Gambar 3. 9 Rangkaian Skematik Pin Koneksi ESP32 dan Button

(Sumber: Primer)

3.4.7 Rangkaian Pin Relay

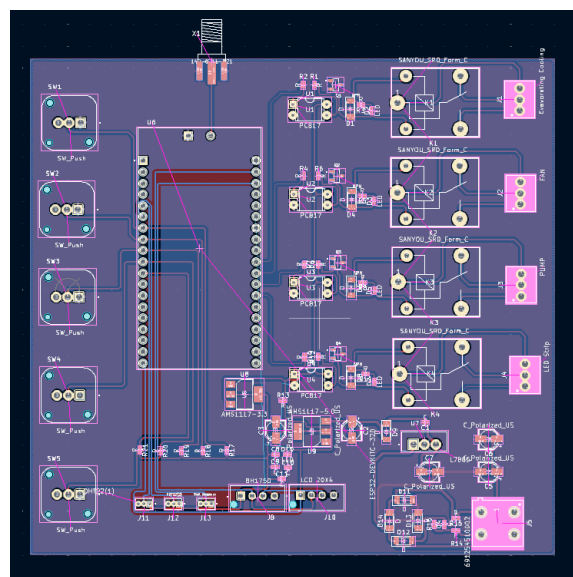
Rangkaian pin relay berfungsi sebagai Rangkaian saklar magnetik yang memanfaatkan sinyal listrik dari koneksi pin ke ESP32, dan listrik dari power switching untuk kebutuhan aktuator. Rangkaian ini juga dihubungkan dengan mosfet sebagai pengalih atau penghubung sinyal listrik. Dalam skema yang dibuat ada 4 set komponen relay.



Gambar 3. 10 Rangkaian Skematik Pin Relay

(Sumber: Primer)

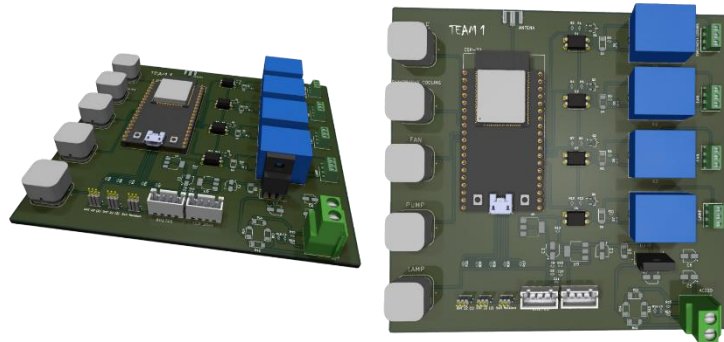
3.4.8 PCB Layout 2D dan 3D



Gambar 3. 11 Desain Layout 2D Double layer

(Sumber: Primer)

Desain diatas merupakan desain PCB 2D yang dibuat menggunakan aplikasi KiCad 8.0, yang sebelumnya dibuat desain skematik terlebih dahulu kemudian di ekspor kedalam PCB. Desain ini dirancang menggunakan PCB *double layer* agar proses penjaluran dapat lebih mudah serta ukuran PCB dapat lebih minimalis.

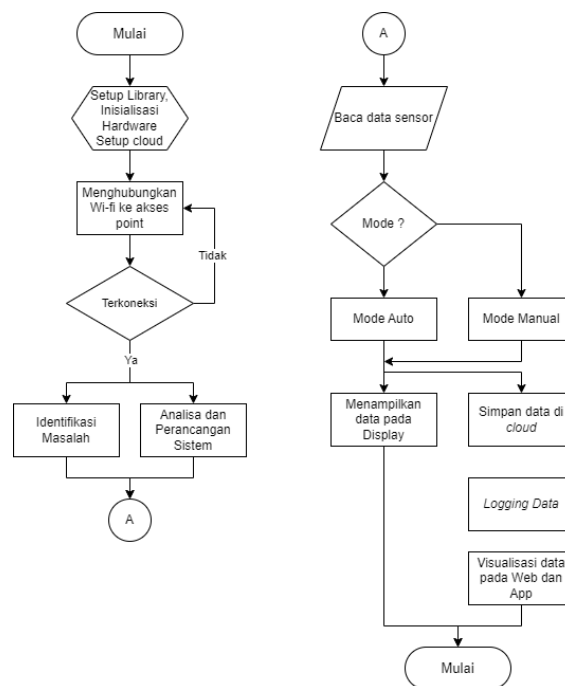


Gambar 3. 12 Desain *Layout 3D PCB*

(Sumber: Primer)

3.5 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Untuk mempermudah perancangan software maka perlu dibuat *flowchart* untuk memahami alur kerja dari alat yang dibuat. Berikut akan menjelaskan flowchart dan cara kerja alat tersebut.

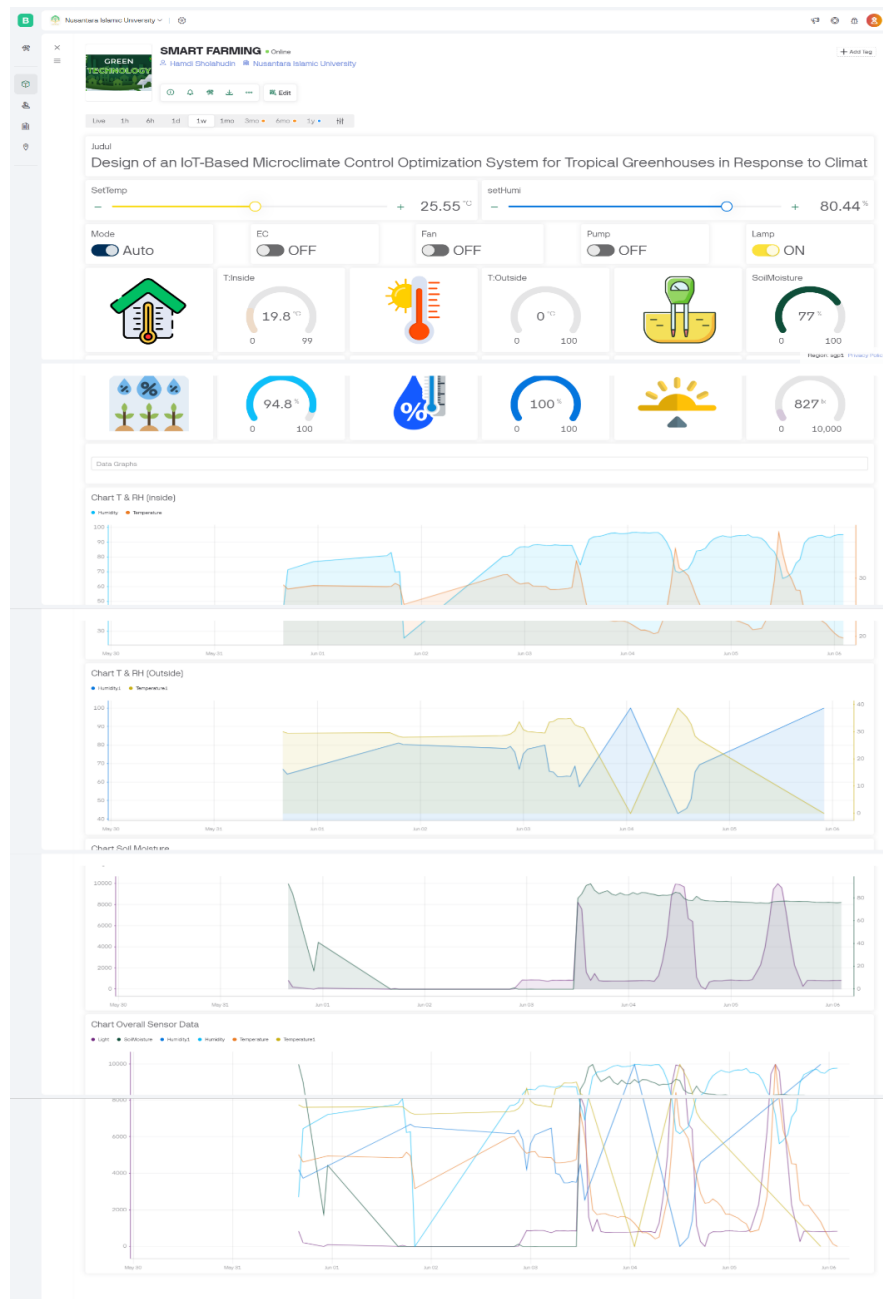


Gambar 3. 13 *Flowchart* Perancangan *Software*

(Sumber: Primer)

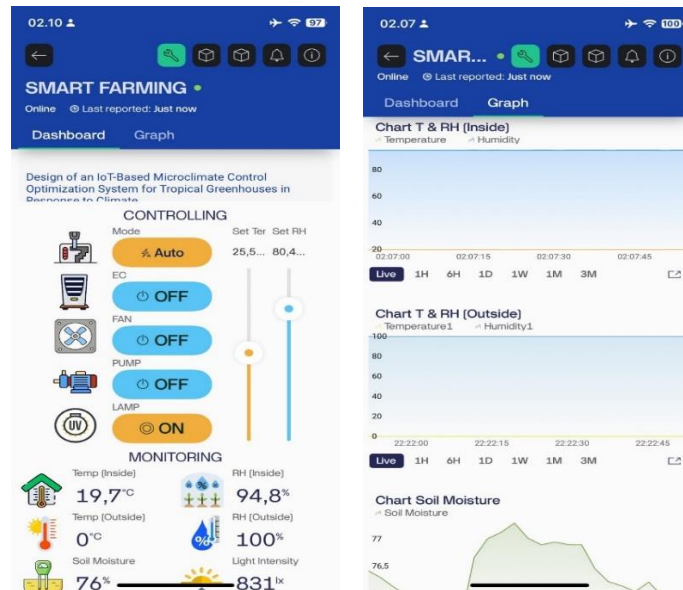
3.5.1 Desain Tampilan *Dashboard Blynk*

Pada tampilan *dashboard* yang dibuat menggunakan salah satu *platform* IoT, yaitu *Blynk*, antarmuka pengguna dapat diintegrasikan dengan sistem perangkat keras dan perangkat lunak melalui *Datastream* yang telah diatur.



Gambar 3. 14 Tampilan *Web Dashboard*

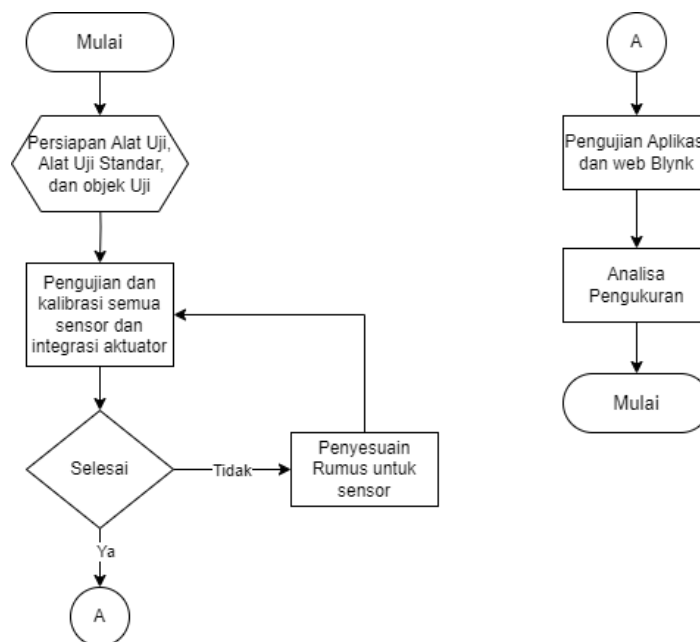
(Sumber: Primer)

Gambar 3. 15 Tampilan *App Dashboard*

(Sumber: Primer)

3.6 Perancangan Pengukuran dan Pengujian

Untuk mempermudah perancangan pengukuran dan pengujian maka perlu dibuat *flowchart* untuk memahami alur kerja dari alat yang dibuat. Berikut akan menjelaskan *flowchart* dan cara kerja alat tersebut



Gambar 3. 16 *Flowchart* Pengukuran dan Pengujian

(Sumber: Primer)

Data yang dikumpulkan melalui observasi lapangan dan pengujian peralatan di rumah kaca kemudian dianalisis secara kuantitatif. Analisis kuantitatif, yang didefinisikan sebagai metode penelitian yang menggunakan data numerik untuk menemukan pola dan membuat kesimpulan [19], digunakan untuk menentukan efektivitas alat dalam meningkatkan produktivitas pertanian serta keberlanjutan penggunaan rumah kaca.

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari prototipe dengan data referensi dari alat ukur seperti termometer HTC-2 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, hygrometer TA290 untuk mengukur kelembaban tanah, dan lux meter untuk mengukur intensitas cahaya. Analisis kuantitatif ini menggunakan metrik tambahan seperti *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Mean Percentage Error* (MPE), dan *Absolute Percentage Error* (APE) untuk mengevaluasi akurasi pengukuran.

- **MAE** mengukur rata-rata perbedaan absolut antara prediksi dan observasi aktual.
- **MSE** memberikan penekanan lebih besar pada kesalahan yang lebih besar dengan menghitung rata-rata kuadrat dari perbedaan tersebut.
- **RMSE**, sebagai akar kuadrat dari MSE, memberikan deskripsi yang lebih langsung tentang besarnya kesalahan dalam satuan yang sama dengan data asli.
- **MPE** menghitung rata-rata kesalahan persentase, sedangkan
- **APE** memberikan informasi tentang kesalahan persentase absolut untuk setiap pengukuran.

Dengan pendekatan ini, analisis ini mengidentifikasi pola dan mengevaluasi efektivitas alat dalam meningkatkan produktivitas pertanian serta keberlanjutan penggunaan rumah kaca. Koefisien determinasi (R^2) mengukur seberapa dekat data aktual dengan nilai prediksi. Untuk evaluasi yang lebih menyeluruh, model dianalisis menggunakan R^2 , RMSE, MSE, dan MAE [20]. Adapun rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - p_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i)^2} \quad (\text{Eq.1})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - p_i)^2}{n}} \quad (\text{Eq.2})$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - p_i)^2}{n} \quad (\text{Eq.3})$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - p_i|}{n} \quad (\text{Eq.4})$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kontrol dan Monitoring Lapangan

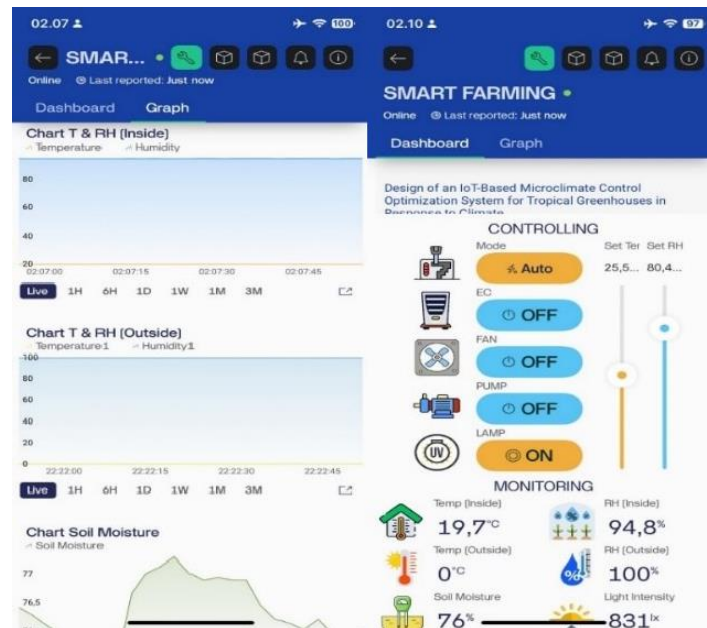
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kendali lingkungan mikro berbasis *Internet of Things* (IoT) yang efektif untuk pengendalian dan pemantauan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Tahap awal penelitian meliputi studi literatur dan identifikasi masalah yang relevan, diikuti dengan analisis spesifikasi teknis untuk pemilihan komponen yang sesuai. Desain perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan untuk menciptakan sistem yang mampu mengumpulkan data dari berbagai sensor dan menampilkan informasi ini melalui layar LCD serta *platform cloud*.

Validasi kinerja perangkat dilakukan melalui pengujian menyeluruh untuk memastikan akurasi data yang diperoleh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan data yang akurat dan andal, sesuai dengan alat referensi yang digunakan. Selama delapan hari berturut-turut, data dikumpulkan setiap hari dari sensor suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya, dan dikirim ke *platform Blynk* untuk dianalisis.

4.2 Perangkat Antarmuka Berbasis IoT

Antarmuka utama yang digunakan dalam sistem ini adalah *dashboard Blynk*, yang meningkatkan efisiensi dalam proses pemantauan. *Blynk* menyediakan *platform* yang memfasilitasi integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak melalui *datastreams* yang telah dikonfigurasi sebelumnya, memungkinkan pemantauan data secara real-time melalui tampilan web dan aplikasi. Desain tampilan *dashboard* ini dirancang untuk menyediakan visualisasi data yang mudah dipahami, dengan grafik dan indikator numerik yang menampilkan kondisi lingkungan saat ini. Selain itu, tombol virtual yang tersedia di *dashboard* memungkinkan pengguna untuk mengontrol sistem secara langsung, memberikan

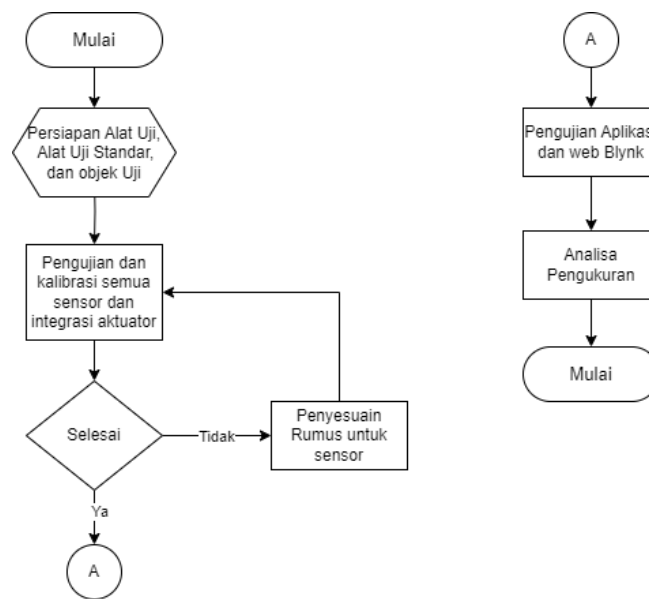
fleksibilitas dalam operasi.



Gambar 4. 1 Tampilan Antarmuka Pada Perangkat Seluler

(Sumber: Primer)

Gambar di atas adalah *dashboard Blynk* yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pemantauan *dashboard Blynk* digunakan sebagai antarmuka utama. Blynk menyediakan platform yang memfasilitasi integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak melalui aliran data yang telah dikonfigurasi sebelumnya, memungkinkan pemantauan data secara real-time melalui tampilan web dan aplikasi. Desain tampilan *dashboard* ini dirancang untuk memberikan data visualisasi yang mudah dimengerti, dengan grafik dan indikator numerik yang menampilkan kondisi lingkungan saat ini. Selain itu, tombol virtual yang tersedia di dasbor memungkinkan pengguna untuk mengontrol sistem secara langsung, memberikan fleksibilitas dalam pengoperasian.



Gambar 4. 2 Diagram Alur Pengukuran dan Pengujian

(Sumber: Primer)

4.3 Analisis Data Hasil Monitoring dan Logic Kendali

Selama periode pengujian, data yang diperoleh setiap hari ditampilkan dalam bentuk grafik pada *dashboard*, memudahkan identifikasi tren dan perubahan kondisi lingkungan. Penggunaan *dashboard Blynk* tidak hanya meningkatkan efisiensi pemantauan tetapi juga memberikan wawasan yang lebih dalam tentang kondisi lingkungan yang dipantau, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat berdasarkan data yang akurat. Data yang dikumpulkan mencakup suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya dari berbagai sensor dan alat ukur komparatif yang dipasang di dalam dan di luar ruangan.

Data suhu dalam ruangan menunjukkan fluktuasi harian yang konsisten, dengan perbedaan yang jelas dibandingkan dengan suhu luar ruangan yang cenderung lebih rendah. Kelembapan udara dalam ruangan juga menunjukkan pola perubahan yang mirip dengan suhu, sementara kelembapan udara luar ruangan menunjukkan variasi yang lebih signifikan. Kelembapan tanah dipantau dengan stabil dan memberikan indikasi yang akurat tentang kondisi kelembapan tanah selama pengujian. Data intensitas cahaya menunjukkan variasi yang signifikan antara siang dan malam, yang sesuai dengan pola harian alami.

Data yang diperoleh dari sistem ini dibandingkan dengan alat referensi seperti Thermo Hygrometer untuk suhu dan kelembapan udara, Higrometer untuk kelembapan tanah, dan lux meter untuk intensitas cahaya. Data yang dikumpulkan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, memperlihatkan akurasi dan keandalan sistem pemantauan IoT ini dalam kondisi nyata di lapangan.

Tabel 4. 1 Perbandingan Suhu Dalam Ruangan

(Sumber: Primer)

Day	Temperature (Inside)	Thermo Hygrometer	Error %
1	24,28	23,66	2,62%
2	24,60	23,70	3,80%
3	24,27	23,87	1,68%
4	25,26	24,07	4,94%
5	25,64	24,43	4,95%
6	26,83	25,54	5,05%
7	26,73	25,99	2,85%
8	26,34	25,97	1,42%
RMSE	0,907138358	MAPE	3,41%

Tabel 4. 2 Perbandingan Suhu Luar Ruangan

(Sumber: Primer)

Day	Temperature (Outside)	Thermo Hygrometer	Error %
1	29,70	27,93	6,34%
2	31,30	29,51	6,07%
3	30,25	29,47	2,65%
4	32,68	30,97	5,52%
5	32,93	31,21	5,51%

6	31,67	29,98	5,64%
7	28,28	28,38	3,17%
8	29,61	28,23	4,89%
RMSE	1,516509149	MAPE	4,97%

Tabel 4. 3 Perbandingan Kelembaban Dalam Ruangan

(Sumber: Primer)

Day	Humidity (Inside)	Thermo Hygrometer	Error %
1	81,80	78,98	3,57%
2	80,86	79,12	2,20%
3	78,42	76,87	2,02%
4	78,84	76,50	3,06%
5	82,98	80,88	2,60%
6	79,86	77,70	2,78%
7	73,52	71,48	2,85%
8	71,12	69,63	2,14%
RMSE	2,071092707	MAPE	2,65%

Tabel 4. 4 Perbandingan Kelembaban Luar Ruangan

(Sumber: Primer)

Day	Humidity (Outside)	Thermo Hygrometer	Error %
1	65,74	63,26	3,92%
2	55,40	52,80	4,92%
3	74,00	71,50	3,50%
4	56,53	54,44	3,84%
5	63,33	60,88	4,02%
6	72,45	70,41	2,90%
7	80,54	78,21	2,98%
8	65,29	62,76	4,03%
RMSE	2,385434971	MAPE	3,76%

Tabel 4. 5 Perbandingan Kelembaban Tanah

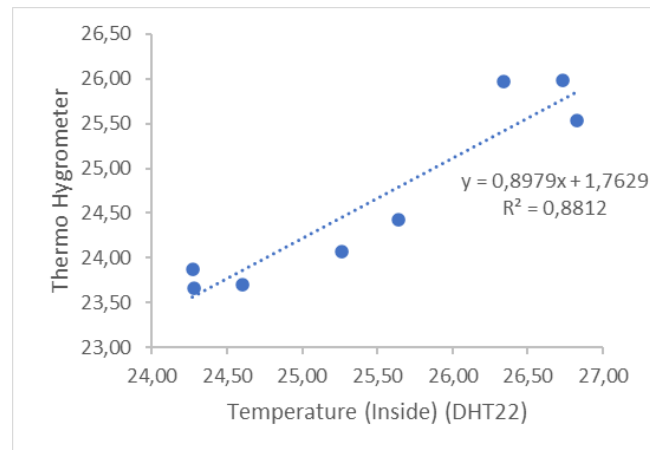
(Sumber: Primer)

Day	Soil Moisture	Hygrometer	Error %
1	72,92	71,26	2,33%
2	72,74	71,10	2,31%
3	76,17	75,05	1,49%
4	78,77	77,60	1,51%
5	71,71	69,89	2,60%
6	72,44	71,20	1,74%
7	75,94	74,21	2,33%
8	70,70	68,76	2,82%
RMSE	1,568239459	MAPE	2,14%

Tabel 4. 6 Perbandingan Intensitas Cahaya

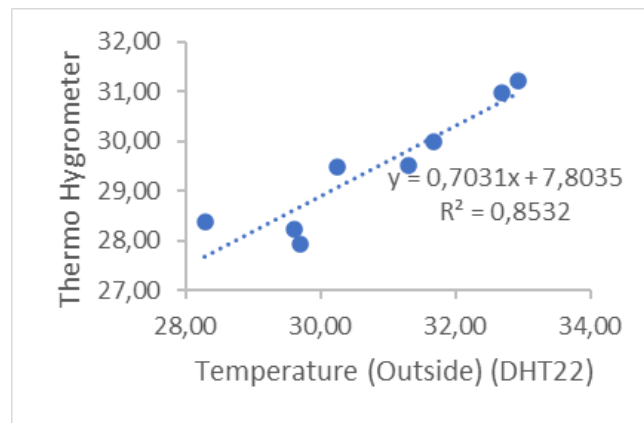
(Sumber: Primer)

Day	Light Intensity	Lux Meter	Error %
1	3130	3290	4,86%
2	2610	2770	5,78%
3	2700	2760	2,17%
4	3008	2960	1,62%
5	1231	1307	5,81%
6	3472	3397	2,21%
7	2160	2088	3,45%
8	2974	2890	2,91%
RMSE	100,46	MAPE	3,60%



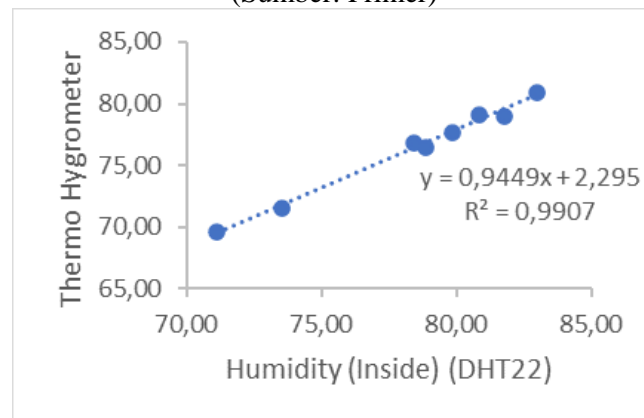
Gambar 4. 3 Bagan Perbandingan Suhu Dalam Ruangan

(Sumber: Primer)



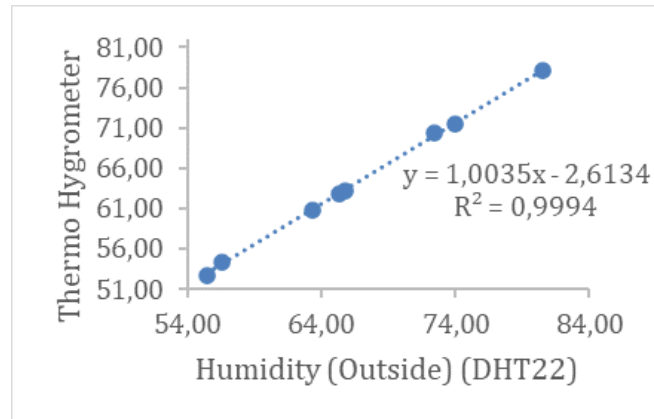
Gambar 4. 4 Bagan Perbandingan Suhu Luar Ruangan

(Sumber: Primer)



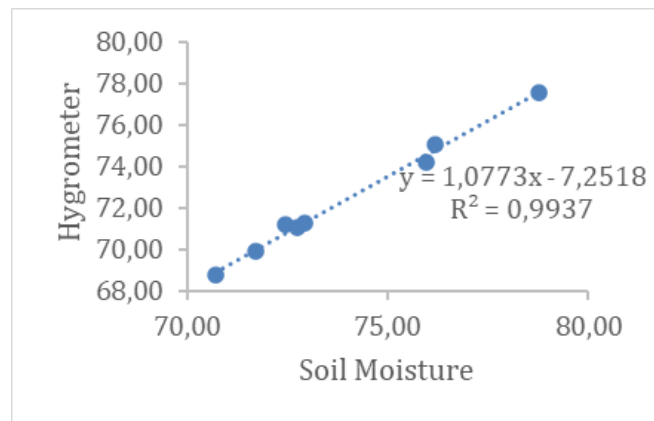
Gambar 4. 5 Bagan Perbandingan Kelembaban Dalam Ruangan

(Sumber: Primer)



Gambar 4. 6 Bagan Perbandingan Kelembaban Luar Ruangan

(Sumber: Primer)



Gambar 4. 7 Bagan Perbandingan Kelembaban Tanah

(Sumber: Primer)

Berdasarkan data pengukuran selama delapan hari, analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor dan alat referensi terhadap berbagai parameter lingkungan. Untuk suhu dalam ruangan, hasil sensor menunjukkan deviasi rata-rata sebesar 3,41% dengan nilai RMSE 0,907, yang menunjukkan tingkat akurasi yang

cukup baik dibandingkan dengan Thermo Hygrometer. Suhu luar ruangan, dengan MAPE 4,97% dan RMSE 1,516, menunjukkan bahwa sensor sedikit kurang akurat dibandingkan pengukuran dalam ruangan, meskipun masih dalam batas kesalahan yang dapat diterima.

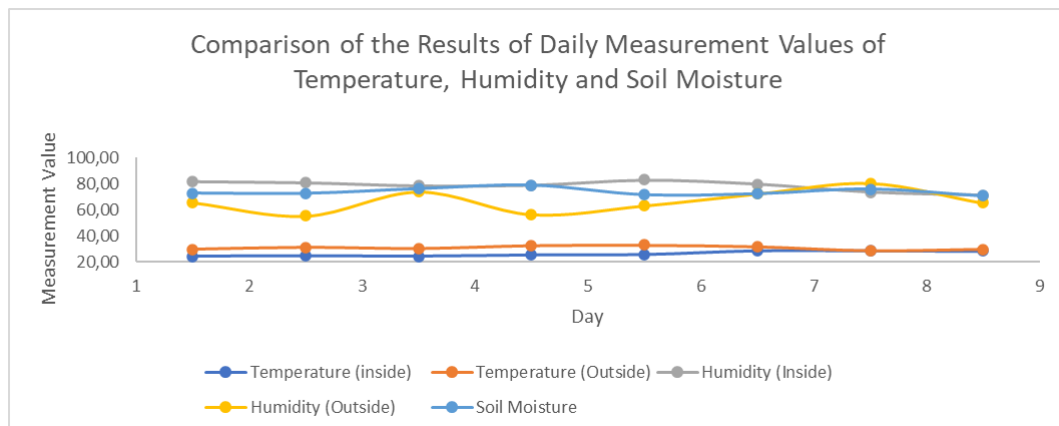
Kelembapan udara dalam ruangan menunjukkan deviasi yang lebih kecil, dengan MAPE 2,65% dan RMSE 2,071, yang menunjukkan bahwa sensor ini cukup andal dalam mengukur kelembapan dalam ruangan. Untuk kelembapan udara luar ruangan, meskipun memiliki RMSE tertinggi sebesar 2,385 dan MAPE 3,76%, akurasi tetap dalam batas yang dapat diterima, yang berarti sensor ini andal untuk pemantauan kelembapan eksternal. Pengukuran kelembapan tanah menunjukkan deviasi yang sangat rendah dengan MAPE 2,14% dan RMSE 1,568, yang menunjukkan akurasi tinggi sensor kelembapan tanah dalam memberikan data yang akurat dibandingkan dengan Hygrometer. Pada intensitas cahaya, sensor menunjukkan MAPE 3,60% dengan RMSE 100,46, yang meskipun cukup tinggi dalam nilai absolut, tetap menunjukkan kesesuaian yang baik dengan Lux Meter.

Dari analisis keseluruhan, meskipun terdapat beberapa perbedaan kecil dalam akurasi, data yang dihasilkan oleh sistem sensor ini sangat memadai untuk tujuan pemantauan lingkungan dengan deviasi minimal dan konsisten. Penyesuaian dan kalibrasi lebih lanjut dapat meningkatkan akurasi data sensor untuk aplikasi yang lebih spesifik dan kritis. Berikut adalah grafik perbandingan hasil pengukuran harian suhu, kelembapan, dan kelembapan tanah:

Dari data yang dianalisis, terlihat bahwa sistem pemantauan berbasis IoT yang digunakan dalam penelitian ini mampu memberikan hasil yang akurat untuk pengukuran suhu, kelembapan, dan kelembapan tanah baik di dalam maupun di luar ruangan, serta intensitas cahaya. Untuk suhu dalam ruangan, sistem menunjukkan kesesuaian yang baik dengan instrumen pengukur konvensional dengan persamaan regresi $y = 0,8979x + 1,7629$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0,8812$, yang menunjukkan bahwa 88,12% variabilitas data suhu dalam ruangan dapat dijelaskan oleh model. Untuk suhu luar ruangan, persamaan regresi $y = 0,7031x + 7,8035$ dan $R^2 = 0,8532$, menunjukkan bahwa 85,32% variabilitas data suhu luar ruangan dapat dijelaskan oleh model, meskipun dengan RMSE yang lebih tinggi sebesar 1,516 dan MAPE 4,97%.

Kelembapan dalam ruangan menunjukkan performa terbaik dengan $y = 0,9449x + 2,295$ dan $R^2 = 0,9907$ yang menjelaskan 99,07% variabilitas data kelembapan, dengan RMSE 2,071 dan MAPE 2,65%. Kelembapan luar ruangan juga menunjukkan hasil yang sangat akurat dengan $y = 1,0035x - 2,6134$ dan $R^2 = 0,9994$, serta RMSE 2,385 dan MAPE 3,76%. Kelembapan tanah juga terukur dengan baik, memiliki $y = 1,0773x - 7,2518$ dan $R^2 = 0,9937$, menjelaskan 99,37% variabilitas data kelembapan tanah. Untuk intensitas cahaya, persamaan $y = 0,9685x + 106,03$ dan $R^2 = 0,9775$ menunjukkan bahwa 97,75% variabilitas data dapat dijelaskan oleh model ini, dengan RMSE 100,46 dan MAPE 3,60%.

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa sistem pemantauan IoT ini mampu memberikan pengukuran yang akurat dan andal, meskipun masih terdapat fluktuasi dalam pengukuran kelembapan tanah dan beberapa perbedaan kecil dalam pengukuran suhu dan kelembapan antara dalam dan luar ruangan. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk meningkatkan akurasi sensor dan menerapkan analisis data lanjutan untuk meningkatkan kinerja sistem.



Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Pengukuran Harian Suhu, Kelembaban Dan Kadar Air Tanah

(Sumber: Primer)

Grafik di atas menunjukkan perbandingan hasil pengukuran harian untuk parameter suhu dalam dan luar ruangan, kelembapan dalam dan luar ruangan, serta kelembapan tanah selama delapan hari. Dari grafik ini, terlihat bahwa suhu dalam ruangan (Temperature Inside) secara konsisten lebih rendah dibandingkan suhu luar ruangan (Temperature Outside), yang berarti kondisi dalam ruangan lebih stabil dan terkontrol. Kelembapan dalam ruangan (Humidity Inside) cenderung lebih tinggi

dibandingkan kelembapan luar ruangan (Humidity Outside), menunjukkan bahwa ruangan memiliki tingkat kelembapan yang lebih tinggi yang mungkin disebabkan oleh kondisi kontrol yang lebih baik atau adanya sumber kelembapan internal.

Kelembapan tanah menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan dari hari ke hari, yang menunjukkan variasi kelembapan tanah yang mungkin dipengaruhi oleh faktor lingkungan eksternal seperti hujan atau penyiraman. Secara keseluruhan, data menunjukkan tren yang konsisten dengan variabilitas yang dapat diterima, menunjukkan bahwa sistem sensor bekerja dengan baik dalam mengukur parameter lingkungan. Perbedaan kecil antara suhu dan kelembapan dalam dan luar ruangan mencerminkan kondisi kontrol yang efektif di dalam ruangan. Namun, fluktuasi dalam kelembapan tanah menunjukkan perlunya pemantauan dan pengelolaan yang lebih hati-hati untuk menjaga tingkat kelembapan yang optimal. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan yang digunakan cukup andal dalam memberikan data yang akurat untuk tujuan pemantauan lingkungan.

Kemudian untuk sistem kendali dengan logiknya bisa lihat pada tabel 4.7 dibawah:

Tabel 4. 7 *Logic* Sistem Kendali Alat

(Sumber: Primer)

Aktuator	Logic		Keterangan
	if (Auto)	if (Manual)	
Evaporative Cooling	Set Temp & Set Humi	1	ON
& Exhaust FAN		0	OFF
Pump	< 60 %	1	ON
	> 80 %	0	OFF
Growt Light	>950 lux	0	OFF
	<900 lux	1	ON

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini mengkonfirmasi bahwa penggunaan sistem kendali pemantauan berbasis IoT yang terintegrasi dengan sensor suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya melalui *platform Blynk* berhasil menyediakan solusi efektif untuk pemantauan kondisi lingkungan secara real-time. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan pengukuran yang akurat dengan persentase kesalahan rata-rata yang rendah, dilihat dari RMSE dan MAPE yang berada dalam batas yang dapat diterima untuk setiap variabel yang diukur.

Keunggulan utama dari alat ini adalah kemampuannya untuk mengendalikan sistem secara jarak jauh menggunakan IoT dan bisa di kendalikan secara *auto* dan *manual*. serta menyediakan data secara terus-menerus dan dapat diintegrasikan dengan aplikasi yang mudah diakses, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pengawasan dan intervensi jika diperlukan. Sistem ini juga memungkinkan deteksi dini perubahan lingkungan yang signifikan, yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

5.2 Saran

Namun, beberapa kelemahan perlu dipertimbangkan, seperti fluktuasi signifikan pada kelembaban tanah yang mungkin disebabkan oleh variabel eksternal yang tidak sepenuhnya terkontrol. Hal ini menunjukkan perlunya perbaikan dalam sistem pengendalian atau manajemen kelembaban tanah untuk memastikan tingkat kelembaban yang optimal. Selain itu, terdapat perbedaan kecil namun konsisten antara pengukuran suhu dan kelembaban dalam ruangan dan luar ruangan, menunjukkan bahwa meskipun sistem ini bekerja dengan baik, masih ada ruang untuk perbaikan dalam hal stabilitas pengukuran di lingkungan yang lebih beragam.

Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan teknologi IoT untuk pemantauan lingkungan. Di masa depan, perbaikan dapat difokuskan pada integrasi lebih banyak variabel lingkungan



dan peningkatan akurasi sensor untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif tentang kondisi lingkungan. Penelitian mendatang juga dapat mengeksplorasi penggunaan algoritma pembelajaran mesin untuk analisis data yang lebih mendalam dan prediktif, yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem pemantauan ini dalam berbagai aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Smart Greenhouse: A New Era in Agriculture" by Samantha Burgess, Deputy Director of the Copernicus Climate Change Service. Published in the Journal of Climate Change, 2023.
- [2] CORLETT, Richard T. The impacts of climate change in the Tropics. *State of the Tropics*, 2014, 2: 155-161.
- [3] B BMKG, "Weather Variability in Indonesia," 2019. Accessed on May 14, 2024, from, <https://iklim.bmkg.go.id/publikasi-klimat/ftp/brosur/LEAFLETINGGRISB.pdf>
- [4] R. Bhatt, et al., "Precision Agriculture and the Future of Farming in the 21st Century," *Journal of Agricultural Sciences*, 2020.
- [5] F. A. Silva, et al., "Challenges and Opportunities for Precision Agriculture in Developing Countries," *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2021.
- [6] W. C. Chou, et al., "Greenhouse Technology and Sustainable Agriculture," *Environmental Science and Technology*, 2023.
- [7] F. M. Padilla, et al., "Climate Control in Greenhouses: Techniques and Technologies," *Journal of Horticultural Science*, 2023.
- [8] J. Xu, B. Gu, and G. Tian, "Review of agricultural IoT technology," *Artif. Intell. Agric.*, vol. 6, pp. 10–22, 2022.
- [9] Mishra, N., & Singh, A. (2017). "Internet of Things applications and challenges in crop management." *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 50-60.
- [10] B. Parida, R. Saini, and S. Jakka, "IoT-based greenhouse management system for smart farming," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 10, no. 10, pp. 4017-4027, 2019.
- [11] N. Ahmed, D. De, and I. Hussain, "IoT based smart greenhouse automation using Arduino," *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 28, p. 100300, 2020.
- [12] N. Bafdal and I. Ardiansah, "Application of IoT in smart greenhouse microclimate management for tomato growth," *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 427-432, 2021.
- [13] K. Kaur and K. Kaur, "The role of IoT in promoting sustainable agriculture practices," *Journal of Agricultural Engineering*, vol. 16, no. 2, pp. 1-8, 2019.
- [14] S. Ray, et al., "IoT-based smart agriculture: A review," *Journal of Intelligent Information Systems*, vol. 56, no. 2, pp. 1-15, 2019.
- [15] Peraturan Menteri Pertanian No. 34-35 Tahun 2013
- [16] Undang-Undang No. 18 Tahun 2012
- [17] Patel et al., "Intelligent Greenhouse Design based on Internet of Things (IoT)," *ResearchGate*, 2020.
- [18] L. Cohen, L. Manion, and K. Morrison, *Research Methods in Education*. Routledge, 2018.
- [19] J. W. Creswell and J. D. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, 2021.
- [20] E. Arulmozhi, J. Basak, F. G. Okyere, F. Khan, A. Bhujel, and H. T. Kim, "Evaluating Different Models Used for Predicting the Indoor Microclimatic Parameters of a Greenhouse," *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 18, no. 2, pp. 2141- 2161, 2019.

LAMPIRAN

1. Surat Keputusan Dekan Teknik

	<p style="text-align: center;">UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA FAKULTAS TEKNIK Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp./Faks. +6222 7509656 Website: www.uninus.ac.id - email: info@uninus.ac.id</p> <p style="text-align: center;">SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA No. : 462/UNINUS/FTEK/PK/2024 Tentang PENUNJUKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR (JURNAL INTERNASIONAL) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA TAHUN AKADEMIK 2023/2024</p>
Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bismillahirrohmanirrohim	
Menimbang	<ol style="list-style-type: none">a. Bahwa Tugas Akhir (Jurnal Internasional) merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di jenjang Pendidikan Tinggi pada Program Sarjana (S1).b. Bahwa Tugas Akhir (Jurnal Internasional) merupakan karya tulis ilmiah yang disusun oleh mahasiswa, dengan bimbingan dan arahan dari dosen pembimbing berdasarkan kaidah dan SOP sistematika penulis jurnal.c. Bahwa dalam upaya penyusunan Tugas Akhir (Jurnal Internasional), diperlukan Dosen Pembimbing yang profesional dan memiliki kompetensi yang relevan dengan topik permasalahan sehingga Tugas Akhir (Jurnal Internasional) tersebut dapat dipertanggung jawabkan secara akademik.
Mengingat	<ol style="list-style-type: none">1. Undang-undang No. 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;2. Undang-undang No. 04 Tahun 2022 tentang Standar Nasional Pendidikan;3. Permendikbud No. 50 Tahun 2014 tentang Sistem Penjaminan Mutu Pendidikan Tinggi;4. Permendikbud No. 03 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi.
Memperhatikan	<ol style="list-style-type: none">1. Standar Prosedur Operasional Fakultas Teknik tentang Pengajuan dan Pembimbing Tugas Akhir (Jurnal Internasional);2. Usulan pengajuan Dosen Pembimbing oleh Dewan Bimbingan Tugas Akhir (Jurnal Internasional) di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara.3. Peraturan Rektor Uninus Nomor : 4 Tahun 2022, tentang Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Islam Nusantara.
	Memutuskan
Menetapkan Pertama	: Mengangkat dan menetapkan nama Dosen Pembimbing di bawah ini : Nama : Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc. NIDN : 0402129002 Untuk membimbing penyusunan Jurnal Internasional mahasiswa di bawah ini : <ol style="list-style-type: none">1. Hamdi Sholahudin (41037002200003)2. Muhammad Jari Nurman Sahputra (41037002200005)3. Sarah Putri Purnama (41037002200007)4. Sandi Fadilah (41037002200013)5. Imam Arief Rahman (41037002200023)
Kedua	Keputusan ini berlaku selama 1 (satu) semester terhitung mulai tanggal ditetapkan dan apabila di kemudian hari terdapat kekeliruan akan diperbaiki sebagaimana mestinya.
	<p>Ditetapkan : di Bandung Pada Tanggal : 07 Juni 2024 Dekan Fakultas Teknik</p>  <p>Dr. Ricky Yoseptry, M.M.Pd. NIDN. 0419097201</p>
Tembusan :	<ol style="list-style-type: none">1. Yth. Rektor Uninus2. Yth. Penguji3. Mahasiswa yang bersangkutan4. Arsip.

2. Surat Formulir Bimbingan Tugas Akhir



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jl. Soekarno Hatta No.530 Bandung 40286, Telp. 022-7509656
 Website: ftek.uninus.ac.id, e-mail: el.uninus@gmail.com

Nama : Hamdi Sholahudin (41037002200003)
 Imam Arief Rahman (41037002200014)
 Muhammad Jari Nurman.S (41037002200005)
 Sandi Fadilah (41037002200013)
 Sarah Putri Purnama (41037002200007)

Program Studi : Teknik Elektro

Pembimbing : Ganis Sanhaji, S.Si, M.Sc.

Judul Skripsi : Sistem Optimalisasi Pengendalian Iklim Micro Berbasis Internet of Thing (IoT) untuk Greenhouse Tropis dalam Menanggapi Perubahan Iklim.

NO.	TANGGAL	CATATAN PERBAIKAN	HAL/BAB	PARAF PEMBIMBING
1	3-05-2020	Perancangan alat harus ada unsur keteb. dharven dari segi fungs. dan sistemnya	Perancangan Sistem	<i>[Signature]</i>
2	30-05-2020	Perubahan state of the art dari jurnal-jurnal internasional	BAB I	<i>[Signature]</i>
3	1-06-2020	Pembagian peran kelompok dalam penyusunan atau perancangan sistem	Peran Tim Kelompok BAB II & BAB III	<i>[Signature]</i> <i>[Signature]</i>
4.	6-06-2020	Referensi dari jurnal Intern	Daftar Pustaka	<i>[Signature]</i>
5.	3-07-2020	Penyusunan metode atau research lebih terstruktur	Jurnal	<i>[Signature]</i>
6.	8-07-2020	Perbaikan grammar	Jurnal	<i>[Signature]</i>

Pembimbing

[Signature]
 Ganis Sanhaji, S.Si, M.Sc.